

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

A stylized illustration of a globe with a green landmass and blue oceans. Surrounding the globe are various blue icons representing different aspects of sustainable development and environmental science: a wind turbine, a water tower, an oil pumpjack, a satellite dish, a building, a wind turbine, a solar panel, and a wind turbine. The background is a light green with faint silhouettes of trees and clouds.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

г. Иркутск, 25–29 сентября 2017 г.

ISBN 978-5-9624-1506-2

Безопасность природопользования в условиях устойчивого развития [Электронный ресурс] : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск, 25–29 сент. 2017 г. / ФГБОУ ВО «ИГУ», Геогр. фак. – 1 электрон. опт. диск. (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.
ISBN 978-5-9624-1506-2

Представлены материалы докладов Международной научно-практической конференции «Безопасность природопользования в условиях устойчивого развития», отражающие результаты работ по основным направлениям: водные ресурсы: изучение, управление, проблемы; экология: системный анализ и моделирование экологических систем; геоинформационные технологии и космический мониторинг природных и техногенных объектов; природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз; природные и социально-экономические комплексы России: устойчивое развитие и безопасность; изучение воздействия изменения климата на окружающую среду; современные технологии землепользования и опыт их применения; актуальные проблемы сохранности и возобновления лесных ресурсов; особо охраняемые природные территории; устойчивое развитие поселений и безопасность жизни в городах.

Рассчитан на специалистов в области гидрометеорологии, экологии и природопользования, географии, работников научных и образовательных учреждений, аспирантов и студентов.

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1 «ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ: ИЗУЧЕНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, ПРОБЛЕМЫ»

Е. А. Ильичева, И. Ю. Амосова. Структурно-гидрографический подход к определению экстремально высокого стока	6
Н. В. Кичигина. Многолетние колебания речного стока и наводнения на юге Восточной Сибири	10
А. В. Кураев, М. А. Науменко, Н. М. Буднев, М. Н. Шимараев, В. В. Гузиватый, С. Г. Каретников, Е. А. Захарова, F. Rémy, С. В. Ловцов, V. Marszelewski, B. Pius, R. Przybylak, А. Я. Сукнёв. Ледовый режим и динамика вод подо льдом крупных озёр Евразии по данным спутникового дистанционного зондирования и полевых наблюдений (проект ERALECC программы ERA. NET RUS PLUS S&T).....	13
Я. А. Мишина. Влияние рекреационной деятельности на водные объекты	14
М. В. Павлов, Е. А. Ильичева. Современный этап рельефообразования Сарминского и Селенгинского побережий озера Байкал	18
Е. Н. Сутырина. Региональный метод долгосрочного прогнозирования сроков полного очищения ото льда водоёмов Байкальского региона и на сопредельных территориях	27
Е. Н. Сутырина. Изменение параметров стока р. Селенги под влиянием климатических и бассейновых факторов	33
А. П. Хаустов. Полициклические ароматические углеводороды как индикаторы эколого-гидрологических процессов	39
В. О. Хорошевская. Эколого-геохимическая характеристика элементного состава речных вод бассейнов Нижнего Дона и Западного Приазовья	46
Б. З. Цыдыпов, С. Г. Андреев, А. А. Аюржанаев, Б. В. Содномов, Б. О. Гуржапов, Э. А. Батоцыренов, И. А. Павлов, В. Г. Ширеторова, И. Д. Ульзетуева, Л. Д. Раднаева, Е. Ж. Гармаев. Влияние сбросов Гусиноозерской ГРЭС на термический и гидрохимический режим оз. Гусиное	51
М. С. Чернышов, В. Н. Синюкович. Особенности уровня режима оз. Байкал в XXI веке	59
Н. В. Шантагарова, В. Д. Хандуева, С. Е. Санжиева, Н. И. Альберг. Экологические аспекты использования подземных вод для питьевого водоснабжения в условиях ИЖС г. Улан-Удэ	63

РАЗДЕЛ 2 «ЭКОЛОГИЯ: СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

N. S. İmamverdiyev. Transition to Renewable Energy and Sustainable Energy Development in Azerbaijan	69
А. А. Гордеева. Проблемы оценки воздействия на окружающую среду	84
О. О. Дахова. Мониторинг атмосферного воздуха городской среды	94
З. С. Ерёмко. Систематизация критериев отбора экологически ориентированных проектов	101
С. В. Заусаева. Мониторинг состояния атмосферного воздуха территории Даниловского нефтегазоконденсатного месторождения	106
Г. И. Никифорова, Ю. В. Зима, Л. Н. Зима. Российско-китайский мониторинг качества вод реки Аргунь	115
Ю. Б. Петрова. Аспекты влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду	125

А. В. Поздняков, Т. Ш. Фузелла, К. А. Семенова. Энергетическая оценка функционирования агроэкосистем с насыщением и задачи исследования	130
М. Е. Пшеничникова, Е. В. Потапова. Состояние водоохранных зон рек	135
А. В. Русин, С. Ж. Вологжина. Оценка выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта, на участке дороги и регулируемом перекрестке г. Иркутска	140
Е. В. Сафонова, С. Ж. Вологжина. Потенциал самоочищения атмосферного воздуха г. Ангарска	145
М. О. Топоркова, С. Ж. Вологжина. Загрязнение атмосферного воздуха г. Улан-Удэ стационарными и передвижными источниками	147

РАЗДЕЛ 3 «ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ»

С. И. Лесных. Методика картографирования потенциальной опасности заражения клещевым энцефалитом с использованием геоинформационных технологий (на примере Иркутской области)	154
К. А. Лощенко, А. М. Ошоров. Особенности гроз на космических снимках облачного покрова в горных районах Восточных Саян	161

РАЗДЕЛ 4 «ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ: ИЗУЧЕНИЕ, МОНИТОРИНГ, ПРОГНОЗ»

Ж. В. Атутова, С. А. Макаров. Природные катастрофы как фактор полихронности ландшафтной структуры Тункинской котловины	169
М. А. Жарникова, Ж. Б. Алымбаева. Сукцессионные стадии пирогенных ландшафтов Байкальского региона	176

РАЗДЕЛ 5 «ПРИРОДНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РОССИИ: УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ»

В. Н. Курдюков. Современное состояние охотничьего промысла и его экономическое значение для эвенков Иркутской области	182
--	-----

РАЗДЕЛ 6 «ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ»

P. A. Naidenov. Meteorological self-purification processes in the atmosphere over Lake Baikal	188
А. В. Гаврилов, Е. И. Пижанкова. Термогенные геокриологические процессы Северной Якутии и их связь с современным потеплением климата	192
Л. В. Голубева, И. В. Латышева. Исследование влияния метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров в Иркутской области	198
С. Н. Котельников. Изменение климата, приземные концентрации озона и здоровье населения	204
Е. А. Кочугова, И. Р. Николаева. Атмосферная циркуляция и ее вклад в формирование режима выпадения экстремальных осадков над Иркутской областью	208
И. В. Латышева, В. С. Мамаенко. Циркуляционные факторы уменьшения общего содержания озона в Иркутской области	215
В. Л. Макухин, В. Н. Синюкович, И. В. Латышева. Циркуляционные факторы изменения притока воды в оз. Байкал в 1976–2016 гг.	219
А. А. Медведков. Климатогенная динамика лесных ландшафтов бореальной криолитозоны на западе. Среднесибирского плоскогорья	226

Теа Мишель, И. В. Латышева. Современные тенденции изменения климата Республики Кот-д'Ивуар и их влияние на сельское хозяйство	231
М. Ю. Шиховцев, А. Ю. Шиховцев. Региональные последствия в Байкальском регионе как отклик на глобальное изменение климата	239
А. С. Щеблыкин, С. В. Латышев. Динамика средней скорости ветра вблизи тропопаузы в районе аэродрома Иркутск	244

РАЗДЕЛ 7 «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ОПЫТ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ»

Г. Я. Барышников, О. Н. Барышникова. Опыт районирования территории Алтайского края для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции ...	251
А. П. Ольферт. Применение агрохимических средств в сельском хозяйстве	259

РАЗДЕЛ 8 «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАННОСТИ И ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ»

С. Н. Соколов. Актуальные проблемы и перспективы развития лесного комплекса Югры	263
---	-----

РАЗДЕЛ 9 «ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ»

М. И. Кайзер. Активность радиоцезия в почвах Прителецкой тайги	274
П. А. Утюжникова, С. Ж. Вологжина. Оценка антропогенной нагрузки на территорию Прибайкальского национального парка	277

РАЗДЕЛ 10 «УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПОСЕЛЕНИЙ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИ В ГОРОДАХ»

Э. С. Бадалов. Демографические процессы в исторических городах Азербайджанской Республики	282
Е. Б. Кручина, Е. В. Потапова. Устойчивое развитие озеленённых территорий	286
Е. Б. Кручина. Индексы и индикаторы как инструмент оценки устойчивого развития урбанизированных территорий	290
С. В. Курганская, О. Е. Соколова. Исследование шума в г. Иркутске	294
О. С. Масыгина. Анализ состояния санитарно-защитных зон предприятий	297
Е. В. Потапова. Проблемы озеленения поселений	303
О. Е. Соколова, Е. В. Потапова. Экосистемные услуги и функции насаждений	307
О. Е. Соколова. Озеленённые территории городов	310

УДК 556. 52

Структурно-гидрографический подход к определению экстремально высокого стока

Е. А. Ильичева (lenail3663@mail.ru)

И. Ю. Амосова (irinaamosova_83@mail.ru)

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. Рассмотрена речная сеть как статическая и динамическая модель. Уделено внимание природным условиям, морфометрическим характеристикам бассейна и речной сети, влияющих на формирование максимального стока. По цифровой модели рельефа построена динамическая модель русловой сети, в качестве основы для определения максимально возможного стока.

Ключевые слова: структурная гидрография, энтропийные характеристики, экстремальный сток.

В условиях недостаточно плотной современной сети гидрологических наблюдений для оценки водных ресурсов, в качестве индикатора экстремально высокой водоносности привлекается структурно-гидрографический анализ речных систем. Такой анализ выполнен для бассейна р. Баргузин.

Экстремальные явления природы – это явления, проявляющиеся как мощные разрушительные силы и, как правило, не подвластные влиянию человека. Все стихийные явления, возникающие в природе, подчиняются определенным закономерностям:

1) для каждого вида может быть установлена специфическая пространственная приуроченность. Для рассматриваемой территории абсолютные значения максимального стока различного происхождения отличаются несущественно, т. е. роль половодья и паводков в формировании экстремально высокой водоносности приблизительно равны [3];

2) чем больше интенсивность явления, тем реже оно повторяется с той же силой. Строение речной сети можно рассматривать как индикатор максимально возможного стока для речной системы;

3) с определенной надежностью стихийное явление может быть предсказано. Не исключена возможность прохождения исторического максимально возможного стока для какой-либо территории в современное время.

В последнее время наблюдается увеличение числа и мощности наводнений, как в традиционных регионах, так и в тех местах, где ранее они не проходили, или протекали без последствий [1]. Объяснение этому может отражаться во влиянии антропогенного фактора – в возрастании потребностей в природных ресурсах вследствие роста населения, прогрессивного и скачкообразного развития науки и техники, в результате чего вовлекаются не освоенные и слабо освоенные территории. Нередко воздействие человека на природную среду осуществляется с нарушениями закона природы, что способствует активизации и усилению стихийных явлений.

Катастрофические наводнения вызывают затопления громадных территорий в пределах одной или нескольких речных систем. Такие наводнения случаются не чаще одного раза в 100–200 лет или еще реже. Такая повторяемость наводнений имела место при слабовыраженном антропогенном влиянии. При активной хозяйственной деятельности вероятность повторений во времени уменьшается.

Речная сеть исследуемой территории рассматривается как статическая и динамическая модель. Статической моделью является совокупность постоянных водотоков, изображенная на топографических картах, и соответствует устойчивому среднемуголетнему стоку. Использование современных снимков дистанционного зондирования земли, позволяет создать динамическую модель, при которой начинает работать временная сеть, вследствие чего увеличивается количество элементарных водотоков. На основе снимков SRTM построена цифровая модель рельефа (ЦМР) бассейна р. Баргузин (рис. 1). Сравнительный анализ с топографическими картами показал, что полученная с помощью автоматизированной обработки гидросеть представляет совокупность всей водно-эрозионной системы и соответствует максимальной водности.

Река Баргузин берет начало в пределах северо-западных отрогов Южно-Муйского хребта [5]. В верхнем течении протекает по горной, сильно пересеченной местности, в среднем течении выходит в Баргузинскую впадину, в нижнем течении протекает по узкой долине, пересекает южные отроги Баргузинского хребта и выходит на небольшую прибрежную заболоченную низменность, расположенную вокруг Баргузинского залива. С северо-запада Баргузинскую котловину окаймляет Баргузинский хребет, с юга хребет Ямбунский, с востока – Икатский хребет.

Склоны этого хребта в предгорьях крутые, значительно расчленены долинами рек.

Рассматриваемая территория расположена в пределах Баргузинского гидрологического района. Район характеризуется благоприятными условиями стокоформирования. Левые притоки, дренирующие наветренные склоны, характеризуются благоприятными условиями для формирования максимального дождевого стока. В правобережных притоках напротив, наблюдается потеря стока в каньонах. [2]. Коэффициент эрозионного расчленения в бассейне составляет $0,65 \text{ км/км}^2$, что обусловлено повышенным увлажнением территории, небольшой величиной испарения и значительными уклонами водосборов. Средний уклон водосбора равен $17,6^0$, водной поверхности $5,3^0$. Объем талых и дождевых вод примерно одинаков (по 30–40 %). Периоды летне-осенней и зимней межени характеризуются сравнительно повышенной водностью (по 10–20 % годового стока), связанные со значительным накоплением запасов подземных вод, менее глубоким промерзанием почво-грунтов, наличием трещиноватых пород, наличием выходов термальных и минеральных источников. За счет озерно-болотной аккумуляции в бассейне происходит снижение максимального стока на 20 %. В котловине, занятой множеством протоков и староречий, пойменными озерами и обширными заболоченными участками, максимальный сток трансформируется больше, по сравнению с прилегающей территорией.

Речная система бассейна р. Баргузин рассматривается без учета озер и болот. Граф построен по совокупности тальвегов на поверхности бассейна. Такая модель русловой сети сформируется при прохождении паводка за счет функционирования всех ложбин стока, обусловленных формой поверхности рельефа каждого конкретного бассейна. Переформирование гидросети по такой модели возможно при активной антропогенной нагрузке в среднем и нижнем течении.

Для бассейна р. Баргузин рассчитаны морфометрические характеристики для бассейна в целом (табл. 1) и структурно-гидрографические параметры по порядкам русловой сети (табл. 2).

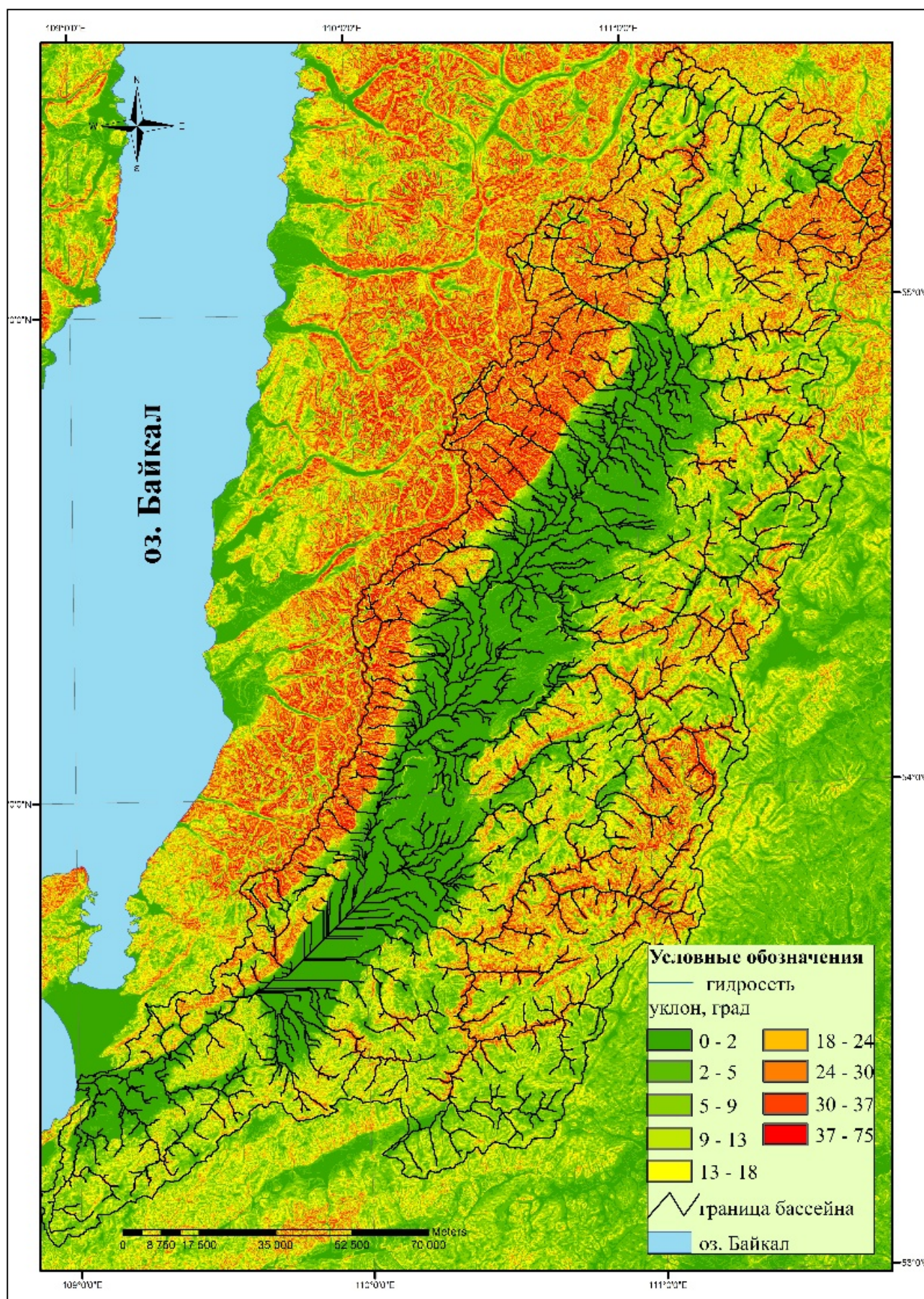


Рис. 1. Динамическая модель речной системы Баргузина

Таблица 1

Гидроморфометрические характеристики бассейна р. Баргузин

Площадь водосбора, км ²		21 174
Средняя высота водосбора, м		870
Мах высота водосбора, м		2797
Уклон водосбора, ⁰		17,6
Уклон водной поверхности, ⁰		5,3
Суммарная длина, км		13791
Коэффициент эрозионного расчленения, км/км ²		0,65
Qср, м ³ /с		125
Qмах набл, м ³ /с		1110
Порядковый состав по:	Хортону-Стралеру	VII
	Шриву (магнитуда)	4888
	Шайдеггеру	13.255

Речная система Баргузина имеет VII порядок по схеме Хортон-Стралера и относится к классу больших [4]. Достаточно высокая магнитуда (4888 водотоков первого порядка) говорит о благоприятных условиях стокоформирования в бассейне. Максимальная высота водосбора составляет 2797 м и приурочена Баргузинскому хребту, где находятся истоки правобережных притоков. Здесь склоны хребта скалистые, изрезаны множеством ущелий и падей, реки и поверхность водосбора имеют довольно высокий уклон. На отдельных участках наблюдаются каменистые осыпи, в устьях небольших притоков встречаются конусы выноса, представляющие собой нагромождения валунов и гальки [5], как раз здесь и отмечаются потери стока.

Таблица 2

Структурно-гидрографические параметры речной системы Баргузина

Порядок РС	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м	Мах высота водосбора, м	Уклон водосбора, ‰	Уклон водной поверхности, ‰	Суммарная длина, км	Коэффициент эрозионного расчленения, км/км ²
1	13 275	1194	2797	23,87	11,57	7368	0,56
2	3777	1135	2568	23,97	8,67	3709	0,98
3	1949	1044	2488	23,68	6,17	1794	0,92
4	1077	908	2329	22,05	4,33	984	0,91
5	619	789	1762	21,84	3,65	553	0,89
6	227	537	1212	4,55	1,17	271	1,19
7	235	484	890	3,14	1,34	87,8	0,37

Наибольшую площадь, суммарную длину, уклоны и высоты имеют водно-эрозионные элементы первого порядка, средняя их протяженность составляет около 1,5 км. Такие же показатели имеют и водотоки второго порядка. Такие условия будут благоприятными для формирования и быстрой сработки по гидросети максимального стока.

Каждая речная система обладает свойственным только ей рисунком и строением сети. Сеть потоков, построенная по ЦМР, соответствует водно-эрозионной сети, здесь преобладают водотоки низких порядков (1–2-го), выявляя индивидуальные условия формирования максимально возможного стока и присутствие аazonальных факторов.

Для речной системы Баргузина рассчитан максимально возможный (экстремальный) сток (табл. 3) с пространственной интерполяцией максимально наблюдаемого расхода воды стандартной сети наблюдений.

Таблица 3

Расчет максимально возможного стока в бассейне р. Баргузин

Река – пункт	$Q_{\text{ср}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{\text{макс набл}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$M_{\text{энт}}, \text{ карта (1:200 000)}$	$M_{\text{энт}}, \text{ SRTM}$	$M_{\text{стр макс}}$	$Q_{\text{макс расч}}, \text{ м}^3/\text{с}$
Баргузин – с. Баргузин	125	1110	1105,079	2929,230	1,00	2354
Баргузин-устье			1203,276	3206,629		2577

Примечание: $Q_{\text{ср}}$ и $Q_{\text{макс набл}}$ – средний многолетний и максимально наблюдаемый расход воды [5], $\text{м}^3/\text{с}$; $M_{\text{энт}}$ – суммарная энтропия, бит; $M_{\text{стр}}$ – структурный модуль, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{бит})$.

Алгоритм определения максимального стока:

- 1) по условиям формирования стока определить принадлежность речной системы к одной из групп речных бассейнов (по локальной зависимости средней водоносности от структурной меры);
- 2) используя граф речной системы, построенный для всей водно-эрозионной сети (по данным снимков SRTM), рассчитать структурные меры;
- 3) рассчитать максимально возможный сток речной системы как произведение структурного модуля и значения структурной меры;
- 4) методом пространственной интерполяции определить сток.

Таким образом, рассчитанный максимально возможный сток р. Баргузин у с. Баргузин составляет $2354 \text{ м}^3/\text{с}$, слой стока при этом будет равен 3,5 м. Максимальная приточность в оз. Байкал составит $2577 \text{ м}^3/\text{с}$. Такой сток, являясь катастрофическим, повлечет за собой стихийные бедствия, что в конечном итоге приведет к полной перестройке гидросети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Н. А. Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты. М.: Мысль, 1988. 254 с.
2. Афанасьев А. Н. Водные ресурсы и водный баланс бассейна озера Байкал. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. 238 с.
3. Кичигина Н. В. Наводнения и максимальный сток юга Восточной Сибири: географический и статистический анализ: автореф. ... канд. геогр. Иркутск, 2001. 27 с.
4. Корытный Л. М. Гидрографические характеристики строения речных систем Верхнего Енисея // Климат и воды Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. С. 160–175.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16. Вып. 3. Л.: Гидрометеоздат, 1973. 400 с.

УДК 556. 53

Многолетние колебания речного стока и наводнения на юге Восточной Сибири

Н. В. Кичигина (nkichigna@mail.ru)

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. В докладе будет представлена характеристика опасности наводнений на юге Восточной Сибири, их генезиса, повторяемости, продолжительности, площадей затопления и силы воздействия. Повторяемость наводнений за последние годы уменьшилась. Изменения характеристик речного стока территории не направлены на увеличение его экстремальных характеристик.

Ключевые слова: наводнения, юг восточной Сибири, опасность, повторяемость, изменения речного стока.

Наводнения всегда являлись естественным сдерживающим фактором хозяйственного освоения пойменных территорий. В последние десятилетия усилилось наступление человека на поймы сибирских рек, что привело к увеличению ущербов от наводнений. Регионы Сиби-

ри, более других в России подвержены опасности наводнений. Рассматривается относительно заселенная территория юга Восточной Сибири в бассейнах рек Ангары, Верхней Лены и оз. Байкал, которая подвергается наибольшей опасности наводнений. В настоящее время только по Иркутской области в бассейнах рек Ангары и Верхней Лены опасности затопления и подтопления подвергаются 222 населенных пункта, в том числе 8 городов областного подчинения. Периодически затапливаются сельскохозяйственные угодья площадью более 350 км² [1]; на паводкоопасной территории Республики Бурятия в бассейне оз. Байкал размещены 160 населенных пунктов, из них 40 полностью затапливаются (по данным отдела информации правительства Республики Бурятия).

Величина ущерба и его генетическая и отраслевая структура меняются в ходе хозяйственного развития. В работе использованы данные, характеризующие опасность наводнений, за современный период (с 1985 по 2016 г.). Информационной базой для характеристики произошедших в Сибири наводнений, послужили данные глобального кадастра наводнений, Дартмутской обсерватории наводнений, [3]. В кадастре представлена информация о сроках прохождения, основной причине, продолжительности наводнений, количестве человеческих жертв и эвакуированных, данные о площадях затопления и частично – о материальных ущербах. Кроме этого использовались материалы СКИОВО и другие справочные источники.

За последние 32 года [3] наиболее часто на юге Восточной Сибири наводнения возникали в результате дождевых паводков, на втором месте наводнения смешанного генезиса (от снеготаяния с наложением заторов или дождей) и на третьем – половодные наводнения. Наибольшее количество наводнений происходило в бассейнах оз. Байкал, Ангары и Лены. Средняя продолжительность наводнений составляет 5–10 дней. Продолжительность паводочных наводнений, в основном, менее 10 дней, за исключением двух наводнений в Республике Бурятия в июле 1991 г. и в июле 1993 г., которые продолжались 19 и 13 дней соответственно. Паводочные наводнения характеризуются наибольшими площадями затопления, наибольшим количеством человеческих жертв и эвакуированных людей.

Годовой сток на рассматриваемой территории изменяется разнонаправленно и в большинстве случаев эти изменения статистически не значимы. Положительные тенденции отмечены на большинстве постов в холодный период. Оценка долговременных колебаний стока показала, что центральной и южной частях бассейна оз. Байкал в настоящее время маловодный период, а в северной части – многоводный. В бассейне р. Ангары маловодный период сменил многоводный. В бассейне Верхней Лены закончился многоводный период. Максимальный сток весеннего половодья в бассейне р. Ангары имеет значимую тенденцию к уменьшению. Изменения максимального паводочного стока там, в основном, не значимы. На некоторых реках в бассейне Верхней Лены отмечена значимая тенденция увеличения, как максимального стока половодья, так и дождевых паводков.

Повторяемость наводнений, как количество случаев превышения критических уровней, соответствующих началу наводнения, рассчитанная за период с 1981 по 2014 гг., в основном, стала меньше, по сравнению с более ранним периодом (рис. 1).

По совокупности всех описанных выше характеристик наиболее разрушительные наводнения произошли в 2001 г. 12 мая–8 июня 2001 г. в результате затора и разлива Лены был полностью (на 98 %) затоплен город Ленск. Уровень воды поднялся выше рекордного уровня в 17 метров 43 см. Население города (около 25 тысяч человек) пришлось эвакуировать. 19 мая в г. Киренск Иркутской области были затоплены 80 процентов домов. [2]. Магнитуда этого наводнения была максимальной и составила 8,2, класс опасности 2.

7–13 июля 2001 г. в бассейне Ангары было затоплено и подтоплено более 150 населенных пунктов с общей численностью 460 тыс. человек, в том числе семь городов, погибли 11 человек. Ущерб от наводнения был оценен в 1,75 млрд. рублей. Причиной были дожди, обрушившиеся на Прибайкалье и превысившие ежемесячную норму за несколько дней. Ситуация была наиболее критической в Зиминском районе Иркутской области, где несколько тысяч домов были затоплены [2]. Магнитуда этого наводнения 6,5, класс опасности 2.

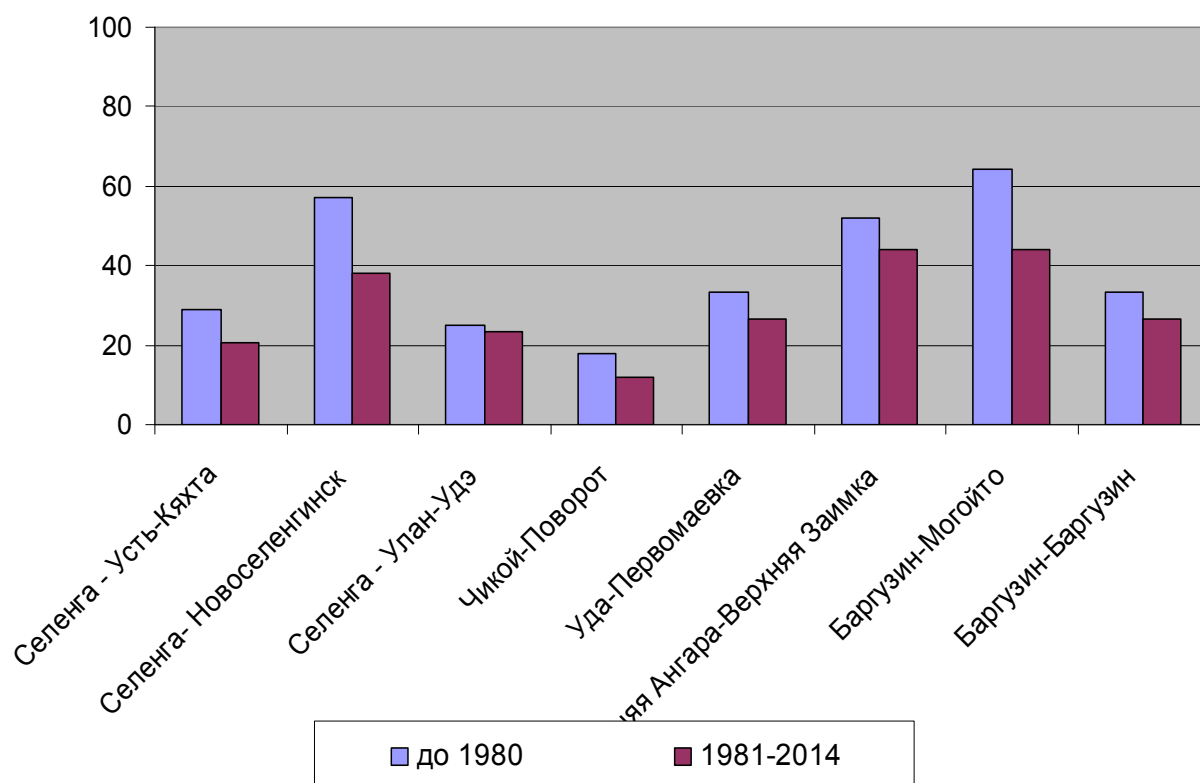


Рис. 1. Повторяемость наводнений на гидропостях бассейна оз. Байкал за периоды до и после начала выраженных климатических изменений

Таким образом, среди всех наводнений на юге Восточной Сибири, паводочные имеют наибольшую повторяемость, продолжительность, площади затопления и силу воздействия. Они характеризуются наибольшими экономическими ущербами, количеством эвакуированных людей и принесенных человеческих жертв.

Годовые величины стока существенно не меняются, а наблюдающиеся климатические колебания приводят к некоторому внутригодовому перераспределению стока, не направленному на увеличение его экстремальных характеристик. Повторяемость наводнений, в последние годы, в целом, уменьшилась по сравнению с более ранним периодом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мисюркеев Ю. А., Марасанов М. Г., Кичигина Н. В. Риск затопления и подтопления Иркутской области и анализ ущербов от них. // Водные ресурсы байкальского региона: проблемы формирования и использования на рубеже тысячелетий : материалы науч. конф. Иркутск, 1998. 5 с.
2. РИА Новости [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eco.ria.ru/>
3. Dartmouth Flood Observatory, 1985–2017 [Electronic resource]: Global Register of Large Flood Events. Dartmouth College, Department of Geography (Hanover, USA). URL: <http://www.dartmouth.edu/~floods/>.

УДК 551.510.42

Ледовый режим и динамика вод подо льдом крупных озёр Евразии по данным спутникового дистанционного зондирования и полевых наблюдений (проект ERALECC программы ERA. NET RUS PLUS S&T)

А. В. Кураев (kouraev@legos.obs-mip.fr)¹⁻³, М. А. Науменко⁴, Н. М. Буднев⁵,
М. Н. Шимараев⁶, В. В. Гузиватый⁴, С. Г. Каретников⁴, Е. А. Захарова²,
F. Rémy¹, С. В. Ловцов⁵, V. Marszelewski⁷, B. Pius⁷, R. Przybylak⁷, А. Я. Сукнёв⁸

¹LEGOS, Université de Toulouse, CNES, CNRS, IRD, UPS Toulouse, France,

²Государственный Океанографический Институт, Санкт-Петербург, РФ,

³Томский Государственный Университет, Томск, РФ.

⁴Институт Озероведения РАН, Санкт Петербург, РФ,

⁵Иркутский Государственный Университет, Иркутск, РФ,

⁶Лимнологический Институт СО РАН, Иркутск, РФ,

⁷Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland,

⁸Большая Байкальская Тропа Бурятия (ББЕ Бурятия), Улан-Удэ, РФ

Программа ERA. Net RUS-Plus (2013–2018) направлена на усиление координации научно-исследовательских программ между государствами-членами ЕС (а также ассоциированными с ЕС странами) и Российской Федерацией. Проект ERALECC изучает как экстремальные климатические явления влияют на функционирование и окружающую среду озёр в России (Байкал и Ладога) и Европе (озёра в Польше). Эти озёра имеют различную площадь, глубину и объём, и расположены в разных климатических зонах. Это делает их хорошими объектами для изучения и оценки их реакции на внешние условия на различных пространственных и временных масштабах.

Ввиду их отклика на региональные и глобальные изменения в климатической системе, озёра являются не только интегратором климатических процессов, но и хорошим индикатором существующих или потенциальных изменений, особенно тех, которые связаны с экстремальными климатическими условиями. Такие экстремальные явления проявляют себя в различных состояниях окружающей среды со специфическими (необычными или редкими) интенсивностью, частотой и продолжительностью. Среди них можно назвать проливные дожди или обильный снегопад, или же необычно сухие условия, периоды экстремально жаркой или холодной погоды, штормы, экстремальные (высокие или низкие) значения температуры воздуха, испарения, осадков, ледовые условия, речной сток, уровень воды и т. д. Важно понять, как экстремальные климатические или погодные условия влияют на состояние и изменчивость природных условий этих озёр (таких как горизонтальная и вертикальная структура воды, поле течений, фронтальные зоны, апвеллинги, круговороты, ледовый и снеговой режим, уровень воды), каковы механизмы дальних и обратных связей, эффекты памяти и механизмы, ответственные за изменения, и каково их воздействие на окружающую среду озёр и на деятельность и условия жизни людей.

Общая цель проекта ERALECC заключается в оценке воздействия экстремальных климатических явлений на гидрологические, криосферные и экологические условия озёр с помощью междисциплинарного подхода, основанного на натурных наблюдениях (исторические наблюдения, специальные полевые работы) и данных спутникового дистанционного зондирования. Исследование будет основываться на уже существующих знаниях и понимании природных процессов, но значительный шаг вперёд будет сделан благодаря объединению специализированных полевых наблюдений с современными методами исследования Земли из космоса, находящихся в распоряжении партнёров проекта ERALECC.

Проведён анализ зависимости ледовых условий двух крупнейших озёр Азии и Европы – Байкала и Ладоги от региональных значений арифметической суммы среднесуточных зимних температур воздуха и от глобальных атмосферных процессов, выраженных индекса-

ми атмосферной циркуляции. Ранжирование зим по суммам среднесуточных зимних температур воздуха позволило выделить однотипные по суровости зимы для регионов Ладоги и Байкала. Для однотипных зим резко улучшаются корреляционные зависимости ледовых характеристик от сумм зимних температур воздуха и индексов атмосферной циркуляции, а также ледовых характеристик двух озер между собой. Межгодовые изменения характеристик ледового режима Ладоги и Байкала во многом определяются одними и теми же атмосферными процессами.

В докладе будут также представлены результаты исследований ледового и снежного покрова континентальных водных объектов с использованием комбинации более чем 20-летних рядов одновременных спутниковых наблюдений в активном (радарный альтиметр) и пассивном (радиометр) микроволновом спектре с использованием данных альтиметрических спутников (TOPEX/Poseidon, Jason-1, ENVISAT, Geosat Follow-On и SARAL/AltiKa) с привлечением пассивных микроволновых данных датчика SSM/I. В качестве примера рассмотрены Каспийское и Аральское моря, озёра Байкал, Ладога и Онега. Представлен метод детекции льда с использованием спутниковых данных, а также его валидация по натурным данным и независимым спутниковым данным в видимом диапазоне спектра. Проведён анализ долговременной изменчивости ледового режима внутренних морей, озер и речной системы Оби по данным наземных измерений и современных спутниковых наблюдений. Представлены результаты полевых исследований на озёрах Ладога, Онега, Байкал и Хубсугул, включая гигантские ледовые кольца на Байкале и Хубсугуле.

Исследование поддержано проектами ERA. NET RUS Plus S&T #226 "ERALECC", CNES TOSCA "LakeIce", и РФФИ-РГО 17-05-41043-РГО-а "Особенности водообмена в глубоких озёрах на примере озёр Иссык-Куль и Байкал".

УДК 911. 2:574

Влияние рекреационной деятельности на водные объекты

Я. А. Мишина (yana.mishina.93@mail.ru)

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Аннотация. Рассмотрены некоторые научные статьи по влиянию туризма на водные объекты и прибрежные территории. Сделаны выводы по состоянию водных объектов Алтайского края. Предложены возможные варианты решения возникших проблем.

Ключевые слова: водные объекты, рекреация, туризм, экологические проблемы, загрязнение водоемов, экологический туризм.

Введение

Рекреационная деятельность на берегах водных объектов является одним из наиболее распространенных видов отдыха. На ряде водных объектов рекреация часто оказывает негативное влияние на состояние аквально-территориальных комплексов.

Широкое использование водоемов и водотоков в рекреационной деятельности ставит перед исследователями задачу разработки теоретических и методических основ рекреационного водопользования, которое занимает особое место в системе рекреационного природопользования.

Проблема влияния рекреационной деятельности на водные объекты исследуется во многих научных трудах как российских, так и зарубежных авторов.

Под рекреационным водопользованием понимается деятельность населения, связанная с осуществлением различных видов рекреационных занятий (отдыха, спорта, туризма) на акватории и побережье водоемов, которая оказывает прямое или косвенное воздействие на качество воды и экосистемы водных объектов [1].

Анализ существующих научных статей по данной тематике

В научной статье «Рекреационное водопользование как фактор формирования качества вод» Ланцовой И. В. рассматривается, как различные виды туризма влияют на качество береговых и аквальных комплексов [4]. Автор, на основе собственных натурных исследований на ряде водных объектов различных природно-климатических зон, подводит экспертную оценку, что наиболее сильное воздействие на береговые и аквальные комплексы оказывают такие виды отдыха как стационарный самодеятельный туризм, отдых с использованием автотранспорта, маломерных моторных судов и купание. Одним из объектов исследования было Иваньковское водохранилище, основными видами воздействия на которое является любительское рыболовство, развитие отдыха с использованием маломерных моторных судов, массовое купание. Проведенные исследования позволили установить, что активное рекреационное использование негативно влияет на изменение качества воды в водохранилище. Также автором были предложены некоторые способы регулирования рекреационной нагрузки на водные объекты, в числе которых введение платежей за отдых на природе. При опросе отдыхающих от 70 до 90 % самодеятельных отдыхающих высказались за взимание умеренной платы за отдых на природе, при условии проведения необходимых мероприятий по обустройству рекреационных территорий.

В своей научно-исследовательской работе «Закономерности процесса антропогенной деградации водных объектов» С. В. Горюнова в главе 3 «Исследование процесса антропогенной деградации прибрежной акватории курортной зоны г. Анапы» рассматривает ухудшение состояния водных объектов на основных курортных зонах Анапы [2]. В процессе исследования был сделан вывод, что избыточная антропогенная нагрузка на некоторых участках курортной зоны Анапы, а также отсутствие надлежащего обустройства пляжных территорий обусловили периодическое снижение качества прибрежных вод до уровня, не позволяющего использовать данные участки в рекреационных целях. Отдельные бессистемные попытки улучшить ситуацию (например, временное закрытие пляжей) результатов не давали. В результате интенсивного загрязнения, дампинга грунтов при отсыпке пляжей и периодических заморов водных организмов, также обусловленных избыточной антропогенной нагрузкой (эвтрофированием и вторичным загрязнением), большинство биоценозов в прибрежной зоне было полностью или частично уничтожено, процессы самоочищения – нарушены.

На территории Алтайского края были исследованы несколько водных объектов, которые подвергаются наиболее высокой антропогенной нагрузке.

В автореферате на соискание учёной степени кандидата географических наук «Эколого-географическое зонирование рекреационных территорий (на примере участка долины реки Катунь)» Н. Г. Прудниковой исследуется рекреационная нагрузка на озеро Ая [6]. На территории этого озера с 1924 г. ведется стихийное развитие рекреационной территории. Для определения последствий изменения озерных геосистем автором в 1999–2003 гг. отбирались пробы воды из озера Ая. Их анализ показал, что в пиковые летние дни показатель общего микробного числа (ОМЧ) превышал предельно допустимые концентрации в 1,5–3 раза. Показатель коли-индекса, характеризующий степень фекального загрязнения, меняется в очень широких пределах от 300 до 46 000 (максимальное превышение ПДК в 46 раз).

Проведя количественную оценку допустимой нагрузки на водоем рекреационного назначения, автор предлагает учитывать не только пропускную способность пляжа, нормативы допустимой нагрузки на акваторию, но и санитарно-бактериологические требования, в частности, показатели содержания биогенных веществ (органические соединения азота и фосфора). По авторской оценке, оптимальная нагрузка на оз. Ая составляет 600 чел. в сутки, в настоящее время она превышена в 10 раз. Автором также разработана методика определения допустимых рекреационных нагрузок на геосистемы территории озера Ая на основе натурных исследований, анализа ландшафтной структуры изучаемой территории, покомпонентного анализа устойчивости элементов геосистемы, которая составила от 3 до 23 чел./га/8 час. Предложено нормирование рекреационных нагрузок в соответствии с рекреационной емкостью территории, которая с учетом благоустройства может составить 13 100 чел.

Также рекреационное воздействие на озеро Ая было рассмотрено в работе М. А. Ключкина и И. Н. Ротановой «Проблемы рекреационных нагрузок береговых территорий озер Ая, Колыванское и Новосибирского водохранилища» [3]. В данной работе представлены результаты эколого-рекреационного исследования береговых территорий. На основе ландшафтного подхода с применением методик стадий рекреационной дигрессии авторами оценено рекреационное воздействие рекреантов на береговые территории. Установлено, что береговые рекреационные территории естественных и искусственных водоемов испытывают чрезмерное рекреационное воздействие и нуждаются в ограничении количества посещений, а также системе природоохранных мероприятий. Знание и разумное использование закономерностей расположения дорожно-тропиночной сети и рекреационных элементов, посадки куртин, формирование стояночных полей и другие условия могут значительно снизить рекреационное воздействие на береговые территории и способствовать созданию устойчивых биогеоценозов при достаточно больших рекреационных нагрузках.

В статье А. Е. Литвинова и З. А. Бекух сказано, что в Краснодарском крае наблюдается избыток рекреационной нагрузки на Черноморском побережье и слабое развитие туризма на северных склонах Северо-Западного Кавказа [5]. Для более равномерного распределения потока отдыхающих авторами предлагается расширить область рекреации на реках северного склона с большим количеством привлекательных для туризма природных комплексов. Это значительно сократит «усталость территории» Черноморского побережья.

Авторы также отмечают, что в регионе не развит экологический туризм, который может стать основным связующим звеном между природопользованием, природоохранной и непосредственно рекреацией. Предлагается проводить оценку природного потенциала рекреационных ресурсов. Она является важной частью рационализации природопользования. На сегодняшний день необходима полноценная систематизация, унификация методик оценки гидрологических объектов края по особенностям рекреационной привлекательности. Рациональное природопользование основывается на данных оценки территорий, отдельных компонентов природно-территориального комплекса и др. Наличие, объемы, качество рекреационных ресурсов определяет возможности природопользования.

Подведение итогов и предложения по решению возникшей проблемы

Изучив предложенные выше научные труды, можно сделать выводы, что стихийная нерегулируемая рекреационная деятельность действительно оказывает серьезное негативное влияние на состояние аквально-территориальных комплексов. Действительно, загрязнение воды сегодня расценивается как один из самых серьезных видов загрязнения в туристических зонах, в большинстве из которых просто не существует инженерной инфраструктуры для обеспечения такого количества отдыхающих. Данный вид загрязнения довольно часто приводит к сокращению чистых водных источников, пригодных для рекреационной деятельности, что, в свою очередь, не может не отразиться на развитии туристской деятельности. Туристы выбирают для своего отдыха чистые водные объекты, отдых на которых не повлечет за собой негативные последствия, связанные со здоровьем.

В последнем приведенном источнике «Оптимизация рекреационного использования водных объектов горно-предгорной части Краснодарского края» одним из решений проблемы загрязнения водных объектов от избыточной рекреации является развитие экологического туризма. Данное решение может быть актуальным и для территории Алтайского края и Республики Алтай. Данный вид туризма предусматривает бережное отношение к окружающей среде, постоянный мониторинг состояния окружающей среды и ответственность за деятельность, повлекшую за собой негативные последствия для окружающей среды.

Примером эко-туризма на территории Алтайского края и Республики Алтай можно считать разработку экскурсионных маршрутов по территории Тигирекского заповедника, которые проводятся специалистами сферы охраны природы. Однако таких примеров достаточно мало. Люди еще не достаточно знакомы с понятием «экологический туризм», поэтому выбирают уже знакомые виды туризма.

Невозможно полностью запретить туристско-рекреационную деятельность на территории водных объектов Алтайского края и Республики Алтай, но необходимо сделать все возможное, чтобы сохранить данные объекты в чистом состоянии для будущих поколений. И эко-туризм в данном случае будет являться одним из инструментов. Также можно предложить некоторые варианты по решению проблемы загрязнения водных объектов рекреационной деятельностью:

- постоянный мониторинг за состоянием водного объекта, качеством воды, состоянием береговой территории, особенно в местах с большим количеством отдыхающих;
- ограничение количества отдыхающих на водных объектах, путем внедрения платёжной системы на данные объекты. Денежные средства необходимо направлять на очистку территории от мусора и развитие туристской инфраструктуры;
- своевременная утилизация мусора с береговой территории;
- проведение экологического воспитания среди населения. Необходимо доносить до людей «правила поведения» на отдыхе. Доносить до них, какие негативные последствия для природы может иметь с виду безобидная рекреационная деятельность;
- ввести систему штрафов за загрязнение водных объектов и береговой линии отдыхающими.

Данные задачи реализовать весьма сложно, но реально, при условии, что все органы как федерального, так и местного управления будут заинтересованы в охране своей территории от загрязнения. А также будет существовать понимание, что если развивать туристическую деятельность только лишь для получения прибыли, не заботясь о сохранности окружающей среды, то в скором времени все туристские ресурсы исчерпают себя и станут не пригодны для дальнейшего использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А. Б., Бойченко В. К., Салтанкин В. П. Некоторые вопросы рекреационного использования водохранилищ // Водные ресурсы. 1986. № 3. С. 77–84.
2. Горюнова С. В. Закономерности процесса антропогенной деградации водных объектов [Электронный ресурс]. URL: http://83.149.228.85/fundecology/msu_council/ref_goryunova.pdf
3. Клюкин М. А., Ротанова И. Н. Проблемы рекреационных нагрузок береговых территорий озёр Ая, Колыванское и Новосибирского водохранилища // Вестн. Том. гос. ун-та. 2011. № 347.
4. Ланцова И. В. Рекреационное водопользование как фактор формирования качества вод // Вода: химия и экология. 2009. № 2. С. 2–7.
5. Литвинов А. Е., Бекух З. А. Оптимизация рекреационного использования водных объектов горно-предгорной части Краснодарского края // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2011. № 1–6.
6. Прудникова Н. Г. Эколого-географическое зонирование рекреационных территорий (на примере участка долины реки Катунь) [Электронный ресурс]. URL: <http://sun.tsu.ru/mminfo/000370677/000370677.pdf>

УДК 551.482.6:551.459(571.54)

Современный этап рельефообразования Сарминского и Селенгинского побережий озера Байкал

М. В. Павлов (maksimpavlov_v@mail.ru)

Е. А. Ильичева (lenail3663@mail.ru)

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

Аннотация. Дана геоморфологическая характеристика побережий озера Байкал на примере устьев и прибрежных акваторий рек Сарма и Селенга. Определены ведущие процессы морфогенеза современного этапа, охватывающего период искусственного уровня режима озера Байкал. Колебания уровня на современном этапе вызвали, затопления значительных площадей, переформирование берегов и гидрографической сети в устьях рек.

Ключевые слова: конус выноса, дельта, субаэральная поверхность, берега, аккумуляция, эрозия, абразия, Байкал, Селенга, Сарма.

Введение

По последним данным на побережье Байкала насчитывается 470 устьев, из них 230 постоянных водотоков, 30 % составляют временные водотоки, около 20 % эпизодические паводки и распадки, работающие только при экстремальном увлажнении. Каждое устье это уникальная открытая геосистема. На наш взгляд, наиболее выразительны по своему геоморфологическому строению побережья и устья рек Сарма и Селенга, обладающие как специфическими, так схожими чертами, и расположенные на противоположных берегах озера Байкал. В целом, устья рек западного берега озера Байкал представлены делювиально-пролювиальными конусами выноса. К ним относятся устья рек Голоустная, Бугульдейка, Сарма, Риты и др. Верхняя Ангара на северной оконечности озера Байкал создает дельту выполнения. На восточном берегу Байкала в основном развиты эстуарии, за исключением многопостной дельты выдвижения реки Селенги. На южном побережье, также как и на западном, развиты конусы выноса рек Снежная, Хара-Мурын, Солзан, Утулик.

В данном исследовании, к современному этапу мы относим период формирования побережий Байкала при искусственном регулировании уровня. К августу 1962 г. уровень достиг отметки «нормального подпорного горизонта» – 266 см над нулем графика [20] и составил 453,27 м в не переуровненной Балтийской системе высот [13], что соответствует 453,82 м в Балтийской системе высот (БС), применяемой на топографических картах или 454,34 в Тихоокеанской системе. Позднее, к 1980 г., в результате регулирования уровень снизился на 1,2 м, а в период 1985–1995 гг. поднялся приблизительно на 1 метр [10]. Далее происходят незначительные колебания в пределах 0,30 м, в целом отмечается постепенное снижение уровня. По реконструкциям, предложенным А. Н. Афанасьевым [3,4] и дополненным последующими исследованиями [1, 2]. Период с 1959 по 1972 г. представляет собой максимальную фазу третьего векового уровня цикла, начавшегося в начале XX в. В этот период отмечались наивысшие уровни Байкала за последние 270 лет. Во многом этот подъем обусловлен техногенным вмешательством в естественный режим при строительстве и заполнении водохранилища Иркутской ГЭС. Маловодный период, продолжающийся с начала 2000 годов, мог бы ознаменовать окончание третьего уровня цикла Байкала по А. Н. Афанасьеву.

Уровень принимающего водоема представляет собой один из важнейших факторов морфогенеза побережий Байкала наряду с гидрологическими условиями и геолого-тектоническими предпосылками.

Материалы и методы

В работе применен ретроспективный анализ топографических карт масштаба 1:100 000 (1956, 1986 и 1998 гг. издания), лоций и Атласа озера Байкал, составленным по материалам гидрографической экспедиции А. Ф. Дриженко, (1897–1998 гг.) [2; 16], космического снимка

осени 2011 года (разрешение 1 метр) на участках исследования. Картографический материал приведен в единую проекцию, систему координат для сравнения плановых очертаний береговых линий, положения русел и их устьев. В работе используется Балтийская система высот, уровень Байкала рассчитывается по посту Бабушкин («ноль графика» – 453,82).

С 2003 г. сотрудниками ИГ СО РАН проводятся ежегодные гидролого-морфологические полевые работы в дельте реки Селенги и заливе Провал. Установлены 13 постоянных мониторинговых гидрометрических постов на основных протоках, ведутся измерения глубинной и боковой эрозии. В полевые сезоны 2011 и 2012 гг. проведено эхолотирование акваторий с точностью 0,1 м и отбор проб донных отложений (128 поверхностных донных отложений; 5 кернов, мощностью до 1,3 м), 11 седиментационных ловушек. С 2013 г. исследования расширены на Сарминское побережье, где установлено 4 гидрометрических створа на основных рукавах р. Сармы, отобрано 68 проб донных отложений из акватории. По полученным материалам составлены описания побережий, батиметрические схемы, схемы донных отложений заливов Провал и Хужир-Нуга.

Результаты и обсуждения

Река Сарма прорезает селевый конус выноса, сложенный валунами и глыбами с гравийно-песчаным наполнителем, сток реки рассредоточен по трем рукавам в устье. Поверхность конуса слабо пологой выпуклая, осложненная веерами блуждания палеорусел, с глубинами тальвега до 1 м. Поверхность имеет бугристо-грядовый микрорельеф, что может говорить о водо-грязекаменном характере селя, создавшего конус в раннем голоцене [7; 17]. Также имеют место наледные проявления: современная наледь речных и надмерзлотных вод, а также наледные поляны более древних наледей, приуроченные к главному узлу бифуркации. На поверхности конуса четко выделяются техногенные формы рельефа, представленные каналом, глубиной 3–4 м и валами (дамбами), высотой до 2 м сооруженные во второй половине XX века для работы ныне несуществующего рыбопроизводного завода. Площадь конуса составляет около 15 км², среднее превышение вершины конуса над урезом озера Байкал – 15 м (472,6 м БС). Конус прорезан тремя современными слабомеандрирующими рукавами р. Сармы. Руслу рукавов ящикообразные, берега приглубые, террасы не выработаны. В левом рукаве в среднем течении развиваются побочки и осередки. Глубина русел достигает 1,5 м в узле бифуркации, но в среднем не превышает 0,3–0,8 м. Руслоформирующие наносы представлены хорошо и среднеокатанным глыбово-валунным материалом и гальками различной размерности. Руслу впадают в залив Хужир-Нуга (рис. 1).

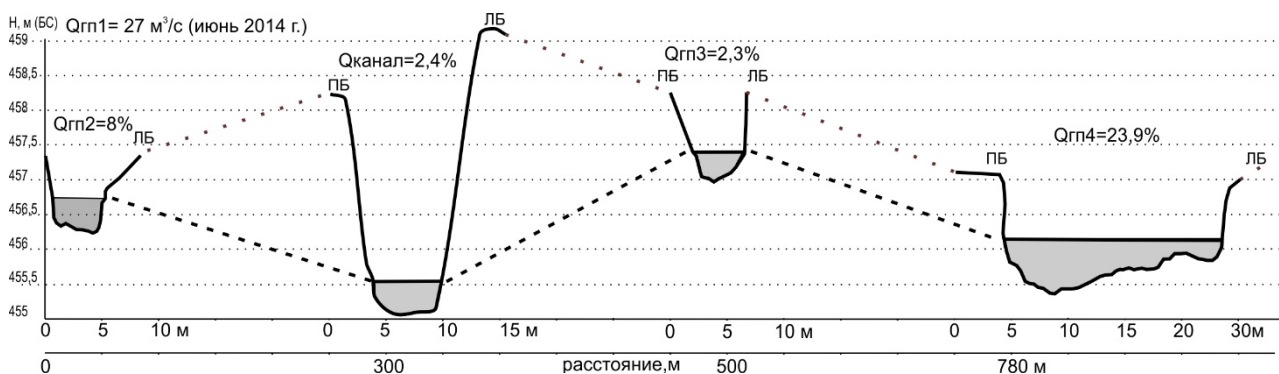


Рис. 1. Поперечные профили рукавов реки Сарма

В гидрологическом режиме выделяются половодье и паводки. Зимняя межень характеризуется крайне низким стоком или полным его отсутствием в феврале-начале марта. Во время обследования (июнь 2013–2014 гг.) метки уровня высоких вод достигали одного и более метра над бровками русел и в межукавных пространствах. На устьевом участке, в 1 км от современной береговой линии Байкала, создан искусственный канал, дренирующий подземные воды конуса, который можно рассматривать как еще одно русло реки. Уровень грунтовых вод располагается на незначительных глубинах, что является причиной обводнения

междукавных пространств. Исследования распределения стока показывают, что более 50 % объема поступает в Байкал подрусловым стоком, что согласуется с более ранними работами по оценке притока подземных вод в озеро Байкал [21].

Сарминский конус выноса прослеживается в акватории залива Хужир-Нуга до глубин 2 м, и в основном перекрыт современными озерными осадками (рис. 2). Длина залива от мыса Улирба на юге до галечных кос на севере 6,3 км, ширина – 2,4 км, максимальные глубины в районе острова Малый Тойнак достигают 7–7,5 м, площадь залива – 6,7 км². Залив отчленен от озера Байкал галечными косами, островами Хунук и коренными скальными островами Большой и Малый Тойнак. На побережье развиваются различные типы берегов: абразионные, аккумулятивные, абразионно-аккумулятивные и фитогенно-дельтовые.

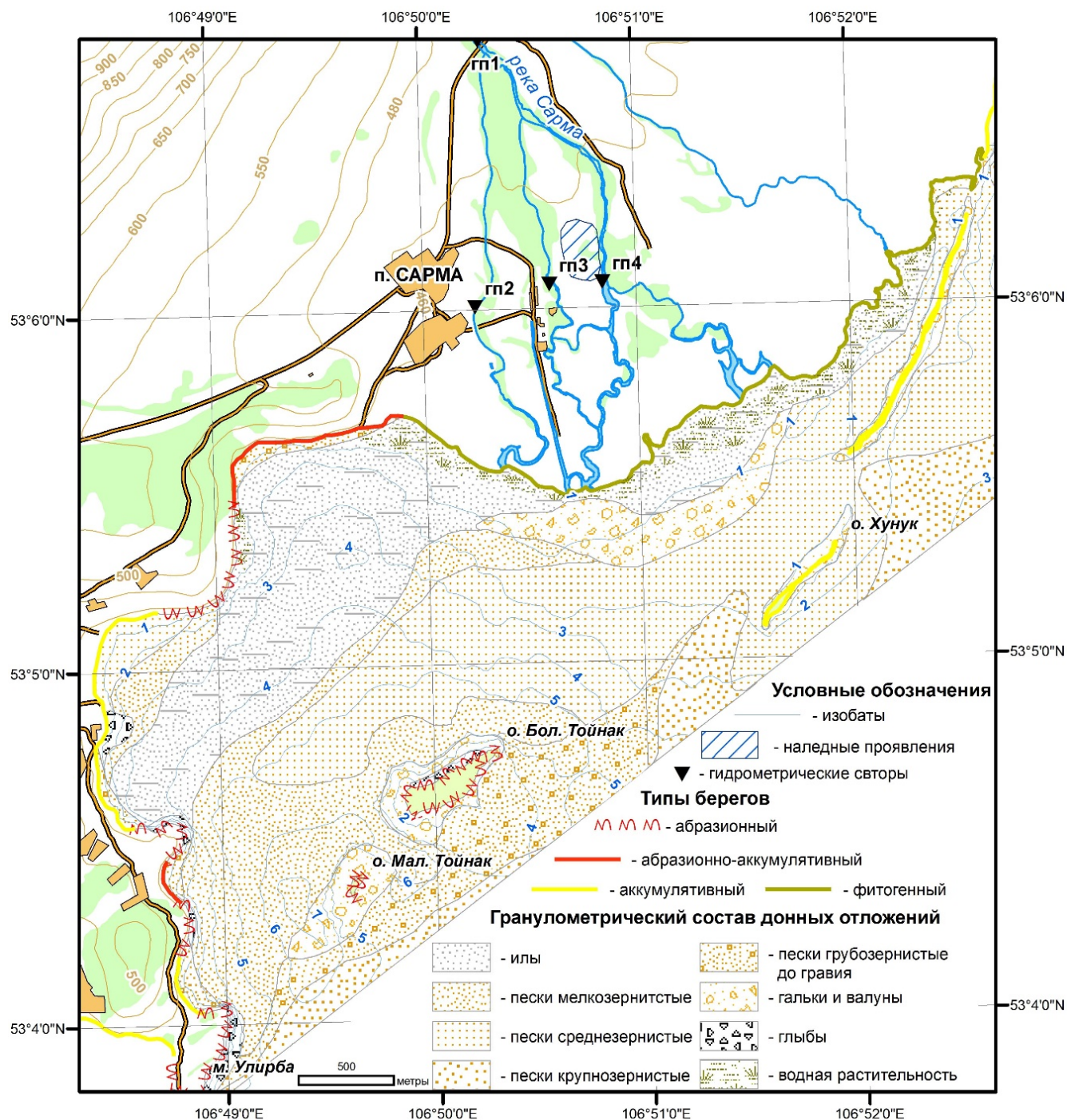


Рис. 2. Карта-схема донных отложений и типов берегов залива Хужир-Нуга

Современная субаэральная поверхность дельты ограничивается с материковой части бровками позднеплейстоценовых террас, расположенными на отметках выше 460 м (БС), главным узлом бифуркации в районе с. Малое Колесово, ниже которого русло разбивается на три основных направления стока (Селенгинское, Среднеустьевское и Лобановское), и современной береговой линией озерного края дельты. Авандельта отделяется от озера цепью песчаных подводных баров, протягивающихся по периферии дельты на расстоянии 1–3 км от залива Черкалов сор на юге до мыса Облом на севере. Подводный склон дельты распространяется на расстояние пять и более километров в акваторию оз. Байкал. Абсолютные отметки субаэральной поверхности дельты находятся в пределах 455,5–460 м (БС), причем нижняя отметка зависит от сезонных флуктуаций уровня Байкала. Глубины в руслах составляют в среднем 2–3 м и могут достигать 10–11 м. Максимальные высоты террас (3–5 м) расположены на привершинных участках и по сторонам дельтового прогиба. В геоморфологическом плане субаэральную дельту реки Селенги можно разделить на 5 зон (рис. 3,4) [19].

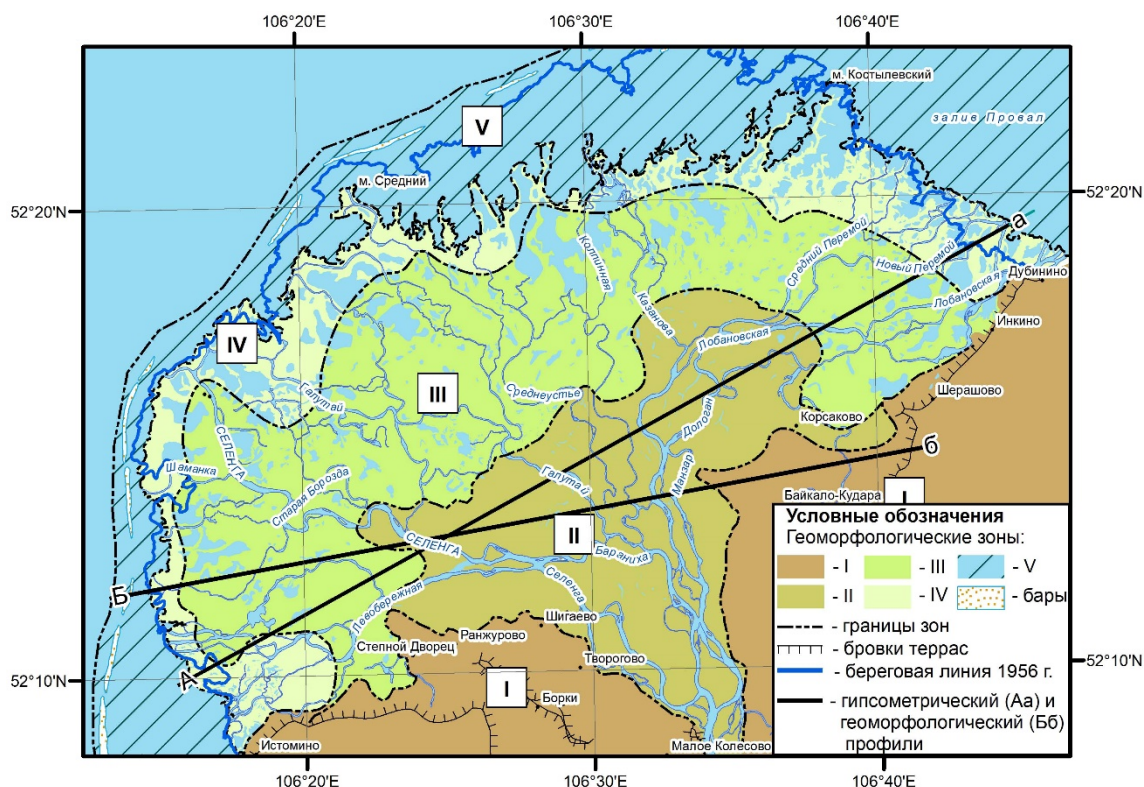


Рис. 3. Геоморфологическое зонирование дельты реки Селенги

Первая от вершины дельты зона соответствует наиболее древнему геоморфологическому уровню с отметками выше 460 м (БС), представлена слабоволнистыми поверхностями Кударинской и Кабанской террас и их останцами, сложенными аллювиальными отложениями средне-позднеплейстоценового возраста и осложненная прогибами, занимаемые травяными болотами. У села Малое Колесово русло реки представляет собой врезанный в отложения Кабанской террасы меандр, который с 1956 г. (по данным топографической карты) эволюционировал из относительно спрямленного участка реки с развитой островной многорукавностью. Скорость сползания меандра на сегодняшний день составляет 10 метров в год.

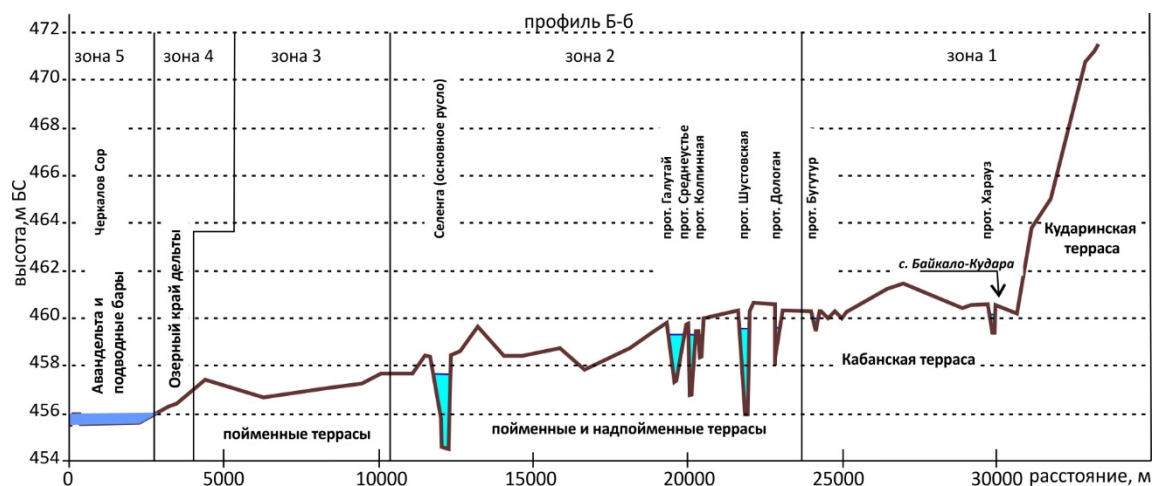


Рис. 4. Геоморфологический профиль

На более низких отметках (460–458 м) дельтовая равнина представлена сочетанием русел проток трех основных направлений стока и междуручьями пространствами с веерами блуждания, старичными озерами и понижениями. В этом районе наиболее развиты эрозионно-аккумулятивные процессы, плановые смещения русел, преобладает русловая многорукавность. Зона характеризуется сочетанием останцов Кабанской террасы и современных пойменных и надпойменных уровней. Самыми молодыми формами являются осередки, косы и острова, развитые в руслах проток с высотой бровок до 1 м. Поверхность зоны осложнена глубокими (до 2 м) многочисленными старицами и озерами и русловыми валами палеопротоков.

В пределах высот 458–456 м происходит интенсивное рассредоточение стока по мелким протокам, для их русел характерны малые уклоны (0,03 ‰) и подпор со стороны озера Байкал. Это область с избыточным увлажнением и контактом грунтовых и поверхностных вод; здесь распространены озера, заливные луга и болота, вдольрусловые заросли ив, тальников и тростников.

Озерный край дельты изобилует лагунными и лиманными озерами, подтопленными устьями, руслами, выходящими в соры до 2 км, а также молодыми формирующимися устьевыми барами. Высота поверхности от 456 м и ниже, в зависимости от уровня Байкала. Берега индичируются тростниками на подводных береговых валах, сложенных неуплотненными обводненными илами и мелким песком. По внешнему краю дельты и на поверхности озер повсеместно распространены гидрофиты, способствующие накоплению речных наносов и биомассы, что создает условия для выдвигания дельты.

Авандельта представляет собой соры (мелководные заливы с глубинами 0,4–1 м), лагунные озера, берега которых формируются русловыми валами устьев проток. Авандельта ограничена подводными песчаными барами и косами с отметками ниже уровня Байкала. Внешняя граница зоны нечеткая и изменяется в зависимости от уровня озера, и связанного с этим, положением подводных баров [9].

Рельефообразование селенгинского побережья на современном этапе достаточно четко прослеживается по гипсометрическим моделям рельефа, составленным на основе топографических карт в различные годы.

На рисунках 3 и 5 показан гипсометрический профиль вариаций высоты поверхности дельты за три временных среза. Профиль 1956 г. (топографическая карта составлена по материалам съемок 1952 г.) характеризует поверхность дельты, сформированной при естественном ходе уровня режима. Точкой отсчета для описания режимов формирования дельты к 1956 году служат материалы Ф. К. Дриженко [2], однако при сопоставлении данных, возможно провести сравнение лишь положения береговой линии и площади дельты. Несмотря на то что экспедиция 1898 года проводила съемку берегов при более низких средних годовых уровнях – 454,95 м БС, топографическая карта 1956 г. составлена по отметкам уреза 455,4 м БС, общая площадь дельты увеличивается на 40 км², в основном за счет выдвижения устьев проток Лобановская и Селенга (основное русло). В отдельные годы в этот период отмечаются максимум уровня Байкала 1932 года – 456,35 и минимум 1904 года – 454,41 м БС. Высота поверхности дельты к 1952 г. в среднем составляет 457 м.

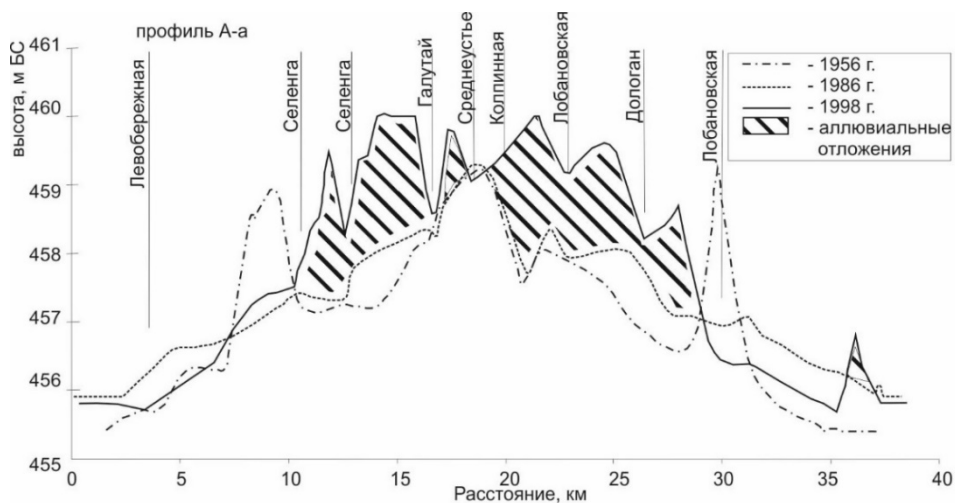


Рис. 5. Гипсометрические профили

Следующий временной срез 1986 г. охватывает период значительного повышения уровня озера Байкал. Топографическая карта отображает состояние местности начала 1980-х годов. Нормальный подпорный горизонт, достигнутый в 1962 г. (266 см над нулем графика, соответствует 456,48 м БС), создает новые современные условия формирования дельтового конуса. На протяжении десяти лет, вплоть до 1972 г., отмечены уровни близкие или превышающие НПГ: 1962 г. – 277 см, 1963 г. – 280 см, 1964 г. – 289 см, 1966 г. – 267 см 1971 г. – 278 см [20]. Длительный подпор реки Селенги со стороны Байкала и экстремально большой сток (расходы составляли до 3500 м³/с в отдельные месяцы, при среднем многолетнем – 919 м³/с [22] этого периода создают условия для выхода речных вод из русел на поймы и образования толщ пойменного аллювия, перекрывающего ранее созданные поверхности. В среднем отметки субаэральной поверхности дельты повысились до 457,6 м БС, произошла нивелировка межукавных пространств, плановая перестройка проток дельты, появление новых (протока Левобережная) и исчезновение некоторых старых рукавов, увеличение площади озерного края дельты и изменения очертаний побережья.

После многоводного периода 1962–1972 гг. отмечается спад уровня Байкала приблизительно на 1 м до минимальных отметок 454,75 м БС в 1982 г. С 1985 по 1995 г. уровень снова поднимается с максимумом 1988 г. 456,9 м БС и в дельте происходит новая перестройка и накопление аллювиальных отложений на поверхностях межукавных пространств. Средняя высота дельты оценивается в 457,8 м БС.

Повышения уровня и накопление аллювиальных отложений фиксируется повсеместно в центральной части дельты. Изученный нами разрез острова Дологан сохранил свидетельства этих флуктуаций. Возраст основания разреза, на глубине 131–156 см от современной поверхности острова, соответствует $420 \pm 190 \text{ C}^{14}$ лет [19]. Выше на глубине 80–100 см вскрывается погребенный пойменными отложениями почвенно-растительный слой, который мы

относим к поверхности острова, сформированной к 1956 г. Верхние 0–80 см представлены волнисто-горизонтальными алевритово-песчаными отложениями. Венчает разрез современный почвенно-растительный слой.

С начала 2000 гг. начинается маловодный период с низкими уровнями Байкала (до 455,34 м БС, 26.04–27.04.2015) [8] и расходами 505–890 м³/с (рзд. Мостовой). При таких условиях протоки удлиняются, врезаются в свои же отложения, что сопровождается увеличением мутьевых потоков, поступающих в Байкал, снижаются биофильтрационные свойства дельты, происходит отмирания малых проток, теряется гидравлическая связь с внутридельтовыми озерами.

Залив Провал, отделен от озера подводными песчаными барами, ограничен периферийной частью дельты реки Селенги и береговой линией залива, выдающейся в Байкал мысом Облом на севере. Своим происхождением залив обязан 10-бальному землетрясению 1862 г., когда ранее существовавшая Цаганская степь погрузилась под воду на 3–4 метра [15; 23; 24]. Залив Провал является приемным водоемом для вод реки Селенги, основная масса которых поступает по протоке Лобановская. В залив впадают несколько небольших речек и ручьев.

Современная площадь залива составляет 164 км². Береговая линия залива формируется за счет абразионно-аккумулятивной деятельности волн при сезонных колебаниях уровня Байкала и ветровых воздействий. При сравнении батиметрических данных с ДЗЗ выявляются амплитуды плановых изменений положения подводных форм рельефа. Косы и бары перемещаются на расстояние до 300 м в зависимости от сезонных и годовых изменений уровня озера Байкал.

Неоднородность залегания отложений по дну залива выявила различные типы осадконакопления (рис. 6). Илы и мелкозернистые осадки формируются за счет стока проток дельты и отлагаются в придельтовой акватории. Разнозернистые пески и алевриты приурочены к центральной части залива и распространены вплоть до мыса Облом и подводных баров. В прибрежной материковой части отлагаются грубозернистые осадки от песков разнозернистых до гальки. Основным материал поставляют водные массы протоки Лобановской, так, по данным за период экспериментальных наблюдений, средний объем наносов составил 1,7 млн т/год за период открытой воды.

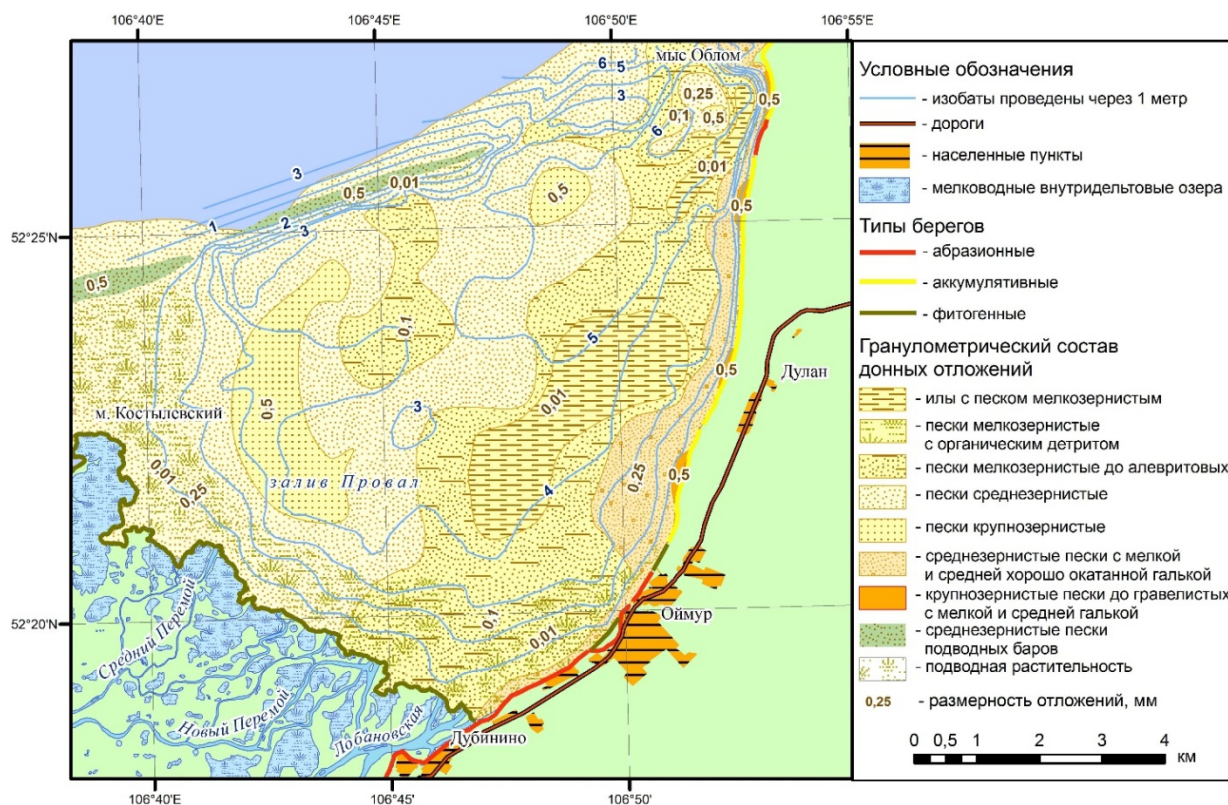


Рис. 6. Карта-схема донных отложений и типов берегов залива Провал

Берега залива Провал представлены тремя типами. Фитогенно-дельтовый берег развивается вдоль озерного края дельты р. Селенги, за счет поступления наносов, аккумуляции биогенного материала в мелководных зарастающих заливчиках. Абразионно-аккумулятивный берег простирается от с. Дубинино до с. Оймур и представлен останцами Кударинской и Оймурской террас, а также современным пляжевым комплексом, осложненным заболачиваемыми бухточками. Аккумулятивный берег, в целом, распространен от с. Дулан до Мыса Облом, где формируется современный пляж, между урезом залива и береговым валом. На небольших по протяженности участках отмечается современный абразионный берег, представляющий собой размываемый уступ высотой 0,5–1 м. К таким участкам приурочены мелководные галечные взморья.

Скоростям осадконакопления в заливе посвящены работы [5; 6; 15; 25] и с некоторыми позициями мы соглашаемся, дополняя их данными бурения донных отложений, береговых разрезов залива и радиоуглеродным датированием маркирующих горизонтов.

Неоднократное колебание уровня отражается в строении разрезов береговых валов. В разрезе берегового вала между с. Дулан и одноименным ручьем отмечен слоистый торфяной слой у уреза залива Провал, видимой мощностью более 1 м. Торф перекрывается монотонными среднезернистыми песками до 0,8 м, выше залегает черный почвенно-растительный горизонт 0,1–0,18 м, захороненный под песчаными отложениями, современного берегового вала. Радиоуглеродный возраст торфяных отложений составляет по данным лаборатории СПбГУ 200 ± 40 лет. Таким образом, обнаруженный горизонт торфа может быть современным отложений ранее существовавшей Цаганской степи. По данным бурения в акватории (2012 г.) под 1–1,2-метровым слоем илов вскрываются уплотненный торф, предположительно того же возраста. Согласно современным скоростям осадконакопления оцененным по седиментационным ловушкам, при существующем режиме водообмена залив Провал достигнет состояния мелководного сора через 200 лет.

Заключение

Главной отличительной особенностью устьев рек Сарма и Селенга и побережий является процесс их формирования. Главенствующим фактором формирования селевого конуса выноса реки Сарма мог стать сейсмотектонический, обусловивший катастрофическое схождение селевого материала по долине и создавшего делювиально-пролювиальный конус. В дальнейшем, форма конуса изменялась незначительно, флювиальным, абразионным и фитогенными процессами.

Формирование дельты реки Селенги продолжается по настоящее время и ведущим фактором выступают флювиальный, определяющий сток воды и наносов и изменения уровня Байкала, которые создают современный облик дельтовой равнины.

Развитие Селенгинского и Сарминского побережий в разной степени интенсивности связано с изменениями уровня принимающего водоема, который в первую очередь зависит от поступления вод реки Селенги и регулирования Иркутской ГЭС. Поступление наносов с бассейна р. Селенги играет важнейшую роль в формировании дельты, как замыкающего звена водосбора. Поэтому любые изменения в бассейне реки могут привести к переформированию и исчезновению побережий Байкала. Особо актуальным этот вопрос становится на сегодняшний день в связи с глобальными планами строительства монгольских ГЭС и, одновременно, проходящими программами правительства РФ по защите и развитию Байкальского региона.

Благодарности

Выражаем огромную признательность к. м. н. Дрокову Владиславу Викторовичу за всеобъемлющую поддержку при организации и проведении экспедиций.

Исследования проведены при частичной финансовой поддержке РФФИ № 16–05–00286 «Природные процессы в устьевых областях притоков и на прилегающем побережье оз. Байкал в условиях естественных и антропогенных изменений».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Байкала. М. : ФСГК, 1993. 160 с.
2. Атлас озера Байкал // Гидрографическая экспедиция / сост. Ф. К. Дриженко. СПб. : Изд-е Гл. гидрогр. упр., 1897–1903. 34 с. : карты.
3. Афанасьев А. Н. Водный баланс оз. Байкал // Тр. Байк. лимнол. станции / Исследования гидрологического режима Байкала. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1960. Т. 18. С. 7–154.
4. Афанасьев А. Н. Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал. Новосибирск : Наука, 1976. 240 с.
5. Богоявленский Б. А. Моделирование природы озёрного края селенгинской дельты, её динамика и прогноз развития // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Сибирь и Дальний Восток. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 105–128.
6. Осадконакопление в заливе Провал (озеро Байкал) после сейсмогенного опускания участка дельты реки Селенги / Е. Г. Вологина, И. А. Калугин, Ю. Н. Осуховская, М. Штурм, Н. В. Игнатова, Я. Б. Радзиминович, А. В. Дарьин, М. И. Кузьмин // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 12. С. 1640–1651.
7. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2015 году». Иркутск : ИНЦХТ, 2016. 372 с.
8. Геологическая карта СССР / Серия Прибайкальская. Сост. А. С. Кульчицкий / Лист N–48–XXXV. М. : Недра, 1965.
9. Зорин Л. В. Формирование дельты Селенги и образование залива Провал // Учен. зап. МГУ. Сер. геоморфол. 1956. Вып. 182. С. 193–196.
10. Иванов В. В., Коротаев В. Н., Лабутина И. А. Морфология и динамика дельты р. Селенги // Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 2007. № 4. С. 48–54.
11. Ильичёва Е. А. Динамика структуры речной сети Селенги и ее дельты // География и природные ресурсы. 2008. № 4. С. 57–63.
12. Ильичёва Е. А., Гагаринова О. В., Павлов М. В. Гидролого-геоморфологический анализ формирования ландшафтов дельты реки Селенги // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 85–93.
13. Каталог пунктов озерной гидрологической сети Росгидромета в 2016 году // Водный кадастр Российской Федерации. СПб. : ФГБУ "ГГИ", 2017. 29 с.
14. Гидролого-геоморфологический подход к районированию дельты реки Селенги / Л. М. Корытный, Е. А. Ильичёва, М. В. Павлов, И. Ю. Амосова // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 47–54.
15. Ладохин Н. П. Современные тектонические движения в заливе Провал и методика их изучения // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1960. Т. 9, № 1–2. С. 59–66.
16. Лоция и физико-географический очерк озера Байкал / под ред. Ф. К. Дриженко. СПб. : Изд-е Гл. гидрогр. упр., 1898. 443 с.
17. Макаров С. А. Сели Прибайкалья. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2012. 111 с.
18. Риски маловодных и многоводных периодов для озера Байкал / В. М. Никитин, Н. В. Абасов, Т. В. Бережных, Е. Н. Осипчук // География и природ. ресурсы. 2016. № 5. С. 29–38.
19. Динамика субазальной поверхности дельты реки Селенги / М. В. Павлов, Е. А. Ильичева, Л. А. Савельева // География и природные ресурсы. 2016. № 5. С. 130–136.
20. Динамика берегов озера Байкал при новом уровне режиме / А. В. Пинегин, А. А. Рогозин, Ф. Н. Лешиков, Л. Я. Кулиш, А. А. Якимов. М. : Наука, 1976. 88 с.
21. Писарский Б. И. Закономерности формирования подземного стока в бассейне озера Байкал. Новосибирск : Наука, 1987. 157 с.
22. Ресурсы поверхностных вод. Ангара-Енисейский район. Бассейн оз. Байкал. Л. : Гидрометеиздат, 1973. Т. 16, вып. 3. 368 с.
23. Рогозин А. А. Береговая зона Байкала и Хубсугула. Морфология, динамика и история развития. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1993. 168 с.
24. Сейсмогеология и детальное сейсмическое районирование Прибайкалья. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1981. С. 102–128.
25. Природная микро-летопись новейших событий в бассейне озера Байкал / А. К. Тулохонов, С. Г. Андреев, В. Б. Батоев, О. В. Цыденова, О. М. Хлыстов // Геология и геофизика. 2006. Т. 47 (9). С. 1043–1046.

УДК 556.06 (571. 5)

Региональный метод долгосрочного прогнозирования сроков полного очищения ото льда водоёмов Байкальского региона и на сопредельных территориях

Е. Н. Сутырина (ensut78@gmail.com)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. В ходе исследования предложен региональный метод и разработаны методики долго-срочного прогнозирования сроков полного очищения ото льда водохранилищ Ангара-Енисейского каскада и озера Байкал с использованием значений телеконнекционного индекса АО (Arctic Oscillation). В ходе исследования установленные прогнозные зависимости позволяют предвидеть характер развития данного ледового явления со средней заблаговременностью от 21 до 46 сут., максимальной заблаговременностью – от 35 до 58 сут.

Ключевые слова: ледовые прогнозы, полное очищение ото льда, Ангара-Енисейский каскад, озеро Байкал, индекс АО.

Введение

Объектами исследования являются водохранилища оз. Байкал и водохранилища Ангара-Енисейского каскада ГЭС, которые расположены в районе с резко континентальным климатом, замерзают в зимний период и бывают покрыты ледяным покровом от четырех до шести месяцев в году. Ледовый режим указанных водных объектов тесно связан с погодными условиями, в связи с чем сроки наступления ледовых явлений подвержены значительной межгодовой изменчивости, что определяет актуальность выпуска ледовых прогнозов. Прогнозирование ледовых условий крупных судоходных водоёмов имеет значительную практическую ценность, в том числе для планомерного проведения навигации, так как ледяной покров препятствует судоходству [9].

Проблема разработки надежных долгосрочных ледовых прогнозов представляет собой одну из наиболее сложных в гидрологии и еще не получила удовлетворительного решения [4]. При разработке методов долгосрочных ледовых прогнозов ключевой проблемой является выявление атмосферных процессов, обуславливающих с определенной заблаговременностью особенности теплообмена между подстилающей поверхностью и атмосферой и установление прогностических зависимостей с индексами, характеризующими атмосферные процессы. Одной из наиболее важных фаз ледового режима, для которых составляются долгосрочные ледовые прогнозы, является полное очищение водоема ото льда. В связи со сказанным выше, целью настоящего исследования стала разработка методик долгосрочного прогнозирования сроков полного очищения ото льда оз. Байкал, Красноярского, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ с использованием значений телеконнекционного индекса арктической осцилляции АО (Arctic Oscillation).

Материалы и методы исследования

Согласно техническому регламенту Всемирной метеорологической организации долгосрочные гидрологические прогнозы относятся к периоду заблаговременности более 10 суток [9]. Разработка методик долгосрочных ледовых прогнозов включает [4; 9] исследование специфики ледовых условий изучаемых водоемов, включая определение сроков наступления прогнозируемого явления, их крайние и средние даты и межгодовую изменчивость; анализ атмосферных процессов, приводящих к выносу теплых или холодных воздушных масс в район исследования и оказывающих влияние на протекание ледовых явлений; обнаружение взаимосвязи между ледовыми явлениями и показателями, представляющими соответствующие атмосферные процессы; разработка прогнозных зависимостей, позволяющих предвидеть характер развития ледовых явлений с определенной заблаговременностью и оценку их эффективности.

Для разработки методик долгосрочного прогнозирования в рамках настоящего исследования были использованы сроки полного очищения ото льда Южной, Центральной и Северной котловин оз. Байкал, Красноярского, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ, определенные с применением данных радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) и спектрорадиометра MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) по методике, описанной в [6, 7] за период с 1998 по 2016 г. Водохранилище, созданное плотиной Богучанской ГЭС, имеет недостаточный период эксплуатации для разработки надежных прогностических зависимостей, и поэтому не рассматривается в ходе исследования. Ширина Майнского и значительных участков Саяно-Шушенского водохранилищ менее 1 км накладывает ограничения на изучение данных водных объектов с применением указанных среднemasштабных и мелкомасштабных спутниковых данных, поэтому эти водоемы также не являются объектами данного исследования.

В работе с применением спутниковой информации определены крайние и средние даты и межгодовая изменчивость сроков полного очищения ото льда Южной, Центральной и Северной котловин оз. Байкал, Красноярского, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ за период 1998–2016 гг. (табл. 1). В соответствии приведенной информации сроки полного очищения ото льда изучаемых водохранилищ изменялись в широких пределах с размахом от 21 до 26 сут. (табл. 1).

Таблица 1

Сроки полного очищения ото льда изучаемых водоёмов за период с 1998 по 2016 г.

Характеристика	Южная котловина оз. Байкал	Центральная котловина оз. Байкал	Северная котловина оз. Байкал	Иркутское водохранилище	Братское водохранилище	Усть-Илимское водохранилище	Красноярское водохранилище
Средний срок полного очищения	20 мая	26 мая	1 июня	11 мая	29 мая	30 мая	16 мая
Срок наиболее раннего полного очищения	9 мая	13 мая	20 мая	30 апреля	17 мая	18 мая	4 мая
Срок наиболее позднего полного очищения	4 июня	7 июня	13 июня	26 мая	7 июня	9 июня	28 мая
Размах сроков полного очищения, сутки	26	25	24	26	21	22	24
Среднее квадратическое отклонение, сутки	8	7	7	7	7	7	7

Межгодовая изменчивость протекания ледовых явлений на изучаемых водохранилищах во многом связана с колебанием крупномасштабных процессов в атмосфере, развивающихся в течение продолжительного времени и занимающих значительное пространство. Поэтому при прогнозах ледовых явлений, необходим учет атмосферных процессов над большими районами Северного полушария [1]. Важнейшим крупномасштабным атмосферным процессом, определяющим межгодовую изменчивость погодных и климатических условий в высоких и средних широтах Северного полушария в холодное время года, является арктическая осцилляция. В положительной фазе индекса АО циркулирующее вокруг Северного полюса кольцо сильных ветров сдерживает поступление более холодного воздуха из полярных регионов в более низкие широты. В отрицательной фазе индекса АО упомянутый выше пояс ветров ослабевает и деформируется, что благоприятствует более легкому проникновению холодных арктических воздушных масс на юг и увеличению штормовой активности в средних широтах.

В России связь параметров ледового режима крупных внутренних водоемов со значениями телеконнекционных индексов исследовалась в работах [6; 8; 10] и др. Влияние на ледовый режим характера атмосферного переноса, отраженного в значениях АО,

оказывается обусловленным формированием полей давления, температуры воздуха, ветра, влажности и т. д. [2; 8].

В ходе данного исследования установлено существование связи сроков очищения ото льда изучаемых водохранилищ со значениями индекса АО по данным NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), усредненными за различные периоды времени, которые частично или полностью включают осеннее и предледоставное охлаждение, ледостав, период таяния и разрушения льда.

Наиболее выраженная связь сроков очищения ото льда трёх котловин оз. Байкал, Красноярского, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ наблюдается со значениями индекса АО, усредненными за период с ноября по апрель или с декабря по апрель, с коэффициентом корреляции, достигающим от -0,83 (Братское водохранилище) до -0,94 (Красноярское водохранилище). На рис. 1 также можно видеть, что межгодовые колебания сроков очищения ото льда изучаемых акваторий в целом находятся в противофазе к межгодовым колебаниям значений индекса АО.

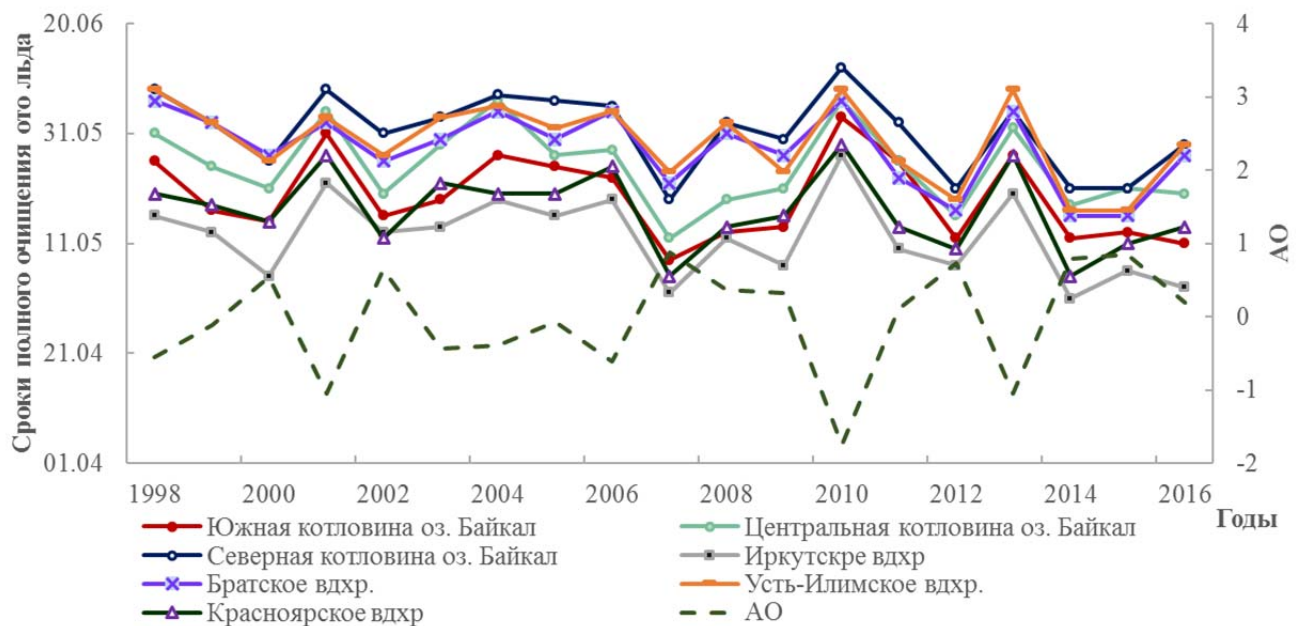


Рис. 1. Межгодовой ход сроков очищения ото льда исследуемых акваторий по спутниковым данным в сопоставлении с ходом значений индекса АО, усредненных за период с ноября по апрель

Результаты и их обсуждение

Так как изменения активности телеконнекционного индекса АО находит отражение в динамике ледового режима всех котловин оз. Байкал, Красноярского, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ, то возможно использовать значения указанного индекса в качестве предиктора в прогнозных зависимостях. В результате исследования на основании анализа массивов данных о сроках полного очищения по спутниковым данным за 1998–2016 гг., и значений телеконнекционных индексов АО, усредненных за различные интервалы времени, автором были предложены прогнозные полиномиальные зависимости второго порядка для Южной и Центральной котловин оз. Байкал, Красноярского и Иркутского водохранилищ (1):

$$\Delta\tau = \zeta_0 + \zeta_1 X + \zeta_2 X^2 \quad (1)$$

и третьего порядка для условий Северной котловины оз. Байкал, Братского и Усть-Илимского водохранилищ (2):

$$\Delta\tau = \zeta_0 + \zeta_1 X + \zeta_2 X^2 + \zeta_3 X^3 \quad (2)$$

где Δt – отклонение даты полного очищения акватории ото льда от среднего значения, сутки; X – предиктор, в качестве которого выступает индекс АО, усредненный за различные периоды, которые приведены в табл. 2; $\zeta_0, \zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ – наборы региональных регрессионных коэффициентов, полученных с использованием метода наименьших квадратов, сутки (см. табл. 2).

Выпуск ледовых прогнозов для Красноярского и Иркутского водохранилищ по предложенному методу может быть осуществлен 1 апреля, для всех котловин оз. Байкал, Братского и Усть-Илимского водохранилищ – 1 мая. Средняя заблаговременность прогнозов по предложенному методу составляет от 21 (Южная котловина оз. Байкал) до 46 суток (Красноярское водохранилище), максимальная заблаговременность прогнозов доходит до 58 суток (см. табл. 2).

Таблица 2

Характеристики прогнозных зависимостей для определения сроков полного очищения ото льда Красноярского, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ

Характеристика прогнозных зависимостей	Южная котловина оз. Байкал	Центральная котловина оз. Байкал	Северная котловина оз. Байкал	Иркутское водохранилище	Братское водохранилище	Усть-Илимское водохранилище	Красноярское водохранилище
ζ_0 , сутки	–0,12	–0,25	3,79	–2,02	2,43	1,43	–1,29
ζ_1 , сутки	–8,64	–9,51	–6,61	–7,16	–8,27	–9,51	–8,01
ζ_2 , сутки	–0,85	–1,74	–8,75	–0,08	–5,59	–4,47	–1,18
ζ_3 , сутки	–	–	–4,37	–	–1,68	–0,81	–
Период осреднения предиктора	Декабрь–апрель	Ноябрь–апрель	Ноябрь–апрель	Ноябрь–март	Ноябрь–апрель	Ноябрь–апрель	Ноябрь–март
Средняя заблаговременность прогнозов, сутки	21	26	33	41	29	30	46
Максимальная заблаговременность прогнозов, сутки	35	38	44	56	38	40	58
Индекс корреляции ρ	0,90	0,92	0,95	0,89	0,89	0,91	0,91
Обеспеченность допустимой погрешности прогнозов p , %	89,5	94,7	94,7	89,5	94,7	94,7	89,5
Коэффициент прогностической информативности	0,84	0,87	0,92	0,83	0,82	0,83	0,85
Категория качества методики прогнозирования	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая

Качество предложенных прогнозных зависимостей устанавливалось по индексу корреляции, который может применяться для анализа тесноты связи в том числе в случае нелинейных зависимостей (3):

$$\rho = \sqrt{1 - (S/\sigma)^2}, \quad (3)$$

где S – среднеквадратическая погрешность проверочных прогнозов, сутки; σ – среднеквадратическое отклонение прогнозируемого значения элемента от среднего, сутки [1, 3]. При длине ряда 19 лет, используемого в рамках исследования, прогнозная методика считается хорошей, если $\rho \geq 0,89$, удовлетворительной, если $0,66 \leq \rho < 0,89$. Значения индекса корреляции для исследуемых зависимостей составили от 0,89 до 0,95 (см. табл. 2), что относит полученные прогнозные методики к хорошим. В соответствии с оправдываемостью ледовых прогнозов существует еще один не менее важный критерий определения категории качества методики прогнозирования, которым является величина обеспеченности допустимой погрешности прогнозов p , %. Прогноз считается оправдавшимся, если его ошибка меньше или равна допустимой погрешности. Согласно [1; 3; 5] величина допустимой погрешности про-

гнозов наступления ледовых явлений может быть принята равной 0,674σ, что в случае настоящего исследования составляет 5 суток. В соответствии с этой величиной на рис. 2 область, отвечающая оправдавшимся прогнозам, лежит между двумя наклонными пунктирными линиями.

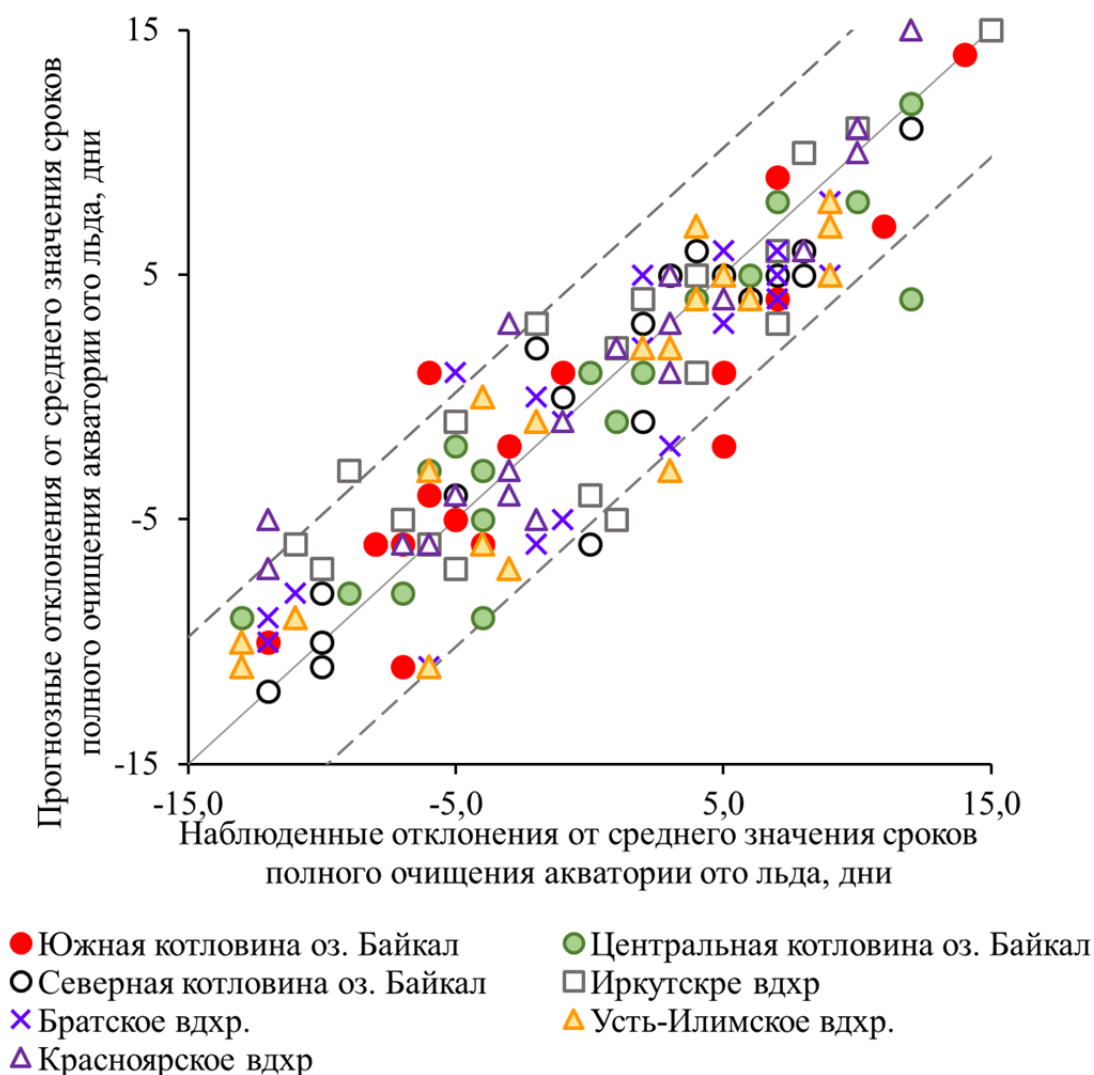


Рис. 2. Сопоставление прогнозируемых сроков полного очищения акваторий ото льда со сроками, определенными по данным спутниковых наблюдений.

Прогнозная методика является хорошей, если величина обеспеченности допустимой погрешности прогнозов $p \geq 82\%$, удовлетворительной, если $60 \leq p \leq 81\%$ [1]. Величина p для предложенных зависимостей составила от 89,5 до 94,7 % (см. табл. 2), что относит полученные в работе зависимости по категории качества методики прогнозирования к хорошим.

Расчет приведенных выше показателей, значения которых указаны в табл. 2, проводился по исходному ряду. Вследствие чего дополнительно была оценена временная устойчивость прогностических зависимостей методом «выбрасываемых точек» [5]. Этот метод состоит в определении прогностического уравнения при исключении из ряда от одного до пяти лет и в составлении по полученным уравнениям проверочных прогнозов для исключенных лет. Исключая из ряда последовательно каждый следующий год, получают весь ряд прогнозируемых значений и рассчитывают коэффициент корреляции данных величин с фактическими значениями за те же годы. Вычисленная величина коэффициента корреляции называется коэффициентом прогностической информативности и служит показателем временной устойчивости зависимостей. Достаточно устойчивыми и применимыми на практике для вы-

пуска ледовых прогнозов считаются прогностические зависимости со значениями коэффициентом прогностической информативности не менее 0,6 [5]. Значения коэффициента прогностической информативности полученных в работе зависимостей составляют от 0,82 до 0,92 (см. табл. 2), что демонстрирует временную устойчивость данных прогностических методик и возможность их практического использования.

Выводы

В рамках настоящего исследования было установлено, что межгодовые колебания сроков очищения ото льда всех котловин оз. Байкал, Красноярского, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ находятся в противофазе к межгодовым колебаниям значений телеконнекционного индекса АО, вычисленного с определенной заблаговременностью ко времени полного исчезновения льда на водоемах, что обуславливает возможность использования значений данного индекса в качестве предиктора в региональных прогнозных зависимостях. В итоге исследования для всех изучаемых водохранилищ автором были установлены прогнозные зависимости со средней заблаговременностью от 21 до 46 суток.

В результате оценки эффективности предложенных прогностических зависимостей по нескольким показателям было выявлено, что категория качества методик прогнозирования сроков полного очищения котловин оз. Байкал, Красноярского, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ определяется как хорошая. Высокие значения коэффициента прогностической информативности для всех разработанных прогностических методик продемонстрировало их временную устойчивость и возможность их практического применения для выпуска ледовых прогнозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Георгиевский Ю. М., Шаночкин С. В. Гидрологические прогнозы. СПб. : Изд-во РГГМУ, 2007. 436 с.
2. Крыжов В. Н., Горелиц О. В. Арктическая осцилляция и ее влияние на температуру и осадки в Северной Евразии в XX в. // Метеорология и гидрология. 2015. № 11. С. 5–19.
3. Наставление по службе прогнозов. Л. : Гидрометеиздат, 1962. Разд. 3. Ч. 1. 192 с.
4. Попов Е. Г. Основы гидрологических прогнозов. Л. : Гидрометеиздат. 1968. 296 с.
5. РД 52. 27. 284–91. Методические указания по проведению производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 150 с.
6. Сутырина Е. Н. Применение материалов дистанционного зондирования для изучения особенностей разрушения снежно-ледяного покрова на озере Байкал и озере Хубсугул // Учен. зап. Рос. гос. гидрометеорол. ун-та. 2014. № 34. С. 85–92.
7. Сутырина Е. Н. Изучение внутренних водоемов и водосборов с применением данных дистанционного зондирования Земли. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. 133 с.
8. Шимараев М. Н., Старыгина Л. Н. Зональная циркуляция атмосферы, климат и гидрологические процессы на Байкале (1968–2007 гг.) // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 62–68.
9. Guide to Hydrological Practices. Geneva: WMO, 2009. N 168. Vol. II. 302 p.
10. Karetnikov S., Naumenko M. Lake Ladoga ice phenology: mean condition and extremes during last 65 years // Hydrological Processes, 2011. Vol. 25. P. 2859–2867.

УДК 556.161; 556.51(571.5)

Изменение параметров стока реки Селенги под влиянием климатических и бассейновых факторов

Е. Н. Сутырина (ensut78@gmail.com)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Цель исследования – изучение изменения параметров стока Селенги под влиянием климатических и бассейновых факторов. Дана оценка изменения связи стока Селенги с интенсивностью осадков в пределах её водосборного бассейна и было проанализировано преобразование характера внутригодового распределения стока.

Ключевые слова: Селенга, водосборный бассейн, внутригодовое распределение стока, осадки.

Введение

Река Селенга – самый крупный приток оз. Байкал, в среднем за год она приносит в озеро около 30 км³ воды, что составляет половину всего притока в озеро. Изменение водности р. Селенги неизбежно ведёт к изменению уровня режима оз. Байкал со всеми вытекающими последствиями. Ввиду сказанного выше, анализ реакции стока р. Селенги на изменения климатических и бассейновых факторов представляет собой актуальную задачу.

Сток представляет собой сложный многофакторный природный процесс, обусловленный влиянием комплекса физико-географических факторов и хозяйственной деятельности. Действие различных природных факторов проявляется по-разному. Одни из них способствуют стеканию атмосферных осадков по земной поверхности, другие замедляют сток или вовсе исключают возможность его образования. Основными факторами стока, определяющими его развитие, являются климатические. Климат воздействует на сток не только непосредственно, но и через другие природные факторы: почву, растительность, рельеф. На общем фоне воздействия климата на формирование стока и его величину проявляется влияние других, не климатических факторов: рельефа бассейна, геологического строения, степени облесённости, озёрности и заболоченности и т. д. [2].

Особое внимание при изучении факторов формирования стока должно уделяться изучению хозяйственной деятельности, оказывающей на водные ресурсы и режим рек влияние в двух направлениях: непосредственного изменения режима стока в руслах и изменения условий влагонакопления и расходования влаги в бассейне. Во первом случае мероприятия включают создание плотин и водохранилищ, изъятие воды из русел на орошение, питьевые и хозяйственные нужды. Во втором случае изменения происходят в результате агротехнических, лесомелиоративных и гидромелиоративных мероприятий, включающих обработку земли, посадку или вырубку лесов, орошение и обводнение в зонах неустойчивого и недостаточного увлажнения, осушения болот. Влияние на водный объект посредством хозяйственной деятельности в пределах его водосбора обусловлено тем, что водосборный бассейн представляет собой систему различных по структуре и функциям ландшафтных образований, которые объединяются в ландшафтно-гидрологическую систему, и между географическим строением водосборного бассейна и функционированием гидрографической сети существует тесная связь [3; 5].

Хозяйственная деятельность, ведущаяся в пределах водосбора р. Селенги без соблюдения необходимых экологических требований, приводит к серьезным негативным изменениям окружающей среды: нарушению водного баланса; усилению эрозионных процессов; загрязнению вод продуктами эрозии почв и смываемыми с полей органическими веществами; изменению структуры стока в сторону увеличения поверхностного; ухудшению экологической обстановки и увеличению пожарной опасности в лесу; интенсификации селей и лавин. Река Селенга – трансграничный водный объект, и часть водосбора на территории Монголии является наиболее плотно населенной и интенсивно осваиваемой территорией, где сосредоточены крупнейшие города данного государства, размещены горнодобывающая, металлургиче-

ская, химическая отрасли промышленности, расположены пахотные, пастбищные и сенокосные поливные земли [1; 4]

Материалы и методы

Для изучения реакции стока р. Селенги на изменение климатических и бассейновых факторов в рамках данного исследования было изучено изменение внутригодового распределение стока за период с 1948 по 2013 г. и исследовано изменение связи ее стока с величиной осадков в пределах водосборного бассейна. Для этого привлекались данные о среднемесечных расходах р. Селенги створе разъезд Мостовой, а также привлекались данные об осадках из архива реанализа NCEP/NCAR (The National Centers for Environmental Prediction / The National Center for Atmospheric Research).

Для оценки негативных изменений, происходящих в пределах водосборного бассейна р. Селенги, привлекались картографические материалы, составленные автором на основании анализа данных прибора AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) и подробно описанные в [6].

Полученные результаты

Весь исследуемый период поделен на 3 отдельных периода: с 1948 по 1969 г., с 1970 по 1991 г. и с 1992 по 2013 г., так чтобы каждый из них включал 22-летний цикл солнечной активности и их сопоставление было более репрезентативным. Для каждого из указанных периодов по данным реанализа NCEP/NCAR был проанализирован ход средних по бассейну р. Селенги сумм осадков за месяц (рис. 1, а). По рис. 1, а видно, что наиболее значимые изменения, выражающиеся в снижении среднемноголетних сумм осадков за месяц, наблюдается в июле, августе и сентябре.

Среднемноголетняя сумма осадков за год, усредненная по водосбору р. Селенги, по данным NCEP/NCAR составила 376, 362 и 334 мм за периоды с 1948 по 1969 г., с 1970 по 1991 г. и с 1992 по 2013 г. соответственно. Что свидетельствуют об уменьшении средней по водосбору годовой суммы осадков за период с 1992 по 2013 г. на 11 % по сравнению с данной величиной за период с 1948 по 1969 г.

По данным реанализа NCEP/NCAR для каждого из указанных выше периодов был проанализирован ход средней по бассейну р. Селенги приземной температуры воздуха (рис. 1, б). Из рис. 1, б видно, что за период с 1948 по 2013 г. произошёл существенный рост средней температуры во все месяцы года за исключением января. Наиболее выраженный рост температуры пришёлся на февраль, апрель, май и ноябрь, в которые среднее значение температуры по бассейну в период с 1992 по 2013 г. возросло по сравнению с периодом с 1948 по 1969 г. на 1,9, 3,0, 2,0 и 1,9 °C соответственно.

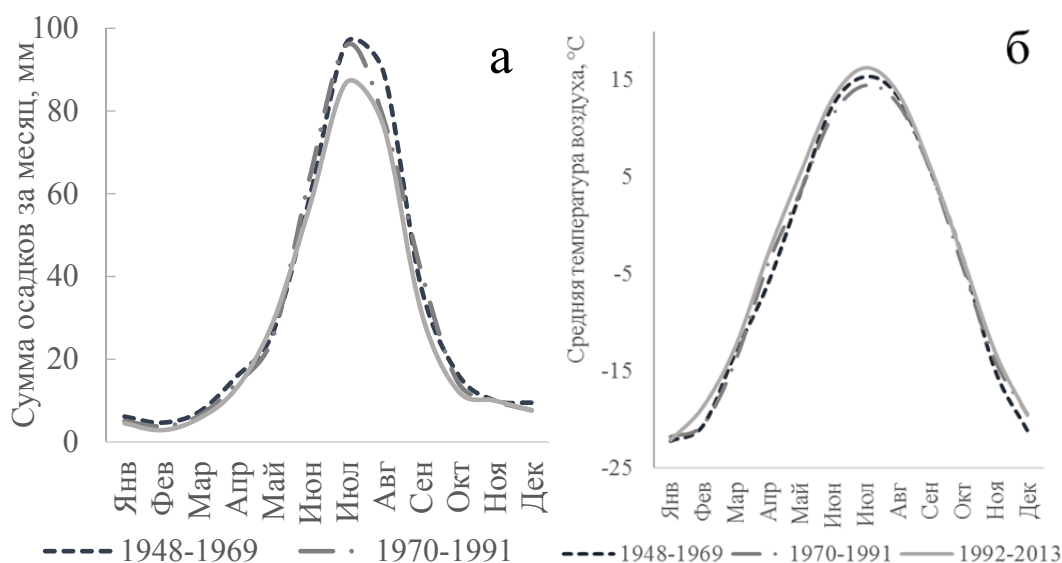


Рис. 1. Внутригодовое распределение среднеемесечных сумм осадков (а) и температуры воздуха (б) за периоды с 1948 по 1969 г., с 1970 по 1991 г. и с 1992 по 2013 г.

Средняя приземная температура воздуха по данным NCEP/NCAR для водосбора р. составила -4,2, -4,3 и -3,1 °С для периодов с 1948 по 1969 г., с 1970 по 1991 г. и с 1992 по 2013 г. соответственно. Увеличение среднемноголетней приземной температуры в период с 1992 по 2013 гг. по сравнению с периодом с 1948 по 1969 г. в среднем по бассейну р. Селенги составило 1,1 °С.

Известно, что вместе с ростом температуры должно происходить и увеличение зависящей от неё величины испаряемости, т. е. потенциально возможного, не лимитируемого запасами воды испарения в данной местности. Таким образом, происходит сокращение приходной и увеличение расходной части водного баланса изучаемого водосбора.

В ходе проведённого ранее исследования состояния подстилающей поверхности водосбора р. Селенги по данным AVHRR [6] было выявлено наличие интенсивной трансформации ландшафтов, проявляющейся за период только с 1999 по 2012 г. в значительном сокращении площади, занимаемой густыми лесами на 17 % и увеличении площади степей на 21 %. Сохранение выявленных темпов деградации ландшафтов неизбежно приведёт к существенному сокращению гидрографической сети и изменению водного режима сначала малых рек, а затем к изменению водного режима самой р. Селенги.

Для анализа изменений параметров водного режима р. Селенги вслед за изменением климатических и бассейновых факторов массив данных об осадках и расходах был также поделен на 3 периода: с 1948 по 1969 г., с 1970 по 1991 г. и с 1992 по 2013 г. Далее для каждого, из указанных периодов были построены кривые зависимости расходов от осадков со сдвигом 1 месяц с учётом среднего времени добегающего по скользящим средним значениям данных величин за 5 месяцев, что обусловлено генетическими особенностями формирования стока и регулирующим и аккумулирующим влиянием речного бассейна, особенно в холодное время года (рис. 2). Данные графики демонстрируют (см. рис. 2) последовательное снижение величин расходов при одинаковых величинах осадков сначала за период с 1970 по 1991 г. по сравнению с предшествующему периодом с 1948 по 1969 г., потом за период с 1992 по 2013 г. по отношению к предыдущему периоду с 1970 по 1991 г. Причём гораздо более выраженные изменения произошли именно за последний период. Кроме того, в более поздние периоды наблюдается всё большее отклонение графиков зависимостей от прямой линии.

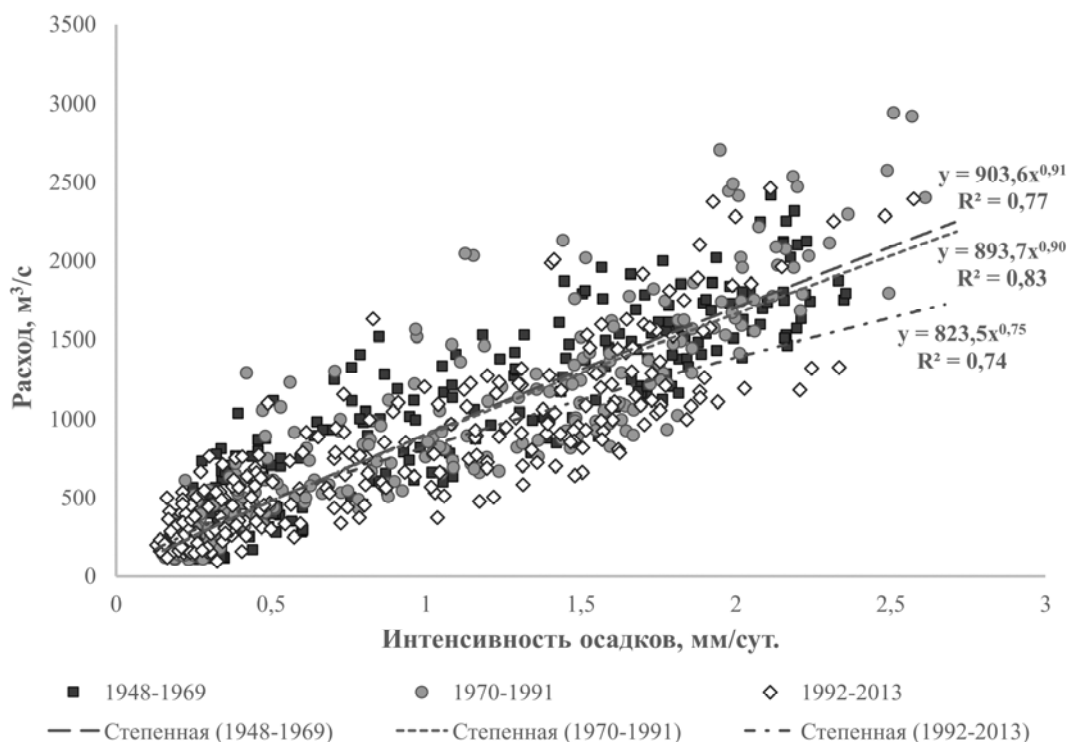


Рис. 2. Графики зависимости скользящих средних за 5 мес. значений расходов р. Селенги в створе разъезд Мостовой и осадков, осредненных по всем узлам в пределах водосбора р. Селенги с учётом времени добегающего

Также в более ранний период с 1948 по 1969 г. кучность точек несколько выше, чем в последующие периоды. Большая кучность точек в данном контексте говорит о меньшем диапазоне возможных расходов при одной и той же величине осадков и может соотноситься с большей регулирующей способностью бассейна в период с 1948 по 1969 г. и постепенное снижение этой способности в более поздние периоды с связи с характерным для негативных изменений подстилающей поверхности увеличением склоновой составляющей стока.

В целом полученные зависимости и характер распределения точек показывают, что произошло понижение расходов при одних и тех же значениях, что вполне соотносится с увеличением расходных статей водного баланса, происходящем как вследствие увеличения температуры, так и деградации ландшафтов, и нерациональном ведении лесного и сельского хозяйства. Для исследования данных проявлений помимо оценки изменения характера связи расходов с осадками в работе также анализировалось преобразование внутригодичного изменения стока указанных водотоков в указанные периоды.

В практике гидрологических расчетов внутригодичное распределение стока обычно оценивается для лет с водностью наиболее близкой к характерной. Поэтому в рамках данной работы было определено внутригодичное распределение методом реального года для многоводных (обеспеченностью 10 и 25 %), средневодных (50 %) и маловодных (75 и 90 %) лет.

Ниже на рис. 3 приведено внутригодичное распределение стока в многоводные, средневодные и маловодные годы в створе разъезд Мостовой на р. Селенге за периоды с 1948 по 1969 г. (см. рис. 3, а), с 1970 по 1991 г. (см. рис. 3, б) и с 1992 по 2013 г. (см. рис. 3, в), оцененное в ходе исследования. На данных столбчатых диаграммах явно прослеживается последовательное снижение регулирующей способности бассейна за указанные периоды времени. При этом видно, что за период с 1948 по 1969 г. при любой водности сток с мая по сентябрь имеет близкие значения в долях от стока за год. В последующий периоды лет начинает более выражено проявляться повышение стока в годы особенно в годы с высокой и средней водностью. Наиболее всего проявляется снижение регулирующей функции бассейна в период с 1992 по 2013 г. в годы с высокой водностью (обеспеченностью 10 %).

На диаграммах (рис. 4), отображающих внутригодичное распределение осадков в годы с водностью близкой к заданной, видно, что существенных различий в распределении осадков во все указанные периоды не наблюдается, а в период с 1992 по 2013 г. пики даже менее выражены. Таким образом, значительное изменение во внутригодичном распределении стока р. Селенги не связано с внутригодовым распределением осадков, которое не претерпело каких-либо существенных перемен.

Возможное объяснение трансформации внутригодичного распределения стока может заключаться в увеличении склонового стока под влиянием деградации ландшафтов, которое может негативно сказываться как на величине годового стока, так и на его внутригодичном распределении и уменьшение регулирующей роли водосборного бассейна.

При такой значительной величине водосборного бассейна, как у р. Селенги, в условиях, приближенных к естественным должна в значительной степени проявляться его роль как регулятора стока, так как в пределах такого большого водосбора количество и режим поступления на его поверхность талых и дождевых вод становится значительно разнообразнее. Кроме того, с увеличением размеров бассейна возрастает длина путей движения воды по русловой сети и время добегания воды через толщу почв и горных пород, возрастают глубина вреза речного русла и относительный объем подземного стока в общей его величине. В некоторой степени водосборный бассейн таких размеров может осуществлять не только внутригодичное, но и многолетнее регулирование речного стока. В многоводные годы в большей степени пополняются запасы почвенных и грунтовых вод, часть которых переходит на следующий год.

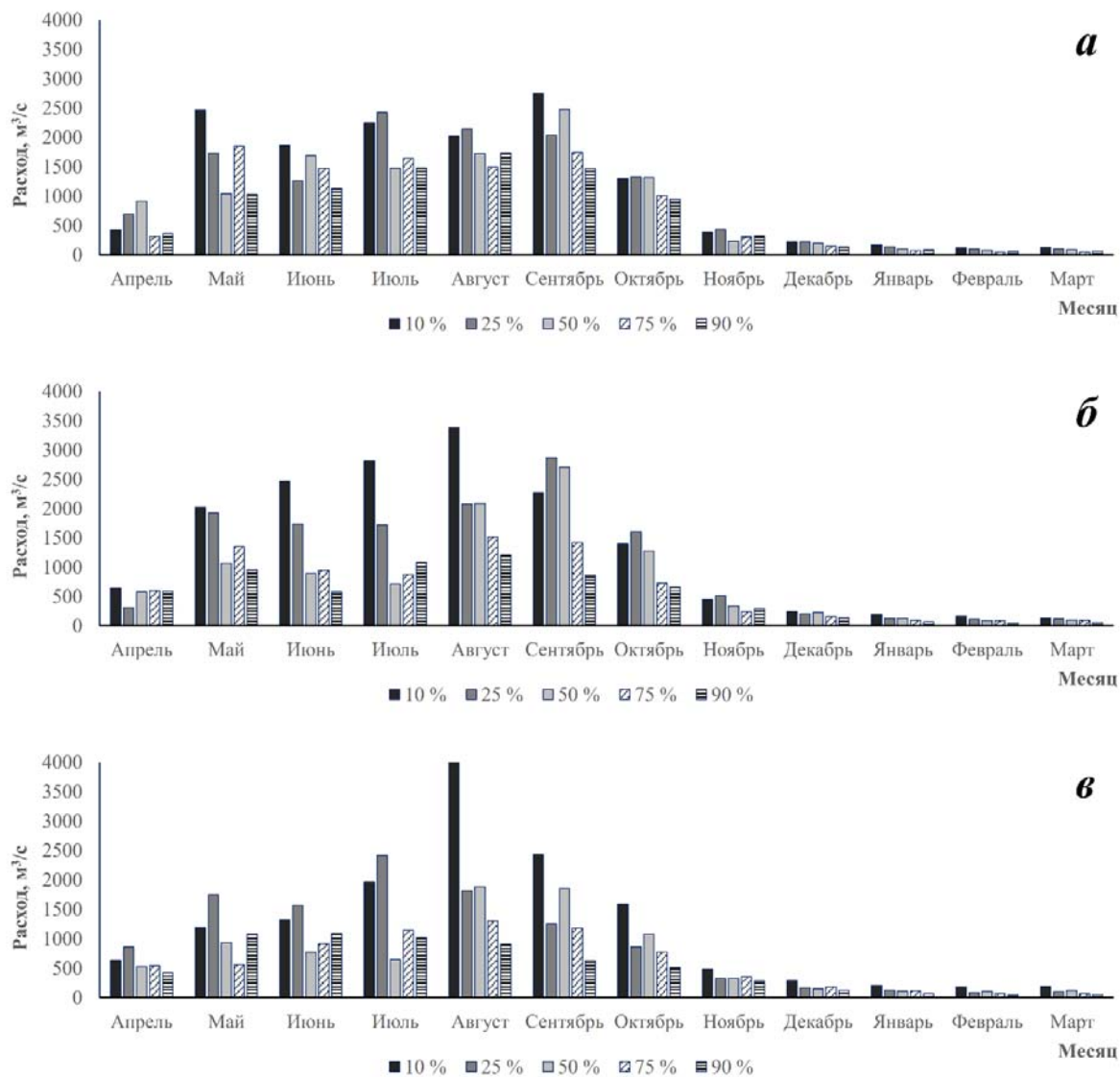


Рис. 3. Внутригодовое распределение стока р. Селенги в створе разъезд Мостовой в годы с различной водностью за периоды с 1948 по 1969 г. (а), с 1970 по 1991 г. (б) и с 1992 по 2013 г. (в)

Исследования влияния типа подстилающей поверхности в пределах водосбора на сток [2] показали, что в лесу в целом водопроницаемость почвы выше, чем в поле. Этому способствует как мощная корневая система деревьев и подлеска, так и лесная подстилка. Значительная роль принадлежит также богатым гумусом, рыхлым верхним слоям почвы в лесах. Лесная подстилка обладает большой влагоемкостью и предохраняет почвенные поры от заиливания. Склоновый сток как снеговых, так и дождевых вод в лесу крайне мал. Это является следствием хорошей инфильтрационной способности лесных почв. Просачиванию воды в почву весной способствуют к тому же относительно меньшие интенсивность снеготаяния весной, и глубина промерзания почвы зимой по сравнению с полем. Часто дожди, вызывающие хорошо выраженные паводки в речных бассейнах, лишенных леса, в лесу не образуют паводочного стока. В лесу питание грунтовых вод более обильное, чем в поле. При дренировании подземных вод речной сетью это приводит к увеличению грунтового стока в реки и повышению меженного стока. В этом большое водоохранное и регулирующее значение леса.

Рубки леса, выпас скота нарушают лесную подстилку, ухудшают инфильтрационную способность почв и видоизменяют водный баланс. Степень этого влияния различная. После механизированных рубок с применением трелевочных тракторов водоохранное значение лесов даже после возобновления древостоев надолго ослабляется вследствие ухудшения водорегулирующей способности лесных почв [2].

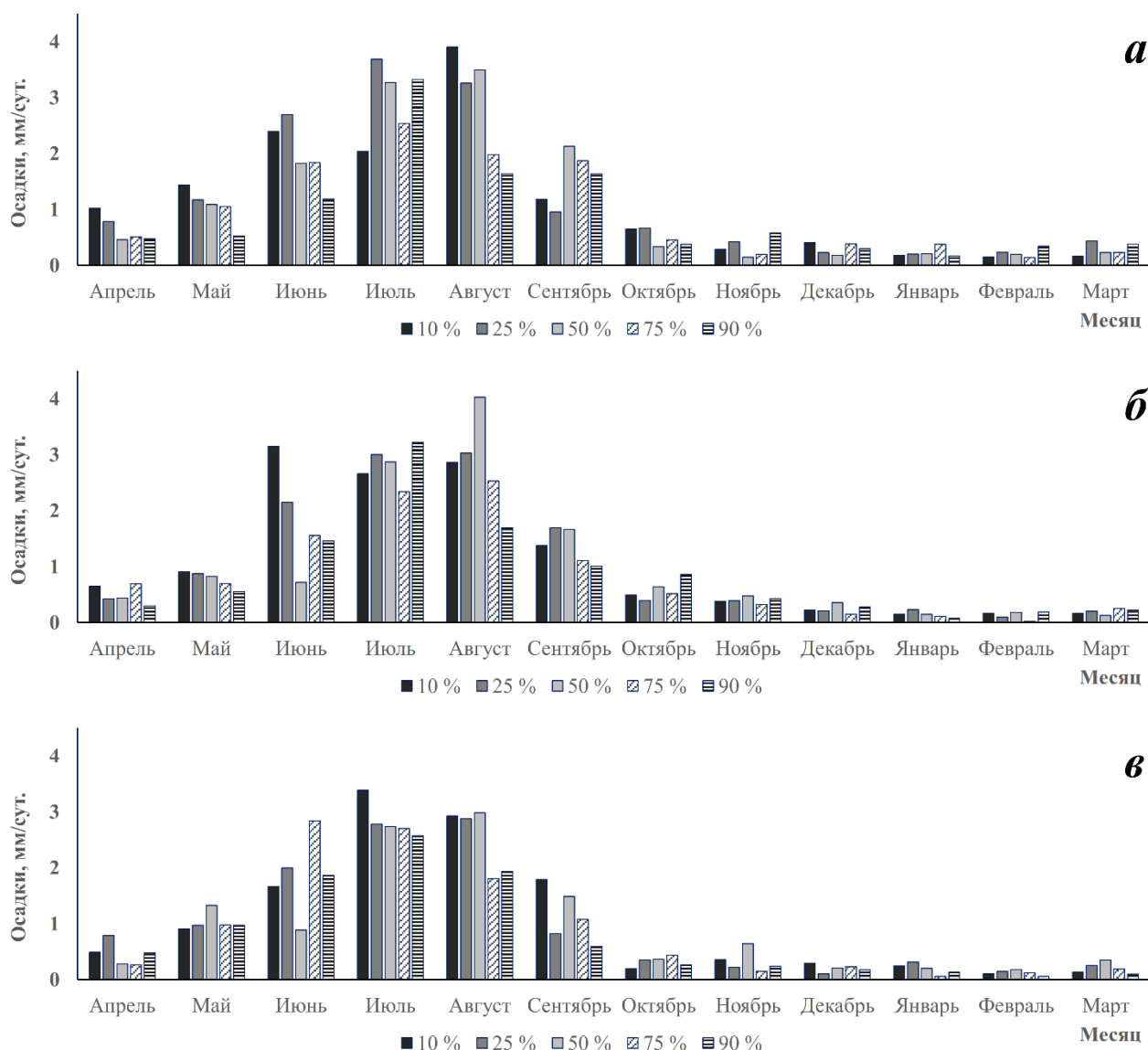


Рис. 4. Внутригодовое распределение средних на территории водосборного бассейна осадков в годы с различной водностью за периоды с 1948 по 1969 г. (а), с 1970 по 1991 г. (б) и с 1992 по 2013 г. (в)

Таким образом, в результате дефорестации и остепения ландшафтов происходит увеличение максимальных расходов половодья и паводков на р. Селенге при уменьшении их продолжительности. В связи с этим увеличивается опасность катастрофических наводнений, эрозии и смыва почвы. Сток при этом в целом уменьшается, но становятся более выраженными пики экстремальных расходов, а распределение в году становится менее выровненным за счет уменьшения роли подземных вод и их поступления, и в целом снижения регулирующей роли бассейна, что и наблюдается при сопоставлении внутригодового распределения стока р. Селенги в различные периоды.

Выводы

В ходе проведенного исследования выявлены существенные изменения климатических и бассейновых факторов, приведшие к существенной трансформации внутригодового распределения стока р. Селенги и изменению характера зависимости её расхода от осадков. Сочетание изменения климатических характеристик с нерациональной хозяйственной деятельностью уже привели к негативным преобразованиям параметров стока р. Селенги за период с 1948 по 2013 гг.

На фоне уже имеющих негативных изменений стока р. Селенги планируемые мероприятия, включающие создание ряда плотин и водохранилищ на р. Селенге и её притоках,

Эгийн-гол, Орхон и т. д., в том числе для переброски стока из указанной водной системы в пустыню Гоби, могут стать причиной дальнейшего усугубления сложившейся ситуации как на указанных водотоках, так и на оз. Байкал, и должны быть всесторонне изучены на предмет негативного влияния на гидрологический режим данных водных объектов до начала их реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулгонов В. Г., Рыбальский Н. Г. Влияние отраслей народного хозяйства Республики Бурятия на состояние окружающей природной среды. М., 1996. 220 с.
2. Комлев А. М. Закономерности формирования и методы расчетов речного. Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 2002. 157 с.
3. Копысов С. Г. Ландшафтная гидрология геосистем лесного пояса Центрального Алтая : автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23. Томск, 2005. 18 с.
4. Лехатинов А. М. Экогеологическая обстановка и основные особенности изучения ее состояния в бассейне озера Байкал // Байкал – мировой наследие. М. : Изд. Совета Федерации по природным ресурсам и охране окружающей среды. С. 50–55.
5. Семенов В. А. Ресурсы пресной воды и актуальные задачи гидрологии // Сорос. образоват. журн. 1996. № 10. С. 63–69.
6. Сутырина Е. Н. Изучение негативных изменений подстилающей поверхности в пределах водосбора озера Байкал // Междунар. науч.-исслед. журн. 2014. № 1–3 (20). С. 92–94.

УДК 504.4:556

Полициклические ароматические углеводороды как индикаторы эколого-гидрологических процессов

А. П. Хаустов (khaustov_ap@pfur.ru)

Российский университет дружбы народов, г. Москва

Аннотация. Обоснована роль полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) для идентификации состояния водных бассейнов. Предлагается использование данных о ПАУ для контроля состояния водных объектов в рамках системы мониторинга. Рассмотрены примеры использования в качестве индикаторов взаимодействия процессов *вода – лед, вода –донные отложения*, стратификации водных масс в условиях маргинального фильтра.

Ключевые слова: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), индикаторные соотношения, мониторинг, водосборный бассейн, эколого-гидрологические исследования

Введение

Один из наиболее распространенных видов загрязнений водосборных бассейнов – углеводородное, представленное соединениями с широким спектром химических, физических, токсических свойств. В качестве индикаторов состояния бассейна предложены ПАУ: они приоритетны для контроля в связи с высокой токсичностью, канцерогенными и мутагенными эффектами, а также стойкостью в окружающей среде. Важнейшие свойства ПАУ – их специфическое поведение на геохимических барьерах (*избирательность к сорбции* на твердых частицах, коллоидах, в биомассе в зависимости от строения молекул ПАУ, солености, температуры), избирательное проникновение сквозь геохимические границы и аккумуляция в средах, в том числе тканях живых организмов [6].

Соотношения концентраций ПАУ в природных и техногенных объектах позволяют выявить их источник, оценить время формирования загрязнения и этап его деградации [8]. Для индикации используют либо соотношения стабильных изомеров ПАУ с химически активными («кинетическими»), либо «легких» ПАУ с тяжелыми, либо исходных с замещенными (гомологами). Стратегия индикации построена на анализе поведения ПАУ в компонентах водных экосистем. Концентрации различных полиаренов в средах во многом обусловлены их строением и структурами атомно-молекулярных связей (АМС).

Поступление ПАУ в водные объекты возможно за счет естественных источников (например, процессы разложения растительности) и антропогенных (сжигание органики, загрязнение сред нефтепродуктами и др.). Пути миграции и трансформации ПАУ определяются как их свойствами, так и характеристиками «принимающих» сред.

ПАУ в воде. Для ПАУ характерна весьма низкая растворимость в воде, уменьшающаяся с ростом веса молекулы. Растворимость ПАУ коррелирует с температурой. Под влиянием гипергенеза происходит мобилизация (механическая, химическая и органогенная) веществ в твердом, жидком и газообразном состояниях на всех стадиях круговорота воды. Важнейший источник ПАУ в водоеме – атмосферный перенос на твердых частицах (до сотен и тысяч км).

ПАУ на органических и минеральных взвесях, на твердой или коллоидной фазах – довольно частая форма присутствия их в водной среде. Общая тенденция для ПАУ, сорбированных на взвесях, – *увеличение их доли с ростом молекулярного веса* по сравнению с более легкими ПАУ, растворяющимися в воде. Подавляющая часть ПАУ аккумулируется на взвесях и затем способны переходить в донные отложения [7; 9]. Аккумуляция лимитируется низкими температурами и малым количеством взвесей с органической компонентой. Вариации температур создают различные потоки веществ (взвесей) в пространстве и времени. Так происходит нарушение динамического равновесия концентраций ПАУ в системе *вода – донные отложения* за счет возникновения автоволновых процессов извне.

По данным разных источников [7; 9; и др.] в поверхностных водах концентрации ПАУ составляют от пкг/дм^3 до 11 мкг/дм^3 (фоновые районы), а при загрязнении – до $n \cdot 10 \text{ мкг/дм}^3$. Большое значение имеют процессы выведения ПАУ из растворов с последующим осаждением на дно водоемов и водотоков. Однако растворимость ПАУ в воде низка, поэтому процессы гидролиза и кристаллического высаливания вряд ли лидируют. При высокой минерализации сточных вод, например, сбросе рассолов с высоким содержанием нефтепродуктов, возможен перевод отдельных углеводородных соединений (включая ПАУ) в дисперсную форму с последующим соосаждением на дно. С учетом сорбции ПАУ наличие взвесей в сточных водах способствует механизмам естественной флокуляции (выведения ПАУ из растворов). Поэтому их высокие концентрации в водной среде, в том числе в водных вытяжках из донных отложений, маловероятны.

Отметим, что разработка нормативов содержания ПАУ в воде водных объектов, почвах и грунтах – сложнейшая и актуальнейшая проблема. В России нормативы установлены лишь для бенз(а)пирена и нафталина; за рубежом нормируются либо суммы ПАУ, либо 4–6 признанных наиболее опасными веществ, но практически везде введены нормативы концентрации в средах бенз(а)пирена. При этом подходы к нормированию и сами величины допустимых концентраций различаются в странах мира.

В предлагаемой системе мониторинга идентифицируются вещества, репрезентативные для эволюционных путей развития гидрохимических систем, и главное, интерпретируются процессы, определяющие путь развития. Именно ПАУ, в силу своих структурных особенностей, наиболее репрезентативно отражают суть кинетики процессов миграции как естественных, так и техногенных потоков веществ.

На этой основе разрабатываются целевые сценарии (модели) поведения ПАУ в системе *атмосферные осадки – почвы – подземные воды – речной сток – донные отложения*. Это позволяет оценить важнейшие процессы и решать практические водохозяйственные задачи:

- 1) ближний и дальний привнос техногенных форм загрязнений на водосборный бассейн и их идентификация;
- 2) взаимодействие водных масс с донными отложениями, льдом, гидробиотой;
- 3) стратификация и взаимодействие водных масс;
- 4) роль почвенного стока и почв как биофильтра;
- 5) самоочищение водоемов и оценка ассимиляционного потенциала водосборов;
- 6) оценка и мониторинг водосборов в экстремальных техногенных ситуациях;
- 7) идентификация генезиса загрязнения, экономические оценки, поиск виновника загрязнения, отложенные экологические ущербы.

Для уточнения моделей миграции и накопления ПАУ в условиях водных объектов была проанализирована информация о концентрациях ПАУ на геохимических барьерах (ГХБ). Определение коэффициентов концентрации ПАУ в граничащих средах (компонентах водных объектов) в значительной степени проясняет картину поведения ПАУ и позволяет оценить перспективы самоочищения водных объектов.

Методика исследований обусловлена способностью нефти и нефтепродуктов (НП) к естественному разложению в различных фазовых состояниях речной и океанической систем.

Традиционные представители ПАУ в воде – нафталин (Naph), флуорантен (Flu), фенантрен (Phen), пирен (Py) и антрацен (An). Они более растворимы в воде, чем более тяжелые ПАУ: хризен (Chr), бенз(а)антрацен (BaA), бенз(g,h,i)перилен (BgHi) с изомерами, бенз(а)пирен (BaP), перилен (Pl) и др. Следовательно, легкие ПАУ – хороший индикатор многих процессов (например, загрязнения) при росте концентрации суммы ПАУ в водах.

Покажем это на примерах взаимодействия ПАУ на границах раздела сред, находящихся в различных агрегатных состояниях. Именно здесь происходит выборочная максимизация массообмена за счет градиента физико-химических параметров на разделе фаз. Под фазой понимается физически однородная часть (элемент) системы, ограниченная поверхностью раздела, по которой ее хотя бы условно можно отделить от других. Огромный интерес представляет зона взаимодействия речных и морских вод, т. е. границы барьеров *вода – морская вода – донные отложения*. Такое взаимодействие наиболее удачно интерпретируется в рамках понятия «маргинальный фильтр» по акад. А. П. Лисицыну [1].

Объект и материалы исследований. Для расчетов были использованы данные И. А. Немировской [2; 3]. В устье Северной Двины, губе Чупа, в 2006–2008 гг. были проведены специализированные исследования снежного и ледового покровов, а также речных и морских вод. Исходные данные ранжировались по схеме: геохимические барьеры *снег – поверхность льда, нижняя часть пресноводного льда – вода речная, нижняя часть морского льда – вода морская, вода – дно*.

Были рассчитаны *коэффициенты концентрации (КК) или обогащения ПАУ* для выше-названных барьеров и разделов, как соотношение содержаний ПАУ в исходных субстанциях и в образующихся при фазовых переходах. Они показывают, во сколько раз концентрации в одной фазе больше концентраций в другой, контактирующей с исходной. По аналогии с биотическими процессами миграции химических элементов будем считать, что при $КК \geq 1$ происходит накопление вещества.

Аквальная система маргинального фильтра: зона реки. Условия миграции ПАУ в пределах реки (ст. 3а) представлены следующим барьером: границы-разделы *снег – лед, вода – лед, вода – дно*; границы-барьеры *лед (нижняя кромка) – лед (верхняя кромка), вода (глубины 0–5 м) – вода (глубины 5–14 м)* (рис. 1).

Максимальное содержание суммы ПАУ зафиксировано в донных отложениях (47 800 нг/кг), минимальное – в речных водах – до 0,015 нг/дм³. Интенсивность потоков (судя по коэффициентам накопления) образовала следующую последовательность (*по Σ ПАУ*): *вода – дно > лед низ – лед верх > снег – лед верх > вода (5 м) – лед низ > вода (14 м) – вода (5 м)*. В условиях турбулентности потока речных вод такая модель интенсивности потоков ПАУ вполне оправдана. Низкие значения суммы ПАУ в потоке обусловлены, во-первых, его изоляцией от внешних загрязнителей снеговым и ледовым покровами; во-вторых – преимущественным питанием подземных вод, защищенных от аэрогенного загрязнения.

Более высокие концентрации ПАУ в снеге (0,098 нг/дм³) и в верхней кромке льда (Σ ПАУ 0,116 нг/дм³) обусловлены привносом ПАУ с аэрозолями.

Разница Σ ПАУ верхней кромки льда по сравнению с нижней довольно существенна, что может быть объяснено временем льдообразования. Верхняя кромка льда сформирована в начале ноября из относительно загрязненных вод поверхностного генезиса. Подтверждение этому – химический состав ПАУ с преобладанием Py, что свидетельствует о пирогенном характере и терригенных источниках. В то же время характеристики нижней кромки льда указывают на тесную генетическую близость состава ПАУ и их концентраций к химическому составу вод реки (Σ ПАУ = 0,023 нг/дм³).

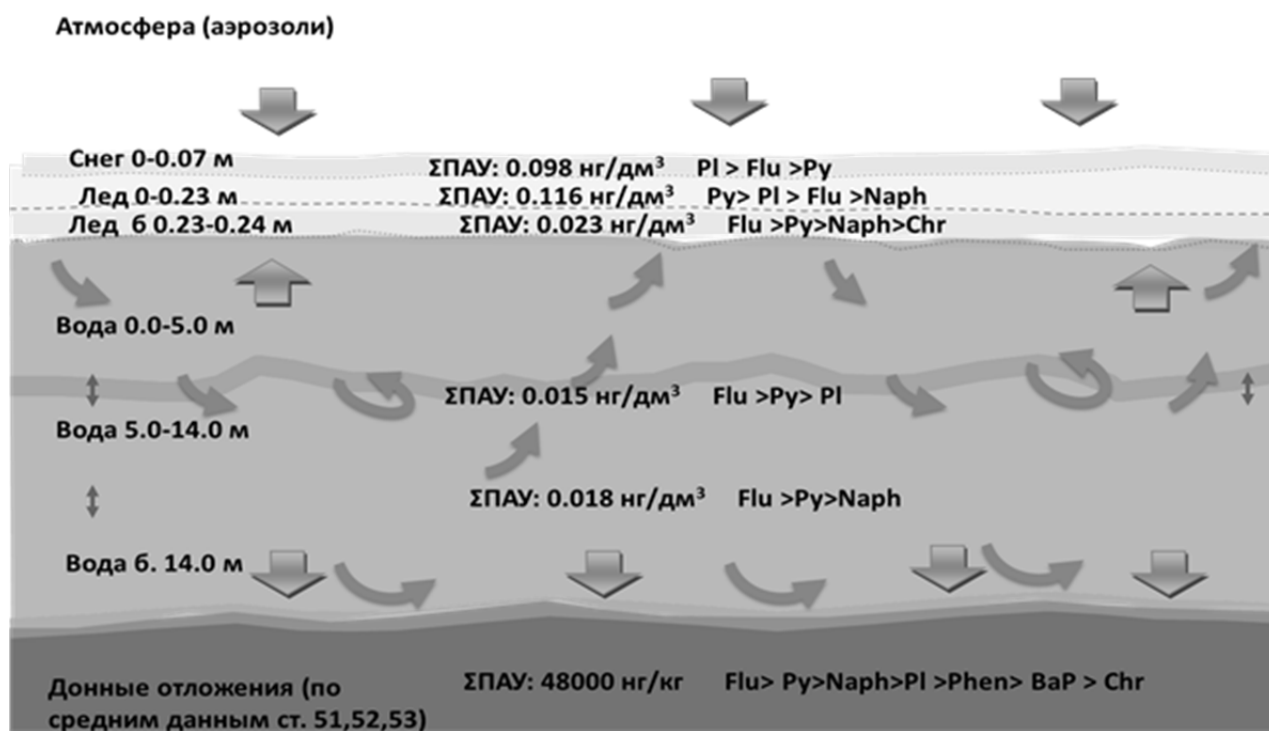


Рис. 1. Структура потоков миграции ПАУ на геохимических барьерах в условиях реки

Миграция ПАУ на *границах-разделах* носит более избирательный характер. Так, при доминировании в снеге PI, Flu, Py в верхнюю кромку льда перешли и кинетические арены (Flu, An), и нафталин, по своему поведению близкий к ним, и термодинамические (Phen, Py). На границе раздела «вода – лед» активные мигранты кинетического характера (природы) проявились более контрастно в виде следующей цепочки (по интенсивности): An > Naph > BaP > Chr > Phen > Flu.

Такие существенные различия на границах разделах криогенной формации нельзя объяснить только АМС. Скорее всего, это связано с фазовыми переходами субстанций на ГХБ с четкими границами, где происходит перестройка ассоциаций ПАУ.

Миграция столь мощной ассоциации ПАУ в условиях реки от нижней кромки льда к верхней в *направлении отрицательного градиента* концентраций может быть обусловлена пульсационным характером взаимодействия на барьере *вода – лед*. Энергетика таких взаимодействий создает консервативные эффекты. С позиций синергетики при определенных условиях в пределах нижней кромки льда формируются регулярные динамические структуры колебательных генераций – *аттракторы*. В условиях монолитного ледяного покрова такие центры дают «толчок» миграции выборочных ПАУ, переводя их из растворенных форм в газовую фазу. При этом создаются специфичные ассоциации ПАУ для разных фаз УВ и воды [4].

Таким образом, гетерогенная система *вода – пар – лед* формирует свои ассоциации ПАУ, которые приобретают свойства мобильности, а УВ-поле имеет различные генетические источники с переменной интенсивностью потоков веществ. Поэтому даже в таком, казалось бы, монолитном и трудно проницаемом барьере, как ледяной покров, создаются своеобразные УВ-поля с вертикальной и горизонтальной дисперсией ПАУ стохастической природы. В пределах взаимодействия активных диссипаторов (в нашем случае это вода) и пассивных сред-мишеней (льда, донные отложения, другие субстанции, контактирующие с водой), трудно ожидать относительно однородных полей с выдержанными концентрациями.

На основе использования ПАУ в качестве индикаторов, можно сделать важный вывод: ледяной покров в период ледостава на реках за счет пульсации потоков и взаимодействия с уже сформировавшимся льдом формирует *собственную ассоциацию мигрантов*, отличную

от доминирующей в водной среде. По нашему мнению, кристаллические структуры льда формируют более благоприятные условия для проникновения 2–4 кольцевых ПАУ, чем для тяжелых.

Ледяной покров с позиций синергетики представляет собой метаморфозу активной среды, способной к пространственно-временной самоорганизации, которая в процессе гомофазной эволюции может принимать нечеткие формы границ за счет неравновесности взаимодействующих процессов. Последнее свойство выражено в переходе от пространственных границ к временным ограничениям потоков вещества и энергии [4–6]. Поэтому геохимические барьеры отчетливо идентифицируются сменой доминантов изомеров ПАУ не только при фазовых переходах на границах-разделах, но и на границах-барьерах. Данный тезис наглядно отражен на рис. 1 и хорошо иллюстрирует, что миграционные ряды на ГХБ в пределах участка реки для экстремальных условий могут быть представлены как низко-, так и высококонденсированными ПАУ. В системе *снег – лед* это Naph, Phen, Py, Flu; в системе *вода – лед* – An, Naph, BaP, Chr и др.

При взаимодействии в системе превращения аэрозолей в криозоли в пределах влияния источника загрязнения (ст. 3а в районе г. Архангельска) получен следующий ряд КК: Naph (5,57) > Phen (3,00) > Py (2,83) > Flu (1,57). С точки зрения взаимодействия снежной и ледяной фаз полученные значения указывают на относительную «свежесть» и меньшую нагрузку загрязнения (Σ ПАУ всего 98. 1 нг/дм³ – почти в два раза ниже, чем в снеге на ст. 2а). По индивидуальным показателям такой ряд свидетельствует о возможности перехода в лед из снега всего комплекса техногенных ПАУ за исключением P1 (он идентифицируется как природный ПАУ). Максимальные содержания в снеге зафиксированы для P1 (58,4 нг/дм³), затем следуют Flu (15,3), Py (13,2) и Chr (8,09). Парадоксально, но для данной станции зафиксировано отсутствие в снеге BaP и бензперилена – типичных продуктов сгорания УВ. Максимальные содержания P1 могут свидетельствовать о превалировании природных процессов атмосферного загрязнения.

В пределах водной толщи, учитывая незначительную разницу суммы ПАУ и их однородный состав, можно уверенно утверждать об *отсутствии стратификации водных масс в условиях реки*. Незначительная дифференциация и направленность потоков ПАУ носит условный характер и объяснима точностью методики определения их индивидуальных концентраций.

По сумме осредненных ПАУ для различных участков (47,8 мкг/кг) кардинально отличаются от других фазовых сред участка реки донные отложения, выступающие «*депонирующей средой*». Согласно существующим нормативам такие концентрации соответствуют *очень опасному уровню загрязнения*, а расчеты маркерных соотношений указывают на его смешанную природу (нефтяной, и пирогенный характер).

В рядах миграции на барьере *вода – донные отложения* лидерство прочно удерживают Phen, Py и Naph, что указывает на идентичность состава придонных вод и активный водообмен между этими компонентами аквальной системы реки. Два последних ПАУ обязаны техногенному поступлению продуктов выбросов судов и сгорания топлива. В целом для данного барьера можно говорить о типоморфности и парагенезисе ПАУ.

Аквальная система маргинального фильтра: гравитационная физико-химическая зона взаимодействия морских и речных вод. В маргинальном фильтре роль этой зоны в преобразовании потоков вещества в количественном и качественном ракурсах является *генеральной*. Следуя [1], существование этой зоны обязано процессам взаимодействия пресных и солоноватых вод, особенно в начале зоны (при солёности 1–5 ‰). Здесь концентрация взвесей выше, чем в конечных областях смешения речных и морских вод с интенсивным развитием процессов коагуляции и флокуляции, что способствует активному переходу растворенного органического вещества (РОВ) из раствора во взвесь.

Для ст. 11, находящейся на одной из устьевых протоков Сев. Двины, все КК для нижней и верхней кромок льда были ниже 1, что косвенно свидетельствует о принципиально иной природе его формирования (рис. 2).

Лед здесь сформирован речными водами в условиях подпора с резким замедлением скоростей течения реки и, следовательно, увеличением времени взаимодействия свежих порций вод с ледовой фазой. Лед, судя по составу ПАУ, подвержен интенсивному загрязнению преимущественно пирогенной природы. По величинам КК можно представить следующий ряд интенсивности миграции с системе «нижняя → верхняя кромки льда»: BaP (1,43) > Naph (0,84) > An (0,73) > Phen (0,67) > Flu (0,57) > Py (0,51) > Pl (0,50) > Chr (0,02). Данный ряд наглядно отражает приведенные выше доводы. В частности, относительно хорошо растворимые в воде Naph, Py, Pl и Flu извлекаются из растворенных форм взвешенными частицами с дальнейшим погружением на дно и становятся мало доступными для участия в криообразованиях.

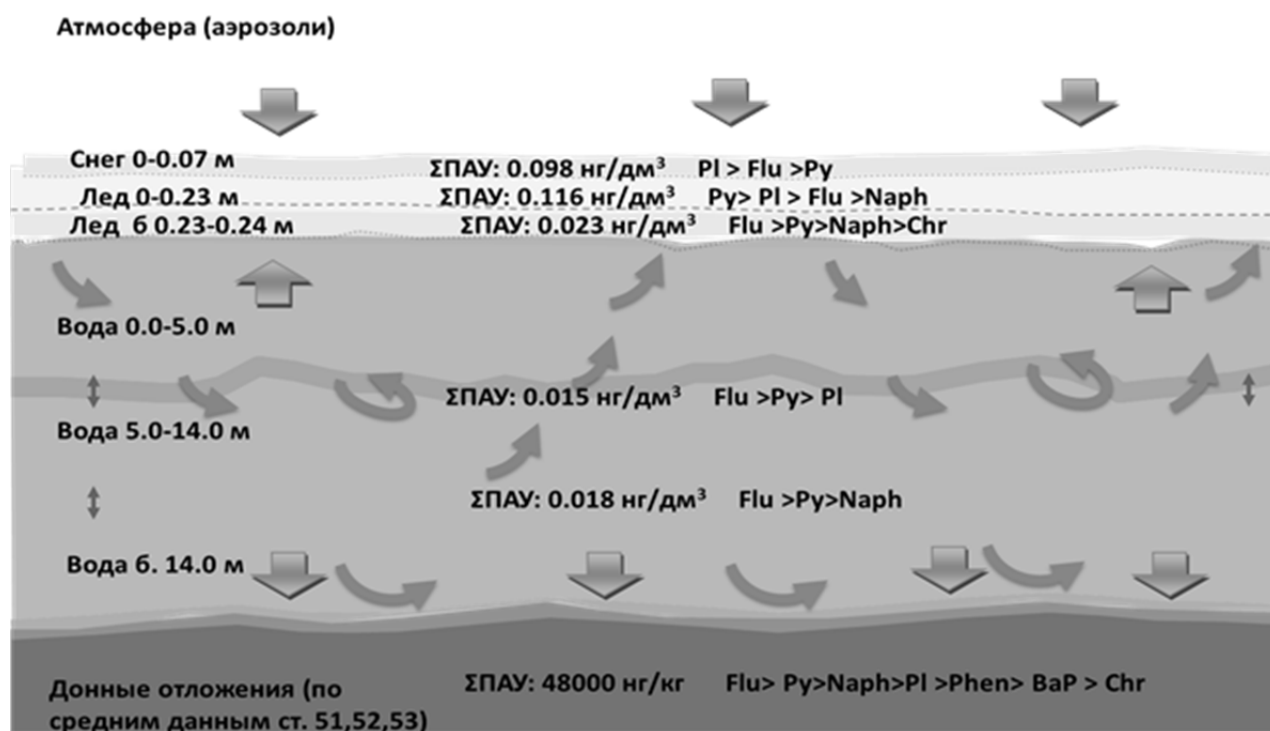


Рис. 2. Схематизация взаимодействия ПАУ на ГХБ, ст. 11, гравитационная и физико-химическая зоны маргинального фильтра

К пассивным аренам в условиях их миграции «нижняя → верхняя кромка льда» уверенно относится Chr для всех разновидностей гидрологических условий полигона в формирования ледяного покрова.

Более устойчивые и разнообразные потоки ПАУ выявляются в системе вода – дно. Одновременно с ростом ΣПАУ в донных отложениях до 180 мкг/кг значительно расширяется их состав. Этому способствует увеличение времени контакта между средами вследствие подпора, изменения химического состава переходной зоны за счет смешивания речных и морских вод, а главное – за счет снижения скоростей течения. Именно взвеси формируют поток ПАУ, оседающий на дно и образующий верхний слой отложений, насыщенный влагой. Отметим, что комплекс ПАУ в этом потоке значительно отличается от их состава в воде. Это доказывает, что происходит *соосаждение ПАУ преимущественно с участием взвесей, а сам процесс является доминирующим в преобразовании исходного состава ПАУ в воде.*

Резюмируя, по стадиям в зонах гравитации и физико-химического взаимодействия маргинального фильтра, можно отметить следующие закономерности.

- Потоки ПАУ по составу существенно различаются на геохимических границах-разделах и границах барьерах.
- В пределах барьера снег – лед активны потоки преимущественно техногенных ПАУ, за счет аэрозолей с преобладанием Flu, Py и Naph.

- В нижней части льда при взаимодействии с водой происходит увеличение ΣПАУ за счет более длительного времени контакта и стабильного льдообразования, что приводит к накоплению Chr.

- Между нижней и верхней кромками для ст. 11 выявлен лишь один активный мигрант – ВаР, что свидетельствует о его высоких потенциальных способностях избирательно мигрировать внутри границ-барьеров.

- При данной геохимической обстановке поток ПАУ с водной поверхности в лед формирует специфические ассоциации полиаренов с представителем практически всех ПАУ. Однако не все они «усваиваются» льдом. Возможно, часть их поглощается биотой на границе барьера.

- Вода между льдом и дном формирует свой характерный состав ПАУ с преобладанием Flu, Phen, Py, и An. Такое сочетание полиаренов указывает на возможное формирование *нестратифицированных толиц воды* с присутствием природных и техногенных ПАУ.

- Поток ПАУ в донные отложения существенно отличается от их комбинации в растворенной форме, что свидетельствует о потенциальной способности фракционирования на взвесах как органогенного, так и механического состава. Доминирующая роль в этом потоке отводится Naph, ВаР, Flu и Chr. Это преимущественно техногенные ПАУ; они активно переводятся при благоприятных гидродинамических и физико-химических обстановках в депонирующую среду с последующим накоплением.

- Именно в гравитационной зоне маргинального фильтра зафиксировано максимальное содержание взвесей с сорбированными на них ПАУ, что позволяет оценивать размеры этой зоны и динамику соосаждения частиц в зависимости от взаимодействия реки с морем в различные фазы гидрологического режима.

Таким образом, формируется следующий ряд интенсивности потоков (по Σ ПАУ):
вода – дно > лед низ – лед верх ≈ вода 0 м – лед низ?? снег – лед верх.

Выводы

На примере взаимодействия элементов приустьевой аквасистемы р. Сев. Двина показана высокая репрезентативность ПАУ при исследовании многих гидрологических и гидроэкологических процессов. Во многих случаях применение ПАУ позволяет раскрыть новые пространственно-временные закономерности гидрологической среды как основы происходящих в ней процессов.

С современных позиций ГХБ рассматриваются как самоорганизующиеся компоненты ГХС, в которых происходит активизация физико-химических процессов, приводящая к трансформации химических ассоциаций и отдельных химических элементов под действием активных сред (процессов).

В качестве информативных показателей геохимических процессов, происходящих на барьерах и их идентификации (в том числе при изучении загрязнения сред) могут явиться ПАУ. Их роль как маркеров геохимических барьеров различных порядков и генезиса определяется репрезентативностью и поведения в различных средах (естественные, техногенные).

Геохимические барьеры в настоящее время являются активными практическими технологиями по очистке и защите грунтов, подземных и поверхностных вод и в целом геологической среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34, № 5. С. 735–747.
2. Немировская И. А. Углеводороды в океане (*снег – лед – вода – взвесь – донные осадки*). М. : Науч. Мир, 2004. 328 с.
3. Немировская И. А. Нефть в океане. Загрязнение и природные потоки. М. : Науч. мир, 2013. 456 с.
4. Хаустов А. П. Техногенные системы как феномен самоорганизации материи (на примере загрязнения геологической среды углеводородами) // Литосфера. 2014. № 1. С. 105–116.
5. Хаустов А. П. Геохимические барьеры с позиций синергетики (семантический анализ) // Геохимия ландшафтов (к 100-летию А. И. Перельмана) : докл. всерос. науч. конф. Москва, 18-20 окт. 2016 г. М. : Геогр. фак. МГУ, 2016. С. 64–67.

6. Хаустов А. П., Редина М. М. Идентификация геохимических барьеров на основе вариаций содержания полициклических ароматических углеводородов // Геохимия ландшафтов (к 100-летию А. И. Перельмана) : докл. всерос. науч. конф. Москва, 18–20 окт. 2016 г. М. : Геогр. фак. МГУ, 2016. С. 620–622.
7. Чиждова Т. Л., Кудряшова Ю. В., Прокуда Н. А., Тищенко П. Я. Распределение полициклических ароматических углеводородов в воде, взвеси и донных отложениях эстуариев рек залива Петра Великого // Вестн. Дальневост. отд-ния Рос. акад. наук. 2013. №. 6 (172). С. 149–155.
8. Khaustov A. P., Redina M. M. Geochemical Markers Based on Concentration Ratios of PAH in Oils and Oil-Polluted Areas // *Geochemistry International*. 2017. Vol. 55, N 1. P. 98–107.
9. Manoli E., Samara C. Polycyclic aromatic hydrocarbons in natural waters: sources, occurrence and analysis // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 1999. Vol. 18, N 6. P. 417–428.

УДК 550.46(282.247.367)

Эколого-геохимическая характеристика элементного состава речных вод бассейнов Нижнего Дона и Западного Приазовья

В. О. Хорошевская (vv.z2@yandex.ru)

Гидрохимический институт Росгидромета, г. Ростов-на-Дону

Аннотация. С целью изучения эколого-геохимических особенностей элементного состава речных вод в 2013 г. проведены исследования в реках бассейна Нижнего Дона (рр. Дон, Северский Донец, Кундрючья) и р. Миус бассейна Западного Приазовья. Анализ полученных данных позволил выявить сезоны с повышенным и пониженным содержанием суммы определенных элементов, а также группу элементов, характерных для речных вод данного региона.

Ключевые слова: эколого-геохимическая характеристика, элементный состав, гидрологическая фаза, р. Дон, р. Северский Донец, р. Кундрючья, р. Миус.

Введение

С целью изучения эколого-геохимических особенностей элементного состава речных вод в 2013 г. проведены исследования в реках бассейна Нижнего Дона (рр. Дон, Северский Донец, Кундрючья) и р. Миус бассейна Западного Приазовья (табл. 1). Пробы воды отбирали в основные гидрологические фазы (весенний паводок, летняя, осенняя и зимняя межени). Для установления влияния стока р. Северский Донец на р. Дон пробы отбирали на участках, расположенных в 1 км ниже гидроузла г. Константиновск, выше впадения р. Северский Донец и ниже по течению в районе устья [8,9,10,11].

Таблица 1

Географические координаты пунктов отбора проб воды в реках бассейна Нижнего Дона (реки Дон, Северский Донец, Кундрючья) и р. Миус бассейна Западного Приазовья

Расположение пункта и створа отбора проб	Широта	Долгота
р. Дон, г. Константиновск, 1 км ниже гидроузла	47°56'86" с. ш.	41°09'91" в. д.
р. Дон, устье	47°07'56" с. ш.	39°30'35" в. д.
р. Северский Донец, г. Каменск-Шахтинский	48°20'05" с. ш.	40°16'30" в. д.
р. Кундрючья, ст. Верхнекундрюченская	47°45'15" с. ш.	40°53'35" в. д.
р. Миус, д. Андреево-Милентьево	47°30'12" с. ш.	38°81'13" в. д.

В нефилтрованных пробах воды определяли валовое содержание 70 элементов. Анализы выполняли в специализированной аккредитованной лаборатории ВИМС (ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского» г. Москва) масс-спектральным методом (МС) с индуктивно-связанной плазмой и атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой (АЭ) по методикам НСАМ № 480-ХС [5] и ГОСТ 31870–2012 [4]. Погрешность определений соответствует нормам погрешности по ГОСТ 27384–2002 [3]. Для оценки среднегодового содержания элементов рассчитывали

среднее арифметическое значение их концентраций, полученных для каждого пункта наблюдений в течение года (табл. 2).

Таблица 2

Среднегодовое валовое содержание элементов в речных водах бассейна Нижнего Дона
и р. Миус в 2013 г., мг/л

Элемент	р. Дон	р. Дон, устье	р. Север- ский Донец	р. Кун- дрючья	р. Миус	Концентра- ции взве- шенных форм в реч- ных водах по [2], мг/л	Взвешен- ные формы от суммар- ного выно- са, % по [2]
Концентрации элементов ниже концентраций в целом для речных вод							
Кремний	4,35	4,4	4,1	4,4	3,2	117	95,4
Фосфор	0,295	0,220	0,540	0,207	0,343	0,51	96,2
Марганец	0,0625	0,0518	0,064	0,121	0,083	0,50	63,5
Железо	0,0888	0,228	0,142	0,433	0,187	23,5	—
Медь	0,0040	0,0025	0,0031	0,0046	0,0035	0,037	83,1
Цинк	0,0040	0,0048	0,0050	0,0060	0,0043	0,143	87,7
Кобальт	0,0003	0,0003	0,0004	0,001	0,0005	0,0083	97,1
Алюминий	0,0393	0,0988	0,077	0,352	0,099	38,2	99,8
Барий	0,035	0,036	0,039	0,055	0,033	0,280	91,8
Титан	0,006	0,0079	0,0074	0,0243	0,0124	184	92,8
Рубидий	0,0029	0,0025	0,0066	0,00198	0,041	0,055	98,6
Кадмий	0,00003	0,00003	0,00004	0,00003	0,00004	0,00032	59,8
Сурьма	0,00028	0,00022	0,00048	0,00069	0,00096	0,0009	50,0
Торий	0,00004	0,00004	0,00003	0,00012	0,00005	0,0046	99,6
Галлий	0,00004	0,00007	0,00006	0,00014	0,00012	0,0083	98,8
Концентрации элементов выше концентрации в целом для речных вод							
Сера	79,5	81,3	140,0	457,5	292,5	3,96	—
Калий	6,23	6,60	10,5	5,78	12,18	6,9	82,1
Натрий	114,0	101,5	175,0	367,5	315,0	4,6	50,4
Магний	30,5	31,0	41,0	96,0	67,5	5,75	63,5
Кальций	86,3	79,0	150,0	230,0	115,0	11,5	46,9
Бор	0,129	0,129	0,147	0,223	0,265	0,032	64,0
Мышьяк	0,004	0,0034	0,0053	0,0050	0,0092	0,0023	53,4
Литий	0,02	0,0165	0,0303	0,140	0,145	0,0014	86,4
Стронций	1,08	0,97	1,85	3,125	2,075	0,069	46,3
Уран	0,003	0,003	0,00425	0,0121	0,0071	0,00014	32,2
Ванадий	н. о.	0,005	0,0061	0,0133	0,095	0,001 ²⁾	—
Никель	0,0024	0,0024	0,0037	0,020	0,013	0,0025 ²⁾	—
Молибден	0,0024	0,0023	0,0038	0,0026	0,0083	0,0014 ²⁾	—

¹⁾ Средние значения четырех проб воды, отобранных в основные гидрологические фазы – весенний паводок, летнюю, осеннюю и зимнюю межень в 2013 г.; ²⁾ Содержание растворенных форм по данным [1]; н. о. – не обнаружено; «—» – данные отсутствуют

Исследовательская часть

В результате анализа полученных данных установлено, что в воде всех исследуемых рек не обнаружены: скандий, хром, рутений, родий, олово, палладий, серебро, индий, теллур, осмий, иридий, платина, золото, висмут.

В р. Дон на участке в 1 км ниже гидроузла г. Константиновска не обнаружены: бериллий, ванадий, селен, ниобий, тулий, лютеций. Ниобий не обнаружен также и в воде р. Северский Донец. Тантал отсутствовал в воде всех рек, кроме р. Кундрючья. В работе [2] приведены средние концентрации взвешенных форм 31 элемента в речных водах РФ. При сравнении с полученными результатами выяснилось, что ряд элементов присутствует в воде рек изуча-

емых районов в концентрациях для валовых форм (растворенные и взвешенные) ниже, а концентрации других элементов выше, чем средние концентрации взвешенных форм [10; 11].

Для установления эколого-геохимической характеристики элементного состава вод рек региона и источников поступления элементов предложено изучение суммарных концентраций элементов в данных водных объектах, в результате чего были выделены реки с их наибольшими значениями. Это, во-первых, р. Кундрючья – правобережный приток р. Северский Донец (рис. 1) [8–11]. Водосбор реки расположен в районе со сложным геологическим рельефом, ложе реки пересекают тектонические разломы. Здесь так же расположены действующие угольные шахты, что не исключает воздействие шахтных вод на формирование элементного состава воды реки.

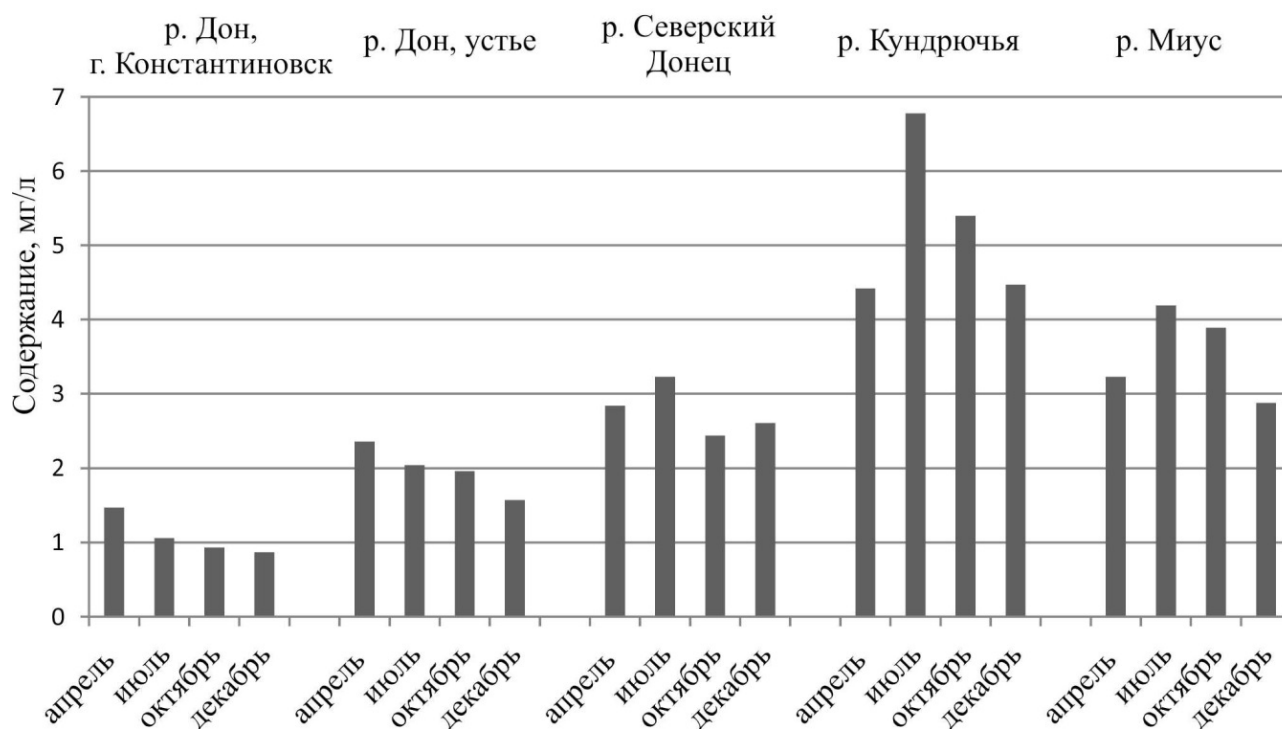


Рис. 1. Гистограммы распределения суммы элементов по сезонам в реках бассейна Нижнего Дон и в р. Миус

Второй по суммарному содержанию элементов отмечается р. Миус. Истоки реки так же связаны с тектоническими разломами и шахтами. Отмечается так же сезонность в распределении суммарных концентраций элементов. Для рек Северский Донец, Кундрючья и Миус повышенные концентрации отмечаются в летнюю межень, а для р. Дон – в паводок. Повышение концентраций в летнюю межень объясняется увеличением доли грунтовых вод, содержащих эти элементы в питании рек, обогащающихся этими элементами в зонах контактов «вода-порода». Снижение значений суммарных концентраций микроэлементов для р. Северский Донец и Кундрючья отмечается в осеннюю межень, вследствие десорбции микроэлементов донными отложениями в связи с изменением их физико-химических параметров по окончании жизненного цикла фитопланктона и начала деструкции его биомассы [8–11].

Аналогичные исследования были проведены на реках бассейна Средней Оби в 1990–1994 гг. [7]. В табл. 3 представлена сравнительная геохимическая характеристика имеющегося для сравнения элементного состава речных вод бассейнов Средней Оби, Нижнего Дона и р. Миус.

Таблица 3

Среднегодовое валовое содержание элементов в речных водах бассейна Средней Оби, Нижнего Дона и р. Миус, мг/л

Элемент	Водные объекты							
	р. Обь (в среднем течении), [7]	Притоки р. Обь, [7]	р. Томь, [7]	р. Дон	р. Дон (устье)	р. Северский Донец	р. Кундрючья	р. Миус
Концентрации элементов в водах бассейнов рек Нижнего Дона и Западного Приазовья выше концентраций в водах бассейна Средней Оби								
Стронций	0,186	0,137	0,2	1,08	0,97	1,85	3,125	2,075
Никель	0,001	0,0012	0,0011	0,0024	0,0024	0,0037	0,02	0,013
Медь	0,0023	0,0017	0,0019	0,004	0,0025	0,00313	0,0046	0,0035
Литий	0,007	0,0088	0,0092	0,01973	0,0165	0,03025	0,14	0,145
Рубидий	0,00248	0,00089	0,00063	0,0029	0,00252	0,0066	0,00198	0,041
Концентрации элементов в водах бассейнов рек Нижнего Дона и Западного Приазовья ниже концентраций в водах бассейна Средней Оби								
Цинк	0,0302	0,0279	0,098	0,0037	0,0048	0,005	0,006	0,0043
Кадмий	0,0002	0,0002	0,000,5	0,00003	0,00003	0,00004	0,00003	0,00004
Гафний	0,0002	0,0002	0,0002	0,00003	0,00001	0,00001	0,00003	0,00002
Таллий	0,0013	0,0036	0,0015	-	-	0,00001	0,00002	0,00011
Хром	0,0028	0,0026	0,0021	-	-	-	-	-
Скандий	0,00025	0,00014	0,00025	-	-	-	-	-
Лютеций	0,00014	0,00007	0,00013	-	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Самарий	0,00018	0,00014	0,00017	0,00003	0,00007	0,00007	0,00021	0,00005
Концентрации элементов в водах бассейнов рек Нижнего Дона и Западного Приазовья сопоставимые с концентрациями в водах бассейна Средней Оби								
Кремний	3,36	4,55	3,47	4,35	4,4	4,8	4,4	3,178
Марганец	0,0189	0,0431	0,0085	0,0625	0,0518	0,064	0,121	0,083
Железо	0,22	0,79	0,15	0,0888	0,228	0,142	0,433	0,187
Барий	0,0472	0,0343	0,0366	0,035	0,036	0,039	0,055	0,033
Свинец	0,008	0,0011	0,0018	0,0029	0,0025	0,0066	0,00198	0,041
Кобальт	0,0006	0,0005	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,001	0,0005
Сурьма	0,0004	0,0009	0,0004	0,00028	0,00022	0,00048	0,00069	0,00096
Цезий	0,00013	0,00004	0,00012	0,00004	0,00002	0,0001	0,00006	0,00058
Лантан	0,00047	0,00035	0,00049	0,00018	0,00031	0,00045	0,0008	0,00023
Церий	0,00092	0,00068	0,00097	0,00029	0,00076	0,00036	0,0019	0,00053
Европий	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002	0,00002	0,00005	0,00002
Тербий	0,00003	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002	0,00004	0,00001
Иттербий	0,00003	0,00002	0,00002	0,00001	0,00003	0,00002	0,00006	0,00002

Для рек бассейна Нижнего Дона и р. Миус характерными элементами являются, и это общеизвестно, кальций и магний [8–11]. Большое содержание магния свидетельствует о значительной доле подземных вод в питании рек в межень. Так же здесь, как и в сравнении с концентрациями в целом для речных вод (табл. 2), в сравнении с реками бассейна Средней Оби больше содержания стронция, никеля, лития. Река Кундрючья отличается, как повышенной суммарной концентрацией элементов (рис. 2), так и отдельными концентрациями редкоземельных элементов, таких как лантан, церий, европий, теберий, иттербий. Именно эта река больше всего испытывает влияние угленосных и угледобывающих территорий Восточного Донбасса [8; 11].

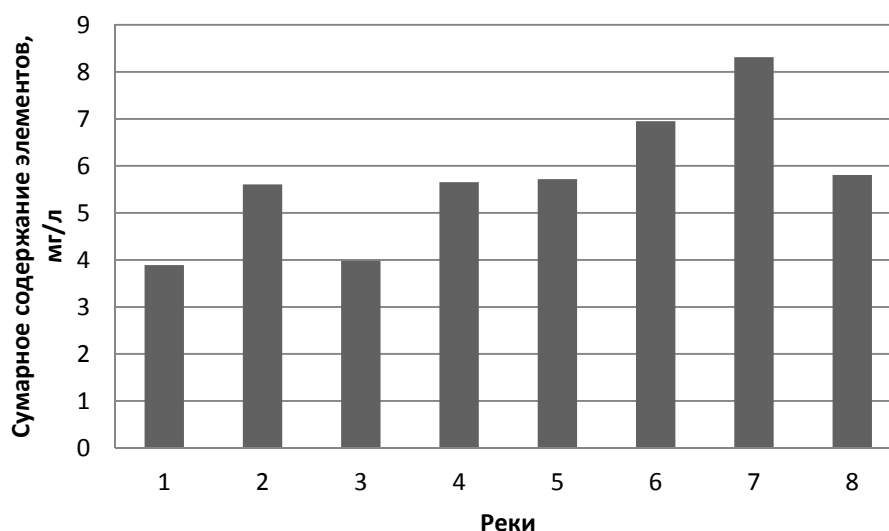


Рис. 2. Гистограммы распределения суммы элементов в реках бассейна Средней Оби бассейна Нижнего Дона и в р. Миус

Примечание: 1 – р. Обь (в среднем течении), 2 – Притоки р. Обь (рр. Тым, Кеть, Чулым, Васюган, Парабель, Чая), 3 – р. Томь, 4 – р. Дон (ниже г. Канстантиновск, выше впадения р. Северский Донец), 5 – р. Дон (устье), 6 – р. Северский Донец, 7 – р. Кундрючья, 8 – р. Миус

Заключение

Данное исследование эколого-геохимических особенностей элементного состава вод являются основой при установлении степени загрязнения рек региона различными элементами (включая тяжелые металлы), для которых установлены рыбохозяйственные ПДК и установления источников их поступления. Следующий этап – это определение концентраций растворенных форм элементов, вошедших в приоритетную группу для рек бассейна Нижнего Дона и р. Миус. Установлено, что в поверхностных водах бассейна Нижнего Дона и р. Миус преобладающая часть никеля, ванадия и молибдена в межень мигрирует в растворенной форме, которая составляет соответственно 94,4–97,3; 83,5–86; 76,0–93,5 % (табл. 2) [9]. Учитывая данный факт, можно дать ориентировочную оценку загрязненности исследуемых рек этими металлами. Анализ полученных данных показал, что концентрации никеля не превышали ПДК. Превышение ПДК ванадия и молибдена в 4–9 раз выявлено в воде рр. Кундрючья и Миус [8]. Использование приведенных соотношений растворенных и взвешенных форм никеля, ванадия и молибдена позволило провести также сравнение полученных среднегодовых концентраций этих металлов со средними концентрациями растворенных форм для речных вод РФ [8; 11]. Оказалось, что полученные концентрации металлов значительно выше средних значений для речных вод. Установлено, что источники поступления этих металлов в поверхностные воды исследуемых рек региона связаны с угленосной и угледобывающей территорией Восточного Донбасса. Известно, что в примесях углей этого региона присутствует достаточно большое количество различных элементов, в первую очередь, ванадия, а также урана, который так же вошел в приоритетную группу элементов для региона. С большой долей уверенности можно говорить, что все эти элементы имеют природный генезис [8,11]. Выявление природного генезиса для установленной приоритетной группы элементов важно, поскольку в соответствии с Водной стратегией Российской Федерации до 2020 г. одним из приоритетных направлений совершенствования государственного управления в водной сфере является разработка нормативов допустимого воздействия на водные объекты с учетом региональных особенностей формирования состава поверхностных вод [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геохимическое землеведение : учеб. пособие для вузов по специальности «География» / под ред. В. В. Добровольский. М. : Владос, 2008. 206 с.
2. Гордеев В. В. Речной сток в океан и черты его геохимии. М. : Наука, 1983. 160 с.

3. ГОСТ 27384–2002. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств (с Изменением N 1). Госстандарт. 2004. 7 с.
4. ГОСТ 31870–2012. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. Госстандарт. 2013. 19 с.
5. Методика «ICP-MS определение элементного состава природных и питьевых вод со степенью минерализации до 2000 мг/л» НСАМ №480-х. ФГУП «ВИМС».
6. Об утверждении Водной стратегии РФ на период до 2020 года : распоряжение Правительства РФ от 27 авг. 2009 г. № 1235-р
7. Савичев О. Г. Исследование эколого-геохимического состояния речных вод бассейна Средней Оби : автореф. дис. канд. геогр. наук. Томск : Политехн. ин-т, 1996. 24 с.
8. Хорошевская В. О. Изучение элементного состава речных вод бассейна Нижнего Дона и р. Миус бассейна Западного Приазовья // Эколого-географические исследования в речных бассейнах : материалы четвертой всерос. науч.-практ. конф. / под ред. В. И. Шмыкова [и др.]. Воронеж: Воронеж. гос. пед. ун-т, 2014. С. 196–199.
9. Хорошевская В. О. Сравнительная характеристика гидрохимического состава речных вод бассейна Нижнего Дона и бассейна Средней Оби // Materials of the I International scientific and practical conference, «Science and Education». 2014. Vol. 14. Geography and geology. Agriculture. Sheffield. Science and Education LTD. P. 6–8.
10. Хорошевская В. О. Географические особенности формирования элементного состава речных вод бассейна Нижнего Дона и Западного Приазовья // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод : материалы науч. конф. с междунар. участием. Ч. 1. Ростов-на-Дону, 8–10 сент. 2015 г. Ростов н/Д, 2015. С. 190–194.
11. Хорошевская В. О. Геоэкологические особенности элементного состава рек Восточного Донбасса // Геоэкологические проблемы углепромышленных территорий : сб. науч. тр. конф. с междунар. участием. Изд-во Юж. федер. ун-та, 2015. С. 350–356.

УДК 528.8.042.6:528.855+504.455:556.5.048

Влияние сбросов Гусиноозерской ГРЭС на термический и гидрохимический режим оз. Гусиное

Б. З. Цыдыпов (bz61@binm.ru), С. Г. Андреев, А. А. Аюржанаев,
Б. В. Содномов, Б. О. Гуржапов, Э. А. Батоцыренов, И. А. Павлов,
В. Г. Ширеторова, И. Д. Ульзетуева, Л. Д. Раднаева, Е. Ж. Гармаев

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ

Аннотация. Статья посвящена оценке неблагоприятного воздействия Гусиноозерской ГРЭС на экосистему оз. Гусиное. Получена новая батиметрическая карта оз. Гусиное. Определены поля распространения теплового загрязнения оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования и автоматической цифровой регистрации гидротермических датчиков. На полученных картосхемах хорошо просматривается непосредственное воздействие ГРЭС. Оценено негативное воздействие ГРЭС на химический состав воды озера. Отмечено, что техногенное загрязнение снижает качество воды в озере.

Ключевые слова: озеро Гусиное, ГРЭС, тепловое воздействие, Landsat, автоматический регистратор температуры, химический состав вод.

Введение

Озеро Гусиное – крупнейшее озеро на территории Байкальской природной территории после оз. Байкал, относится к малопроточным водоемам с замедленным водообменом. Озеро расположено в имеющей тектоническое происхождение Гусиноозерской межгорной котловине. Площадь водосборного бассейна равна 924 км², площадь водного зеркала – 164 км², длина – 24,8 км, средняя ширина – 8 км, максимальная глубина – 26 м, средняя глубина – 15 м. Объем водной массы – 2,4 км³. Максимальная амплитуда колебаний уровня достигает 0,95 м, среднегодовая амплитуда – 0,37 м. Абсолютная высота уреза воды составляет 551 м [2].

Антропогенная нагрузка на водоем значительна. В многолетней динамике наблюдается увеличение объемов сброса сточных вод вследствие увеличения объемов забора водных ресурсов на выработку электроэнергии и в связи с ростом населения.

В окрестностях г. Гусиноозерска и оз. Гусиное сформировался Гусиноозерский промышленный комплекс, являющийся одним из крупнейших в Республике Бурятия. Он включает энергопроизводящие, перерабатывающие и транспортные предприятия, большая часть которых вместе с г. Гусиноозерском расположена на северном и северо-восточном побережьях озера. В юго-западной части озера находится п. Гусиное Озеро с железнодорожной станцией и локомотивным депо. Все эти объекты потребляют и загрязняют огромное количество воды. Наиболее масштабным загрязнителем на данной территории является Гусиноозерская ГРЭС, которая потребляет 85,1 % от суммарного водоотбора поверхностных вод Республики Бурятия. На экологическое состояние озера оказывают влияние и нерекультивированные терриконы вскрышных пород Холбоуджинского угольного разреза, расположенные вдоль всего восточного побережья. Большое влияние на экологическое состояние озера также оказывают огромные массы атмосферных выбросов ГРЭС (в среднем 830 т/год), которые осаждаются на поверхность озера [1].

Озеро является основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения более 31 тыс. населения г. Гусиноозерск и п. Гусиное Озеро, п. Бараты, ст. Муртой, ряда прибрежных баз и стационаров. В то же время озеро является приемником очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод станции биологической очистки г. Гусиноозерск и сточных вод без биологической очистки п. Гусиное Озеро. На очистных сооружениях применяются механическая и биологическая очистка, после чего воды хлорируются и сбрасываются в озеро. Качество очистки вод низкое. Причина невысокого качества сточных вод обусловлена перегруженностью очистных сооружений, особенно в зимнее время. Летом, после сильных ливневых дождей, и весной, в связи с таянием снега, все потоки с мусорных городских свалок попадают напрямую в озеро [5].

Пуск первого энергоблока Гусиноозерской ГРЭС был осуществлен в декабре 1976 г. С 2014 г. станция вышла на уровень мощности в 1100 МВт. За годы деятельности станция выработала более 100 млрд кВт·ч электроэнергии. В качестве топлива для ГРЭС используются бурые угли Холбоуджинского угольного разреза.

Озеро Гусиное является естественным водоемом-охладителем с оборотной системой водообмена и включает в себя ряд гидротехнических сооружений: глубинный водозабор ($15 \text{ м}^3/\text{с}$), открытый подводящий канал, циркуляционные насосы, сифонный колодец, отводящий канал. Поступающая вода охлаждает турбогенераторы станции, конденсируя отработанный водяной пар, после чего, нагретая примерно на 10°C , возвращается по открытому каналу в северо-восточную часть озера, вызывая периодически нарушения естественного температурного режима и воздействуя на многие природные процессы, состав и структуру биоценозов [6]. Время прохождения от забора до сброса составляет 15 мин. В 2014 г. сброс теплых нормативно чистых сточных вод после охлаждения оборудования в оз. Гусиное составил 400 млн м^3 .

Озеро является ценным рыбохозяйственным водоемом высшей категории, где температура воды не должна повышаться более чем на 5°C по сравнению с естественной температурой водного объекта, с общим повышением температуры не более чем до 20°C летом и 5°C зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы [4]. Нами наблюдается превышение рекомендованных температурных требований. Так, по данным натурных измерений (2013, 2014 и 2016 гг.) сотрудников Байкальского института природопользования СО РАН температура воды в зимний период в сбросном канале и акватории озера имела различие на $14\text{--}16^\circ\text{C}$, а в летний – на $11\text{--}14^\circ\text{C}$. В частности, на 10 марта 2016 г. температура воды водозабора была равна $+5^\circ\text{C}$, а температура воды сброса – $+19^\circ\text{C}$ [7].

Цель работы – оценить влияние сбросов теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на температурный режим оз. Гусиное методами теплового инфракрасного дистанционного зондирова-

ния и автоматической цифровой регистрации гидротермических датчиков, а также на его химический состав.

Батиметрическая карта оз. Гусиное

Для актуализации карты глубин оз. Гусиное в марте и июле 2016 г. проведена батиметрическая съемка с использованием эхолота Lowrance LMS 525CDF. За основу была взята карта глубин, полученная Б. В. Шостаковичем в 1912 г. (масштаб – 3 версты в 1 дюйме) [8]. Характеристики эхолота: 500 kHz двухчастотный (двухлучевой) излучатель, глубина локации до 760 м, GPS-позиционирование. Дополнительно производится запись сопутствующей информации о температуре воды, скорости движения и пройденном расстоянии в виде лог-файлов (эхограмм).

В программном комплексе ArcGIS 10.2 получена батиметрическая карта озера со следующими векторными слоями:

- 1) изобаты (через каждые 5 м) и профили по данным съемки Б. В. Шостаковича 1912 г.;
- 2) изобаты (через 1 м) и профили по данным собственной съемки 2016 г. (рис. 1).

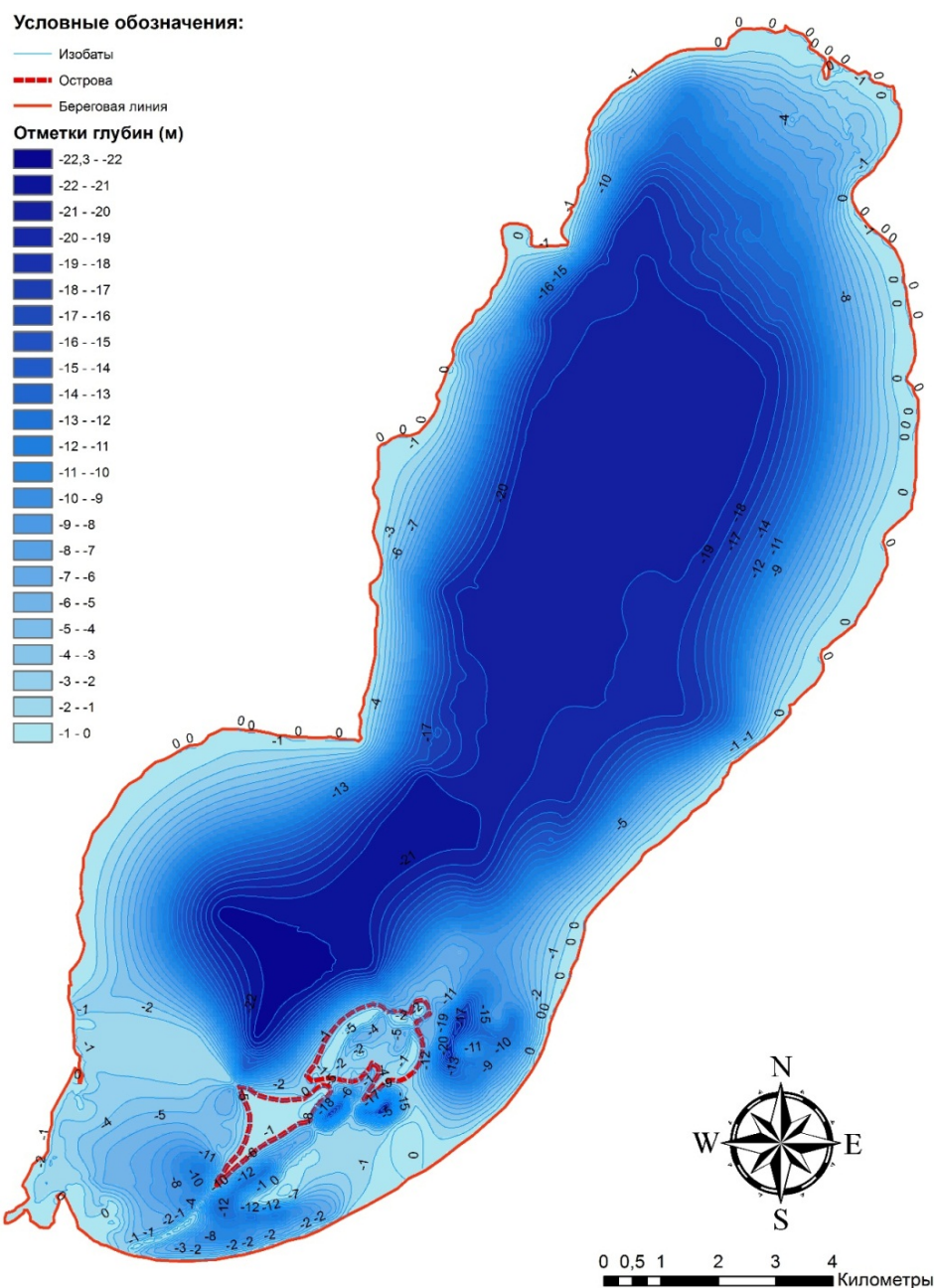


Рис. 1. Батиметрическая карта оз. Гусиное

В атрибутах слоя глубин указаны данные о температуре, основных физико-химических параметрах (растворенный кислород, загрязняющие вещества и т. д.) и рельефе дна.

Также на основе весенней съемки составлена карта толщины льда.

Подспутниковые работы по оценке распространения теплового загрязнения от сбросов Гусиноозерской ГРЭС

Тепловая инфракрасная съемка постепенно находит свое применение практически во всех направлениях географических исследований ввиду ее преимуществ перед съемкой в видимом диапазоне. Например, для мониторинга состояния не только вод океанов и морей, но и внутренних водоемов и водотоков. Наиболее распространенный продукт, получаемый по данным тепловых изображений, – это карты пространственного распределения температуры поверхности суши и водоемов. Благодаря тепловой съемке можно дистанционно следить за температурным режимом внутренних водоемов и водотоков, проводить исследования ледового покрова, выявлять тепловые аномалии, а также вести контроль несанкционированных выпусков сбросовых вод (промышленных и коммунальных) во внутренние водные объекты суши. Тепловое загрязнение возникает вследствие сброса подогретых выше естественной температуры вод, используемых для охлаждения конденсаторов турбин тепловых и атомных электростанций. Крупные тепловые электростанции мощностью 2100–2400 мВт забирают для охлаждения своих агрегатов 70–90 м³/с воды. Такое большое количество воды и предопределило тот факт, что крупные электростанции (ГРЭС и АЭС) строятся на берегах больших водных объектов, которые стали выполнять и еще одну функцию – функцию водоемов-охлаждателей.

3–4 апреля, 21–22 мая и 22–23 июня 2017 г. проведены три полевые экспедиции по оценке распространения теплового загрязнения на оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС. Работы были приурочены к пролетам спутника Landsat-8 (Path (виток) = 132, Row (залет) = 24), который находился над северной оконечностью оз. Гусиное в 12 ч местного времени 4 апреля, 22 мая и 23 июня. Предварительно в северной части акватории (месте сброса теплых вод ГРЭС) были установлены автоматические регистраторы температуры НОВО, откалиброванные ранее в лабораторных условиях.

Определены поля распространения теплового воздействия оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС методами теплового инфракрасного дистанционного зондирования [3]. Задействованы тепловые каналы (№ 10 и 11) сенсора TIRS спутника Landsat-8 из бесплатного открытого сервиса GloVis Геологической службы США (<http://glovis.usgs.gov>). Используемое программное обеспечение: 1) пакет для обработки и анализа аэрокосмических данных ENVI 4. 8; 2) геоинформационная система ArcGIS 10.2.

Метод основан на линейных соотношениях между спутниковыми измерениями (радиационными температурами) в тепловом канале и температурой подстилающей поверхности. Алгоритм конвертации спутниковых данных в значения температур подстилающей поверхности осуществляется в 2 этапа:

1) пересчет значений спектральной яркости в реальные значения приходящего излучения на сенсор;

2) пересчет значений излучения на сенсоре в значения температуры.

Параметры для подстановки в формулы пересчета взяты из сопроводительных метафайлов (количество приходящего излучения на сенсор, минимальное и максимальное калиброванные значения спектральной яркости и т. д.).

Важной составляющей получения достоверных карт температуры подстилающей поверхности по спутниковым материалам является отсутствие облачности. К сожалению, 4 апреля наблюдалась сплошная облачность, и пришлось задействовать ближайший по времени снимок от 26 марта с нулевой облачностью. На снимке от 22 мая присутствовала относительно небольшая облачность (34 %), но сплошной облачный покров был сконцентрирован именно в месте установки температурных датчиков, поэтому снимок был забракован. Снимок от 23 июня идеален в плане отсутствия облачности (табл. 1).

Таблица 1

Наличие облачности в месте сброса пролета спутника Landsat-8

Дата съемки	Облачность, %
26 марта 2017 г.	0
4 апреля 2017 г.	96
22 мая 2017 г.	34
23 июня 2017 г.	0

По состоянию на 4 апреля от сбросов теплых вод ГРЭС образовалась полынья размерами 3×3 км. Для валидации температурных полей, полученных в результате обработки данных TIRS/Landsat-8 (рис. 2), в приповерхностном слое воды были установлены автономные регистраторы температуры НОВО (погрешность 0,56 °С). Частота измерения датчиков составляет 1 мин. Для калибровки данных измерений оценены поправочные отклонения от среднего для каждого регистратора. Для оценки горизонтального распределения температур регистраторы были установлены в 10 точках северной части акватории озера. Картограмма температуры поверхности воды получена интерполяцией значений термодатчиков методом «ближайшего соседа» (рис. 3). Следует констатировать, что как таковой валидации температурных полей выполнить не удалось ввиду использования снимка от 26 марта взамен некачественного снимка от 4 апреля, но все-таки общая закономерность в распространении тепловых полей на полученных картограммах явно прослеживается. Так, на картограмме по данным TIRS/Landsat-8 хорошо просматривается непосредственное воздействие ГРЭС, и температура достигает 14 °С в месте сброса теплых вод (рис. 2). Отметим, что для визуализации тепловых полей на обеих картограммах применено разделение на 13 одинаковых градаций.

В день пролета спутника 23 июня наблюдалось безоблачное небо (см. табл. 1). На рис. 4 представлена картограмма температурных полей поверхности воды на основе данных TIRS/Landsat-8 (рис. 4). В приповерхностном водном слое были установлены регистраторы НОВО в 13 точках северной части акватории: дополнительно установлены 3 точки к тем же 10 точкам, что и в мартовском эксперименте (рис. 5, табл. 2).

К сожалению, явных аномальных температурных полей от сбросов электростанции выявить не удалось ввиду очень высокой температуры окружающего воздуха (35 °С) и, вследствие этого, «разбавления» сбросных вод в прогретой воде побережья. Опять же повторимся: общая закономерность в распространении тепловых полей на полученных картограммах явно прослеживается.

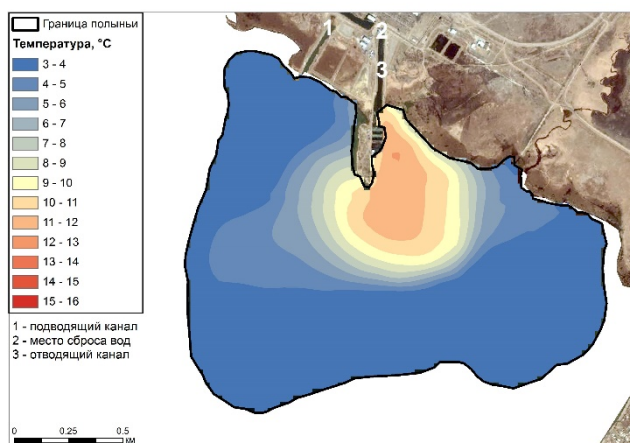


Рис. 2. Температурные поля на основе данных TIRS/Landsat-8 от 26.03.2017

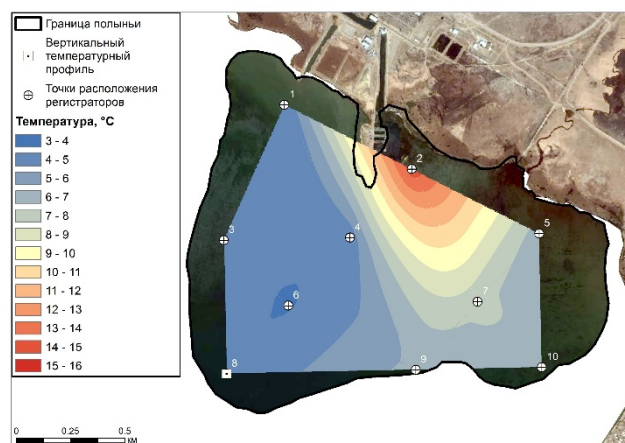


Рис. 3. Температурные поля на основе данных регистраторов НОВО, состояние на 04.04.2017

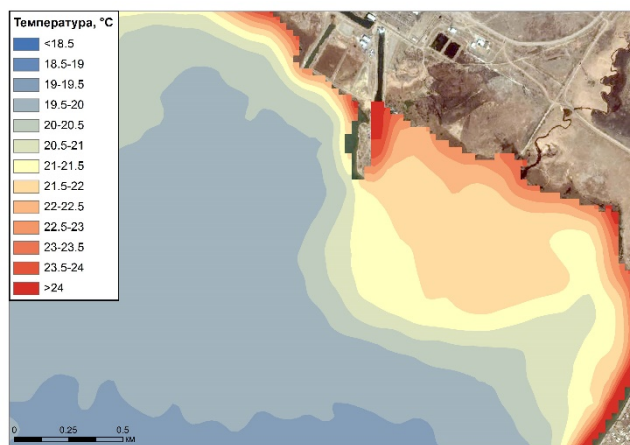


Рис. 4. Температурные поля на основе данных TIRS/Landsat-8 от 23.06.2017

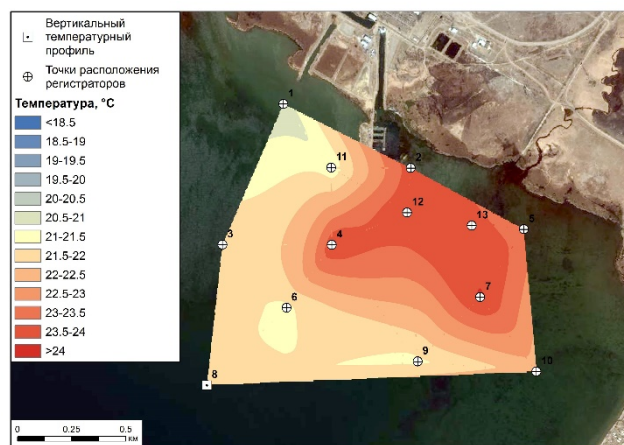


Рис. 5. Температурные поля на основе данных регистраторов HOBO, состояние на 23.06.2017

Таблица 2

Температура поверхности воды оз. Гусиное по данным тепловой спутниковой съемки TIRS/Landsat-8 и регистраторов HOBO, 23.06. 2017

№ точки	Глубина в точке съемки, м	Landsat-8 (канал 10), °C	Landsat-8 (канал 11), °C	HOBO, °C	Ошибка HOBO – Landsat-8 (канал 10), °C	Ошибка HOBO – Landsat-8 (канал 11), °C
1	0,49	20,08	19,03	20,71	-0,63	-1,68
2	0,70	21,77	20,44	23,77	-2,00	-3,33
3	4,62	19,79	18,86	21,86	-2,07	-3,00
4	3,23	20,58	19,46	22,62	-2,04	-3,16
5	0,67	21,80	20,40	23,29	-1,49	-2,89
6	5,00	19,64	18,46	21,38	-1,74	-2,92
7	2,87	21,73	20,26	24,06	-2,33	-3,80
8a	6,39	19,53	18,60	21,66	-2,13	-3,06
8б				17,09		
8в				15,47		
9	3,71	19,98	18,78	21,38	-1,40	-2,60
10	2,72	20,62	19,49	22,24	-1,62	-2,75
11	0,86	20,14	19,09	21,09	-0,95	-2,00
12	2,00	21,65	20,26	23,97	-2,32	-3,71
13	1,03	21,82	20,49	23,97	-2,15	-3,48

Установлено, что значения температуры, рассчитанные по данным тепловой космической съемки, ниже данных прямых измерений температуры водной поверхности. Отличие температуры поверхностного слоя воды по данным регистраторов HOBO и спутниковой тепловой инфракрасной съемки достигает 3,8 °C, минимальное отличие равно 0,63 °C (см. табл. 2).

Вертикальный температурный профиль определен по данным трех регистраторов, размещенных на поверхности воды и глубинах 2,0 и 6,0 м в точке № 8 с глубиной 6,39 м. Обратной стратификации не наблюдалось, ход температуры имеет классический характер прямой стратификации (рис. 6, 7).

Резюмируя можно сказать, что эмпирическая формула конвертации спутниковых данных в значения температуры подстилающей поверхности требует пересмотра поправочных коэффициентов для водной поверхности.

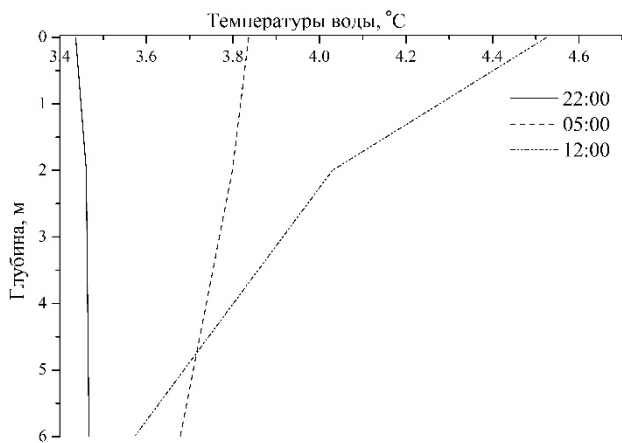


Рис. 6. Вертикальный температурный профиль по данным регистраторов НОВО, 3–4 апреля 2017 г.

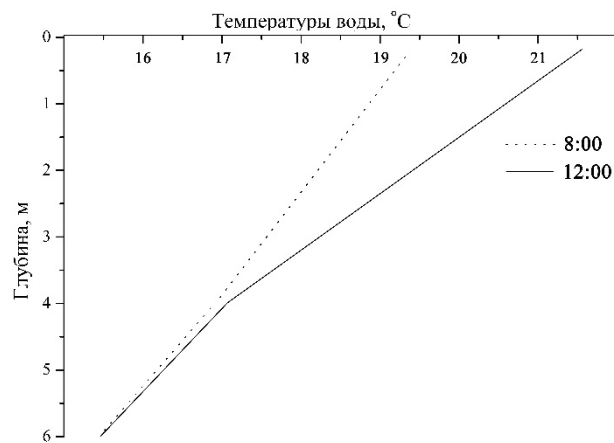


Рис. 7. Вертикальный температурный профиль по данным регистраторов НОВО, 23 июня 2017 г.

Гидрохимические исследования

Отбор проб воды на оз. Гусиное осуществлен в марте 2016 г. в ледовой фазе по четырем профилям, повторяющим промеры В. Б. Шостаковича [8]. На каждой станции были отобраны пробы воды с поверхности, глубины 10 м и придонного слоя, а на глубине менее 10 м пробы отбирались только с поверхности и придонного слоя (всего отобрано 62 пробы).

Определение макрокомпонентного состава проб воды озера было проведено с использованием общепринятых в гидрохимии методов. Содержание катионов и анионов в воде определялось с помощью ионного хроматографа Dionex ICS 1600. Микроэлементный состав воды определен с помощью современных спектральных методов, в частности, с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭ) Profile Plus производства США (Teledyne).

В пробах воды непосредственно на месте отбора проб определялись температура, минерализация, значения pH, концентрация растворенного кислорода. Минерализация по всей акватории отличается незначительно и составляет 380–400 мг/дм³, по щелочной реакции среды – воды слабощелочные, значения pH в пределах 6,6–8,3, содержание кислорода варьировало в пределах 8,7–9,9 мг/дм³, в зоне сброса термальных вод – 5,9–6,3 мг/дм³. Преобладающими ионами в макрокомпонентном составе вод являются гидрокарбонат-ион (198–214 мг/дм³), сульфат-ион (66–73 мг/дм³), ионы натрия (49–54 мг/дм³) и кальция (30–33 мг/дм³). Содержание биогенных веществ (соединений азота и фосфора) также является повышенным в местах выраженной антропогенной нагрузки, к которым относятся места сброса сточных вод ЖКХ г. Гусиноозерск и р. Тель. По всей акватории озера наблюдается повышенное содержание фторид-ионов в концентрациях выше ПДК_{Р/Х}.

Микроэлементный состав природных вод является важнейшим показателем степени загрязнения окружающей среды. Количественно были определены 10 элементов: Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, As, Mo, Mn. Анализ микроэлементного состава воды показал, что содержание железа и марганца в целом по акватории озера не превышали значений ПДК_{Р/Х} и находились в пределах 0,019–0,049 и 0,001–0,015 мг/дм³, соответственно. Превышение ПДК_{Р/Х} в 10 раз по марганцу наблюдалось в районе сброса очистных сооружений г. Гусиноозерск. Содержание цинка и меди в акватории озера составило 0,002–0,134 и 0,0003–0,0026 мг/дм³ соответственно, в зоне влияния ГРЭС концентрация цинка достигала 13 ПДК, меди – 2,6 ПДК. По содержанию свинца превышения ПДК (до 1,6 ПДК) фиксировались в придонном слое воды в единичных случаях.

Проведенные исследования показали, что воды озера по составу являются сульфатно-гидрокарбонатными кальциево-натриевого типа. Сравнение результатов гидрохимических исследований, проведенных до строительства Гусиноозерской ГРЭС и начала промышленной разработки Хольбоджинского угольного разреза в 1965 г., показало, что за 50 лет произошел рост минерализации воды с соответствующим увеличением содержания ионов в мак-

рокомпонентном составе, в особенности сульфат-ионов и щелочных металлов. В зоне влияния ГРЭС в концентрациях выше ПДК_{р/х} были обнаружены ионы меди, цинка, свинца и марганца. Данное повышение обусловлено не только уменьшением проточности озера, но и непосредственным влиянием Гусиноозерской ГРЭС [5].

Заключение

Применение новых подходов анализа и обработки спутниковой термической информации позволило получить количественные характеристики аномальности температурных полей поверхности оз. Гусиное от сбросов теплых вод Гусиноозерской ГРЭС и выявить особенности ее пространственной изменчивости.

Установлено, что эмпирическая формула конвертации спутниковых данных в значения температур подстилающей поверхности требует пересмотра поправочных коэффициентов для водной поверхности.

Оценено негативное воздействие ГРЭС на химический состав воды озера. Использование природного оз. Гусиное в качестве водоема-охладителя привело к развитию процессов эвтрофикации и водоем будет не пригоден для хозяйственно-питьевого, рыбохозяйственного и рекреационного использования.

Увеличение техногенной нагрузки и мощности ГРЭС актуализирует вопрос об оценке современного состояния экосистемы водоема и прогноза возможностей дальнейшего использования воды оз. Гусиное для питьевого водоснабжения и применения подземных вод в качестве альтернативного варианта.

Работа выполнена в рамках Программы IX. 137. 2 «Природные и социально-экономические процессы в зоне влияния Великого Шелкового и Чайного пути в условиях глобализации и изменения климата» и финансовой поддержке проекта РФФИ № 17-05-00822.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батуева Э. М. Влияние техногенной нагрузки на качество воды озера Гусиное (Республика Бурятия) // Современные исследования в геологии : сб. тез. всерос. науч.-практ. молодеж. конф., г. Санкт-Петербург 25–27 марта 2016 г. СПб., 2016. С. 93–94.
2. Борисенко И. М., Пронин Н. М., Шайбонов Б. Б. Экология озера Гусиное. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. 199 с.
3. Гуржапов Б. О., Цыдыпов Б. З., Гармаев Е. Ж. Оценка распространения теплового загрязнения оз. Гусиное от сбросов Гусиноозерской ГРЭС // Проблемы устойчивого развития региона: VIII школа-семинар молодых ученых России : материалы докл. Улан-Удэ, 23–27 июня 2016 г. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. С. 80–84.
4. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
5. Гусиное озеро как индикатор загрязнения акватории Байкала / И. Д. Ульзетуева, В. В. Хахинов, Б. Б. Намсараев, И. В. Звонцов // Экология и пром-ть России. 2001. № 9. С. 30–31.
6. Цибудеева Д. Ц. Геоэкологические условия водопользования в речных бассейнах Республики Бурятия : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2014. 29 с.
7. Чебунина Н. С., Пахахинова З. З., Бешенцев А. Н., Батоев В. Б. Оценка влияния сброса теплых вод Гусиноозерской ГРЭС на динамику ледового режима озера Гусино (Западное Забайкалье) // Политемат. сетевой электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. 2016. № 116. С. 301–308.
8. Шостакович В. Б. Отчет о поездке на Гусиное озеро // Изв. Рус. геогр. о-ва. СПб., 1916. Вып. 6. С. 459–492.

УДК 556.555.2

Особенности уровня оз. Байкал в XXI веке

М. С. Чернышов (chernyshov@lin.irk.ru)

В. Н. Синюкович (sin@lin.irk.ru)

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск

Аннотация. Рассмотрены особенности сезонных и межгодовых колебаний уровня оз. Байкал после введения в 2001 г. ограничений его предельных значений диапазоном 456–457 м ТО. Оценены различия уровня озера как в естественных и зарегулированных условиях в целом, так и в период зарегулирования до и после 2001 г. Сформулированы предложения по предельным значениям уровня в разных условиях водности.

Ключевые слова: уровень, колебания, амплитуда, поверхностный приток.

Введение

Как известно, с начала текущего столетия правила регулирования уровня Байкала изменились в соответствии с постановлением Правительства РФ [5], регламентировавшим диапазон его колебаний от 456 до 457 м в Тихоокеанской системе высот (ТО). До этого времени действующими Правилами использования водных ресурсов (ПИВР) Иркутского водохранилища и оз. Байкал соответствующий диапазон уровня был почти вдвое выше. В период 2001–2014 гг. новые ограничения уровня не нарушались, однако в результате аномально низкой приточности в озеро в 2014–2015 гг. отметка его водного зеркала в весеннее время 2015–2017 гг. опускалась ниже установленного минимального предела, т. е. ниже 456 м. Эти падения уровня стали предметом дискуссий об эффективности регулирования использования водных ресурсов Байкала, возможности предотвращения подобной сработки уровня, или ее неизбежности. Вместе с этим продолжалось обсуждение и самой целесообразности введения новых предельных значений уровня, начавшееся еще на стадии подготовки Постановления, в действительности выглядевшим и слишком радикальным и достаточно неопределенным. Радикальным, потому как размах многолетних колебаний уровня в естественных условиях составлял порядка 2 м и, таким образом, сузился практически вдвое, что, скорее всего, оказалось и не самым благоприятным для байкальской биоты. Неопределенными же были механизмы, позволяющие удерживать уровень в отведенных границах в условиях аномально высокой или низкой водности, так как большинство специалистов еще до принятия Постановления признавали, что оно выполнимо лишь в условиях водности, близких к средним.

Исходные данные

Несмотря на то что первый водомерный пост был организован на Байкале в 1869 г. достаточно надежными уровни озера считаются по ст. Байкал КБЖД (порт Байкал) с начала XIX в. В настоящее время наблюдения за уровнем озера осуществляются Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) на семнадцати постах. Средние уровни водоема рассчитываются путем осреднения данных восьми наиболее репрезентативных постов. Для определения высотного положения уровня Байкала применяются Тихоокеанская система высот (ТО), Балтийская (БС) и непереуравненная система Балтийского моря (БМ), что создает определенные трудности при использовании данных с разной привязкой. Нами используется Тихоокеанская система высот, как наиболее распространенная при решении вопросов регулирования использования водных ресурсов озера.

Имеющиеся материалы наблюдений за уровнем Байкала, в соответствии с зарегулированием озера после строительства Иркутской ГЭС, относятся к двум разнородным периодам – с естественным (1901–1958 гг.) и зарегулированным (с 1960 г.) режимом [7]. В свою очередь, период зарегулированного режима, в соответствии с установлением новых ограничений, целесообразно рассматривать отдельно – до и после 2001 г. [2].

Результаты и обсуждение

Из анализа результатов многолетних наблюдений видно, что в годы естественного режима наивысший уровень составлял 456,95 м и был отмечен в 1932 г. Наинизший, составляющий 454,93 м, приходится на 1904 г. В соответствии с этим многолетняя амплитуда естественных колебаний уровня составляла 2,02 м. С учетом достаточно достоверно установленного максимума 1869 г. (457,10 м) она может быть принята равной 2,17 м. После зарегулирования по проекту Иркутской ГЭС [3] нормальный подпорный уровень (НПУ) оз. Байкал составляет 457,00 м, а уровень мертвого объема (УМО) – 455,54 м. Кроме того, в многоводные годы предусматривалась форсировка уровня до 457,50 м, что позволяло маневрировать его изменениями в интервале 1,96 м.

Подпор от плотины Иркутской ГЭС, пуск первых гидроагрегатов которой состоялся в декабре 1956 г., достиг оз. Байкал осенью 1958 г., после чего повышение уровня продолжалось еще до осени 1962 г., когда его отметка впервые превысила НПУ и достигла 457,34 м, хотя выход ГЭС на проектную нагрузку произошел в середине 1960 г. [7] с достижением уровня отметки 456,80 м, т. е. лишь на 20 см меньше НПУ. В дальнейшем, зарегулированные уровни Байкала изменялись (табл.) от 455,27 (1982 г.) до 457,42 (1973 и 1988 гг.). Амплитуда их колебаний за 1960–2016 гг. составила 2,13 м, а среднее значение уровня – 456,82 м, что на 0,83 м выше соответствующего показателя за годы естественного режима. При этом в 17 годах имели место форсировки уровня, т. е. превышения 457 м, а в 25 годах они были меньше 456 м (рис. 1). В маловодные 1980–1982 гг. озеро сбрасывалось даже ниже УМО.

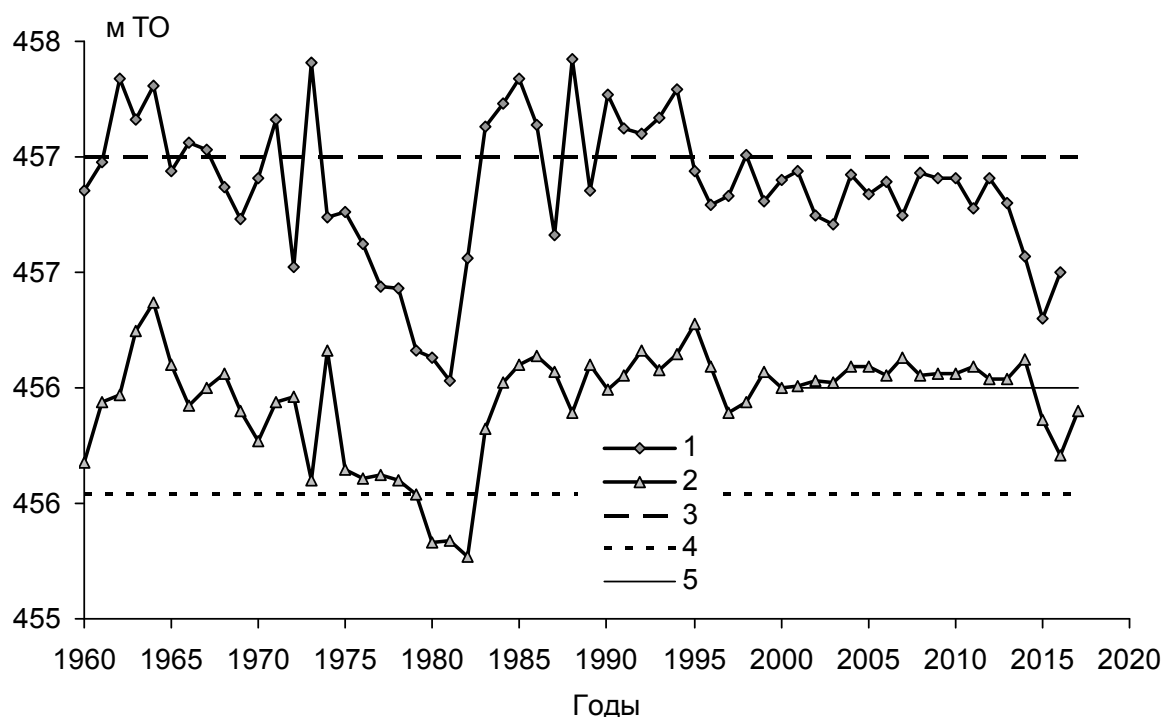


Рис. 1. Динамика зарегулированных уровней оз. Байкал в 1960–2016 гг.

1 – наивысший уровень в году, 2 – наинизший, 3 – НПУ, 4 – УМО, 5 – установленная с 2001 г. нижняя предельная отметка

Все форсировки уровня отмечались в период до 2001 г. и большей частью были неоправданными, так как по проекту Иркутской ГЭС они предполагались только в условиях многоводья, для пропуска паводков обеспеченностью 5 %, т. е. в среднем один раз в двадцать лет.

В отличие от предшествующего периода, с начала XXI в. уровень Байкала в соответствии с [5] ни разу не превышал 457 м и до 2015 г. ни разу не был ниже 456 м, однако из-за

наступившего маловодья в байкальском бассейне его значения в конце зимне-весенней сработки в 2015–2016 (а также в 2017) гг. на 10–29 см опускались ниже этой отметки (рис. 2).

Основным фактором формирования межгодовых колебаний уровня Байкала являются изменения речного притока в озеро, хотя после зарегулирования эта обусловленность несколько ухудшилась. Динамика многолетней изменчивости притока с 1960 г. характеризуется отрицательным трендом со средней интенсивностью $0,17 \text{ км}^3$ в год. Именно эта тенденция определила несколько пониженные, или близкие к средним величины притока речных вод в озеро в течение первых 14 лет текущего столетия («мягкое» маловодье), которые позволяли поддерживать уровень в установленном [5] метровом диапазоне. Однако в 2014–2015 гг. приток в озеро составлял только 60–70 % от нормы (в 2015 г. он был самым низким за все годы зарегулированного режима) и удерживать уровень в интервале 456–457 м можно было только существенно снизив сток через Иркутский гидроузел, что чрезвычайно бы осложнило водохозяйственную обстановку в нижнем бьефе ГЭС (следует отметить, что новыми ПИВР Байкала [6] такое снижение попусков через ГЭС допускается).

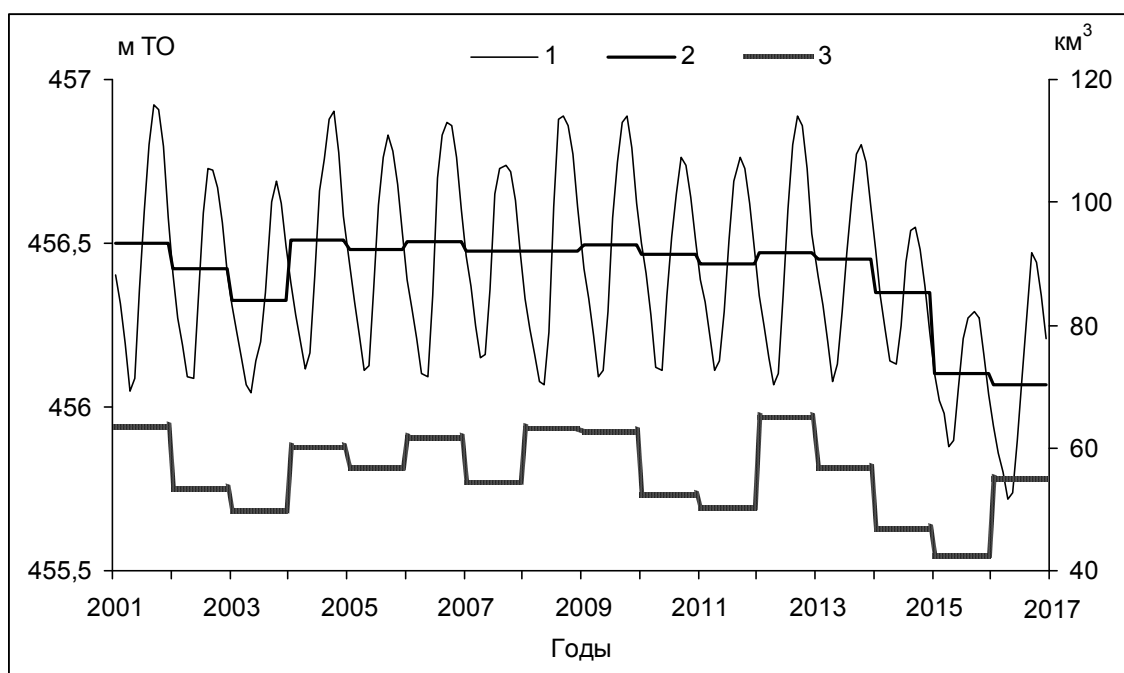


Рис. 2. Динамика притока воды в оз. Байкал и его уровней с начала XXI в.
1 – среднемесячные уровни; 2 – годовые уровни; 3 – годовой приток речных вод.

До зарегулирования размах колебаний уровня внутри отдельных лет изменялся от 0,48 (1903 г.) до 1,67 м (1932 г.) при среднем значении 0,94 м (табл. 1).

Таблица 1

Некоторые характеристики уровневого режима оз. Байкал в естественных и зарегулированных условиях до и после 2001 г. (числитель – среднее значение, знаменатель – пределы изменений)

Параметры водного режима	Расчетный период, годы		
	1901–1958	1960–2010	2001–2016
Средний уровень, м ТО	$\frac{455,62}{454,93-456,95}$	$\frac{456,40}{455,27-457,42}$	$\frac{456,41}{455,83-456,95}$
Внутригодовая амплитуда уровней, м	$\frac{0,94}{0,48-1,67}$	$\frac{0,99}{0,56-1,81}$	$\frac{0,75}{0,44-0,93}$
Речной приток в озеро, $\text{км}^3/\text{год}$	$\frac{57,49}{32,2-98,7}$	$\frac{64,77}{44,38-92,24}$	$\frac{56,00}{42,47-65,15}$

В 1960–2000 гг. диапазон изменений уровня существенно не отличался (0,56–1,81 м), тогда как с 2001 г. он редко достигал 0,9 м, снижаясь внутри отдельных лет до 0,44 м.

Средняя интенсивность подъема уровня в годы естественного режима составляла 5,5 мм/сут, а спада – 3,9 мм/сут [1]. В отдельные годы скорость подъема достигала 16 мм/сут, а спада – 6,1 мм/сут.

За годы зарегулированного режима значения интенсивности подъема и спада уровня незначительно возросли и составляют соответственно 5,9 и 4,2 мм/сут, с максимумами в 1973 г. (11,2 и 8 мм/сут). Наиболее интенсивный спад уровня в среднем приходится на декабрь (6,1 мм/сут), а подъем – на июль (8,7 мм/сут). Однако максимальный месячный прирост уровня наблюдался в августе 1973 г. и составлял 17,7 мм/сут.

В период 2001–2016 гг. средняя интенсивность спада оказалась значительно ниже (3,5 мм/сут), чем за все предшествующие годы регулирования, а скорость спада, наоборот, несколько возросла и составила 5,1 мм/сут.

Несмотря на отмеченные различия, внутригодовые изменения естественных и зарегулированных уровней остаются достаточно синхронными, с наибольшими различиями в зимние месяцы.

Заключение

Показатели сезонных и межгодовых колебаний уровня оз. Байкал в естественных условиях и период зарегулированного режима до конца XX в., несмотря на произошедший рост уровня в среднем на 0,8 м, оставались достаточно схожими. С 2001 г. диапазон регулирования уровней в соответствии с постановлением Правительства РФ значительно сузился и его внутригодовые изменения не превышали 1 м. В результате маловодья 2014–2016 гг. предположительная сработка уровня в последние годы выходит за нижнюю предельную отметку 456 м. Данная ситуация наглядно демонстрирует несовершенство существующей практики регулирования использования водных ресурсов Байкала. Для выработки наиболее оптимального режима регулирования озера назначаемый диапазон допустимых колебаний и другие характеристики его уровня должны как можно меньше различаться с соответствующими показателями естественного режима и быть ориентированными на разные условия водности. При этом особое внимание должно быть уделено аномально маловодным и многоводным периодам, с разработкой регламента действий в нештатных ситуациях, предусматривающего наиболее оптимальные варианты выхода из них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев А. Н. Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал. Новосибирск : Наука, 1976. 239 с.
2. Бычков И. В., Никитин В. М. Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 5–16.
3. Иркутская гидроэлектростанция на р. Ангаре. Технический проект. Т. 1. Природные условия. Ч. 2. Гидрологический очерк. М. : Моск. отд-ние Ин-та Гидроэнергопроект, 1951. 220 с.
4. Основные правила использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского, Братского и Усть-Илимского). М. : Изд-во М-ва мелиорации и водного хозяйства РСФСР, 1988. 65 с.
5. О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности : постановление Правительства РФ от 26 марта 2001 г. № 234 // Собр. законодательства РФ. 2001. № 14.
6. Правила использования водных ресурсов Иркутского водохранилища и озера Байкал. Проект. М. : Изд-во МГУП, 2013. 168 с.
7. Синюкович В. Н. Реконструкция естественного уровня оз. Байкал после строительства Иркутской ГЭС // Метеорология и гидрология. 2005. № 7. С. 70–76.

УДК 556.3

Экологические аспекты использования подземных вод для питьевого водоснабжения в условиях ИЖС г. Улан-Удэ

Н. В. Шантагарова (kafedra2017@mail.ru), В. Д. Хандуева (verahandueva@mail.ru),
С. Е. Санжиева (svegorsan@rambler.ru), Н. И. Альберг (michaleva_n@mail.ru)

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ

Аннотация. Приведены результаты исследований проб подземных вод, используемых в качестве питьевых, в условиях индивидуальной жилищной застройки г. Улан-Удэ. На основании результатов химического анализа подземных вод определен возможный риск состоянию здоровья населения разных возрастных групп.

Ключевые слова: капиллярный электрофорез, предельно допустимая концентрация (ПДК), подземные воды, нецентрализованное водоснабжение, оценка риска здоровью населения.

Введение

Наиболее острой в современном мире является проблема обеспечения жителей питьевой водой. Качество питьевой воды является одним из основных факторов, влияющих на здоровье человека. Снабжение населения питьевой водой надлежащего качества является важным элементом обеспечения социально-экономического развития территории и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Неудовлетворительное качество питьевой воды является причиной высокого уровня заболеваемости населения.

Региональным Управлением Роспотребнадзора по РБ опубликованы данные о качестве питьевой воды в республике Бурятия, в которых указано, что удельный вес населения, обеспеченного питьевой водой, отвечающей санитарным требованиям составил 67,8 %. Недоброкачественную питьевую воду потребляет 6,5 % населения республики (63197 человек).

Население, обеспеченное нецентрализованным водоснабжением, составляет 53,3 % от общей численности населения РБ, из них 41,7 % обеспечены доброкачественной питьевой водой, 7,3 % – условно-доброкачественной питьевой водой. Удельный вес проб воды из источников нецентрализованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в разы выше и составил 13,2 %; по микробиологическим показателям также выше – 7,2 % [2].

Для Бурятии подземные воды являются основным источником водоснабжения населения. Доля использования подземных вод в общем балансе питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения составляет 93 %. Ведущую позицию в использовании подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения занимает г. Улан-Удэ. Здесь проживает около половины населения Республики Бурятия и добывается подземной воды в сумме около 66 % от общего количества извлекаемой воды, без учета водоотлива из горных выработок [4].

В настоящее время наблюдается проблема массового нерегулируемого индивидуально-жилищного строительства. Город Улан-Удэ обрастает малоэтажными поселками с деревянными домами, возведенными силами самих жителей. Главными недостатками этих поселков является неорганизованность, нарушение правил градостроения, пожарных, санитарных и экологических норм, отсутствие систем центрального водоснабжения и водоотведения, зон санитарной охраны скважин водозабора. Источниками водоснабжения в условиях ИЖС чаще всего являются частные скважины подземных вод.

Целью работы является изучение качества подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения в условиях ИЖС г. Улан-Удэ и оценка возможных рисков здоровью населения.

Экспериментальная часть

Для изучения качества подземных вод в условиях ИЖС г. Улан-Удэ были проведены исследования, в ходе которых было сделано 477 анализов. Отбор проб воды для химического анализа производили из разных точек индивидуальных жилых застроек г. Улан-Удэ согласно

требованиям нормативно-технической документации [6]. Исследования проведены в центре коллективного пользования «Прогресс» ВСГУТУ методом капиллярного электрофореза на приборе Капель–105 М. Химический анализ подземных вод проводили на содержание хлорид-, сульфат-, нитрат-, нитрит-, фторид-, фосфат-ионов, ионов аммония и отдельных химических элементов (K, Na, Li, Mg, Ca, Sr, Ba).

Согласно результатам наших исследований превышение ПДК в подземных водах выявлено по 6-и показателям: ионам бария, лития, фторид-ионам, нитрат- и нитрит-ионам, ионам аммония. Превышения ПДК были обнаружены в 30 пробах, в некоторых пробах превышения ПДК отмечены по 2-м показателям одновременно.

Были получены данные о глубине скважин подземных вод, используемых для питьевых целей. Из 30 точек отбора проб воды, где наблюдаются превышения ПДК, в 19 точках глубина скважины составляет 5–9 м, в 3 точках составляет 10–13 м.

В процессе исследований также был проведен анализ устройства выгребных ям. У 47,5 % выгребных ям отсутствует бетонированное дно, т. е. сточные воды дренируют через грунт, и происходит их смешивание с подземными питьевыми водами, в результате этого возникает высокий риск здоровью населения разных возрастных категорий. При этом на соседних участках или даже на одном участке из-за ограниченности площади в непосредственной близости соседствуют скважина и выгребная яма. Среднее расстояние от выгребной ямы до скважины подземных вод составляет 16,7 м, минимальное – 3 м.

В приведенных ниже таблицах представлены результаты исследований по веществам, концентрации которых превышают значения ПДК. Кроме того, определены уровни риска здоровью населения разных возрастных категорий. Расчет произведен согласно Руководству по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [5]. Согласно данному нормативному документу возможные риски здоровью населения можно классифицировать следующим образом:

- первый диапазон равный или меньший $1 \cdot 10^{-6}$ – малые риски, не требующие дополнительных мероприятий;
- второй диапазон более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$ – верхняя граница приемлемого риска, требуется постоянный контроль и дополнительные мероприятия;
- третий диапазон более $1 \cdot 10^{-4}$, но менее $1 \cdot 10^{-3}$ – не приемлем для населения, требует плановых оздоровительных мероприятий;
- четвертый диапазон более $1 \cdot 10^{-3}$ – не приемлем для населения, требуются экстренные оздоровительные мероприятия.

В табл. 1 проанализированы пробы воды, в которых обнаружены превышения ПДК по ионам бария.

Таблица 1

Оценка риска здоровью населения при воздействии ионов бария

№ п.п.	Точка отбора пробы воды	ПДК _i , мг/л	C _i в пробе, мг/л	Превышение ПДК, раз	Оценка риска по возрастным группам			Уровень риска HQ _i
					0 – <6 лет	6 – <18 лет	Взрослые	
1	ДНТ Сокол, 167	0,1	2,65	26,5	0,0107	0,0066	0,00532	4
2	ДНТ Сокол, 358		3,98	39,8	0,0161	0,0099	0,00796	4
3	ДНТ Сокол, 169		2,58	25,8	0,0105	0,0064	0,0052	4
4	п. Тулунжа, ул. Крылатая, 16		5,07	50,7	0,0206	0,0127	0,01	4
5	п. Поселье, ул. Звездная, 26		0,479	4,79	0,0019	0,0012	0,00096	3 и 4
6	п. Поселье, ул. Звездная, 192		0,663	6,63	0,0028	0,0017	0,0013	4
	Среднее значение		2,57	25,7	0,01	0,0064	0,00512	

Анализируя результаты по концентрации ионов бария, можно сделать вывод о том, что в 9,83 % всех проб наблюдается превышение ПДК в среднем в 25,7 раз.

Барий способен привести к мышечной слабости и болям в брюшной области, увеличению артериального давления и изменениям в сердечно-сосудистой системе. Согласно нашим расчетам по оценке риска во всех возрастных категориях уровень риска состоянию здоровья соответствует четвертому диапазону, т. е. самому высокому уровню риска.

В таблице 2 представлены результаты по превышению предельно-допустимой концентрации ионов лития, обнаруженные в одной пробе воды. Превышение составило 152,6 раза. В настоящий момент выявляется источник загрязнения подземных вод ионами лития.

Таблица 2

Оценка риска здоровью населения при воздействии ионов лития

Точка отбора пробы воды	ПДК _i , мг/л	C _i в пробе, мг/л	Превышение ПДК, раз	Оценка риска по возрастным группам			Уровень риска HQ _i
				0 – <6 лет	6 – <18 лет	Взрослые	
п. Поселье, ул. Флотская	0,03	4,58	152,67	0,0053	0,0033	0,0026	4

Превышение концентрации лития несет существенный риск развития болезней кожи – дерматит (аллергический, контактный дерматит, атопический дерматит), витилиго (разрушение кожного пигмента меланина), угревая болезнь (угри, акне) и выпадение волос (алопеция). Уровень риска соответствует самому высокому четвертому диапазону.

В табл. 3 проанализированы пробы воды, в которых обнаружены превышения ПДК по фторид-ионам.

Таблица 3

Оценка риска здоровью населения при воздействии фторид-ионов

№ п п	Точка отбора пробы воды	ПДК _i , мг/л	C _i в пробе, мг/л	Превышение ПДК, раз	Оценка риска по возрастным группам			Уровень риска HQ _i
					0 – <6 лет	6 – <18 лет	Взрослые	
1	ул. Песочная, 6	1,5	6,71	4,47	0,2332	0,1438	0,1150	4
2	п. Зеленхоз, ул. Третьякова, 17		2,47	1,65	0,0859	0,0529	0,0423	4
3	Среднее значение		4,59	3,06	0,1596	0,09835	0,07865	4

Фтор является активным в биологическом отношении микроэлементом, содержание которого в питьевой воде во избежание кариеса или флюороза зубов должно быть в пределах 0,7–1,5 мг/л.

Анализируя результаты по концентрации фторид-ионов, следует отметить, что в 3,28 % всех проб наблюдается превышение ПДК в среднем в 3,06 раза. Уровень риска также соответствует самому высокому четвертому диапазону.

В табл. 4 представлены результаты анализа по содержанию в пробах воды нитрат-ионов.

Анализируя результаты по концентрации нитрат-ионов можно сделать вывод о том, что в 8,2 % всех проб наблюдается превышение ПДК в среднем 1,14 раз. Показатели нитратной группы являются хорошим индикатором органического антропогенного загрязнения подземных вод.

Уровень риска здоровью во всех возрастных категориях высокий.

Основная опасность нитратов – их способность накапливаться в организме и окисляться там до нитритов и нитрозаминов, которые значительно более токсичны и способны вызывать так называемое вторичное и третичное нитратное отравление.

Накопление больших количеств нитратов в организме способствует развитию метгемоглобинемии. Нитраты вступают в реакцию с гемоглобином крови и образуют метгемоглобин, которые не переносит кислород и, таким образом, вызывает кислородное голодание

тканей и органов. Употребление воды, содержащей 2–11 мг/л нитратов, не вызывает повышения в крови уровня метгемоглобина, тогда как использование воды с концентрацией 50–100 мг/л резко увеличивает этот уровень [3].

Таблица 4

Оценка риска здоровью населения при воздействии нитрат-ионов

№ п.п.	Точка отбора пробы воды	ПДК _i , мг/л	C _i в пробе, мг/л	Превышение ПДК, раз	Оценка риска по возрастным группам			Уровень риска HQ _i
					0 – <6 лет	6 – <18 лет	Взрослые	
1	п. Таежный, ул. Жемчужная, 5	45	47,1	1,047	4,3657	2,6914	2,1531	4
2	ДНТ «Туяа», ул. Янтарная, 5		48,2	1,071	4,4676	2,7543	2,2034	4
3	п. Зеленхоз, ул. Третьякова, 17		51,1	1,136	4,7828	2,9486	2,3589	4
4	п. Зеленхоз, ул. Арбузова, 2а		55,2	1,227	5,1165	3,1543	2,5234	4
5	п. Бурвод, ул. Баргузинская, 40		54,2	1,204	5,0238	3,097	2,4777	4
	Среднее значение		51,16	1,137	4,7512	2,929	2,3432	4

В таблице 5 представлены результаты по превышению предельно-допустимой концентрации нитрит-ионов.

По нитрит-ионам отмечено превышение ПДК в 3,3 раза в 4,9 % всех проб. Нитрит-ионы обладают подобным воздействием на организм человека, что и нитрат-ионы. Уровень риска здоровью населения соответствует самому высокому четвертому диапазону. Содержание нитритов является важным санитарным показателем. Нитриты значительно опаснее нитратов, поэтому их содержание в воде контролируется более строго.

Таблица 5

Оценка риска здоровью населения при воздействии нитрит-ионов

№ п.п.	Точка отбора пробы воды	ПДК _i , мг/л	C _i в пробе, мг/л	Превышение ПДК, раз	Оценка риска по возрастным группам			Уровень риска HQ _i
					0 – <6 лет	6 – <18 лет	Взрослые	
1	п. Таежный, ул. Жемчужная, 7	3,3	8,55	2,59	0,04924	0,03043	0,02429	4
2	п. Таежный, ул. Агатовая, 9		11,3	3,42	0,06546	0,04036	0,03229	4
3	п. Южлаг, ул. Кичерская		13,1	3,97	0,07589	0,04679	0,03743	4
	Среднее значение		10,98	3,32	0,06353	0,03919	0,03134	4

В таблице 6 представлены результаты по превышению предельно-допустимой концентрации ионов аммония.

Согласно результатам исследований по ионам аммония в 29,51 % всех проб наблюдается превышение ПДК в среднем в 2,074 раза. Перенасыщение ионами аммония отражает ухудшение санитарной ситуации. Это эффективный индикатор загрязнения для подземных вод. Уровень риска для здоровья населения также соответствует самому высокому четвертому диапазону. Постоянный прием внутрь воды с повышенным содержанием аммония вызывает хронический ацидоз и изменения в тканях.

В природных и сточных водах азот выступает в четырех основных формах: в виде ионов аммония NH_4^+ , нитрит-ионов NO_2^- , нитрат-ионов NO_3^- и в составе органических соединений. При этом, повышение концентрации ионов аммония и нитритов обычно указывает

на свежее загрязнение, в то время как увеличение содержания нитратов – на загрязнение в предшествующее время [1].

Таблица 6

Оценка риска здоровью населения при воздействия ионов-аммония

№ п п	Точка отбора пробы воды	ПДК _i , мг/л	С _i в пробе, мг/л	Превышение ПДК, раз	Оценка риска по возрастным группам			Уровень риска НҚ _i
					0 – <6 лет	6 – <18 лет	Взрослые	
1	п. Загорск ул. Радужная, 3	0,5	0,821	1,642	0,0761	0,0469	0,0375	4
2	ДНТ Сокол, 358		1,330	2,660	0,1233	0,0760	0,06080	4
3	ДНТ Сокол, 169		0,820	1,640	0,0760	0,04686	0,0375	4
4	п. Бурвод, пер. Баргу- зинский, 63		1,570	3,140	0,1455	0,0897	0,0717	4
5	п. Бурвод, ул. Баргу- зинская, 40		1,680	3,360	0,1557	0,096	0,0768	4
6	ул. Республиканская, 7		0,981	1,962	0,0909	0,056	0,0448	4
7	ул. Республиканская, 9		1,030	2,060	0,0955	0,0589	0,0471	4
8	5-й км, ул. Степная протока		1,190	2,380	0,1103	0,068	0,0544	4
9	СНТ Аргада, ул. Район- ная		0,868	1,736	0,0805	0,0496	0,0397	4
10	ДНТ Туяа, ул. Топазная, 13		0,805	1,610	0,0746	0,046	0,0368	4
11	ДНТ Туяа ул. Изумрудная, 31		0,726	1,452	0,0673	0,0415	0,0332	4
12	п. Поселъе, ул. Строи- тельная, 24		0,741	1,482	0,0687	0,0432	0,0338	4
13	п. Поселъе, пер. Строи- тельный, 15		1,410	2,820	0,1307	0,0806	0,0521	4
14	п. Поселъе, ул. Уланская, 10		0,544	1,088	0,0504	0,0311	0,0249	4
15	п. Поселъе, ул. Флотская, 57		0,983	1,966	0,0910	0,0561	0,0449	4
16	п. Поселъе, ул. Флотская, 45		0,547	1,094	0,0507	0,0313	0,0250	4
17	п. Поселъе, ул. Флотская, 52а		1,540	3,080	0,1427	0,088	0,0704	4
18	п. Поселъе, ул. Радужная, 26		1,080	2,160	0,1001	0,0617	0,0494	4
	Среднее значение		1,037	2,074	0,08848	0,1095	0,0771	4

Конечный продукт разложения белковых веществ – аммиак. Наличие в воде аммиака растительного или минерального происхождения не опасно в санитарном отношении. Если же аммиак образуется в результате разложения мочевого белка сточных вод, такая вода непригодна для питья. Превышение ПДК по ионам аммония, нитрит- и нитрат-ионов может свидетельствовать о попадании органических удобрений или фекальных стоков в подземные воды в условиях ИЖС в связи с несоблюдением санитарных норм по организации скважин водозабора и выгребных ям.

С учетом вышеизложенного, возникает необходимость в выработке новой политики рационального использования подземных вод, которые в соответствии с законодательством РФ являются частью земных недр. Любое использование недр является законным только после получения соответствующего разрешения со стороны государства, оформленного в виде лицензии. Собственники или арендаторы земельных участков имеют право добывать под-

земные воды без лицензии для личных, бытовых и других, не связанных с предпринимательской деятельностью нужд, если водоносный горизонт не является источником централизованного водоснабжения. Кроме этого, он должен располагаться над другими водоносными горизонтами, которые являются источниками централизованного водоснабжения. Исключения составляют лишь грунтовые воды, которые обладают низким качеством, вследствие загрязнения с поверхности. К сожалению, население, проживающее в условиях ИЖС, бурит скважины до первого уровня подземных вод без исследования их качества, и используют эти воды в питьевых целях. Кроме того, для скважин подземных вод должна быть организована зона санитарной охраны, основное назначение которой предотвращение их загрязнения. В условиях индивидуальной жилой застройки полностью отсутствует контроль над организацией скважин и выгребных ям, собственники земельных участков являются активными пользователями водных ресурсов с нанесением экологического ущерба.

Вывод

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о достаточно высокой степени загрязнения подземных вод в результате их неконтролируемой эксплуатации в условиях ИЖС и о высоком уровне потенциальных рисков для здоровья населения при их употреблении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический мониторинг: шаг за шагом / Е. В. Веницианов [и др.]. М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. 252 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2013 году». Улан-Удэ : Экос, 2014. 132 с.
3. Гармонизация микробиологических и паразитологических показателей эпидемической безопасности питьевой воды с международными требованиями / Л. В. Иванова [и др.] // Гигиена и санитария. 2013. № 5. С. 45–48.
4. Информационный бюллетень «Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Республики Бурятия в 2015 году».
5. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Руководство. Р 2.1.10.1920-04 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 05.03.2004) // КонсультантПлюс[Электронный ресурс] : справочная правовая система «».
6. СанПин 2. 1. 4. 1175–02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников».

ЭКОЛОГИЯ: СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

UOT 913(479. 24)

Transition to Renewable Energy and Sustainable Energy Development in Azerbaijan

N. S. İmamverdiyev (İmamverdiyev.nicat@gmail.com)

Azerbaijan National Academy of Sciences Institute of Geography named after acad. H. Aliyev

Abstract. Preponderance of industrial states is completely dependent on energy to fuel their economies. Besides, globalization has made the world to be so interconnected and interdependent that the energy industry is the biggest contributor of the climate change which doesn't affect a single country but have far wider implications. The growing awareness of the security of energy supply and climate change challenges associated with fossil fuels has triggered countries around the globe to find alternative energy resources. As a post-soviet country, the economy of the Azerbaijan Republic significantly based on oil production which is the biggest threat to sustainable energy development. Above all, Azerbaijan's dependency on the fossil fuel is the biggest obstacle for the long term economic growth due to decrease in oil prices and the depletion of oil resources. The combination of these newly emerged challenges give impetus for Azerbaijan to diversify its economy via a green economy that will pave a way for the long term economic stability while addressing environmental and social concerns in the country. In this regard, the principal purpose of this research is to explore the sustainable energy development in Azerbaijan through the transition to renewable energy and propose appropriate measures for policy framework.

Keywords: Alternative and renewable energy sources, Electrical installations, Environmental safety, electricity energy.

Introduction.

Sustainable Future! All countries around the globe should consider sustaining its welfare and resources to future generations through respecting sustainable development goals that comprise social progress, poverty reduction, equity, enhanced resilience, economic growth, and environmental sustainability. On the basis of the evidence currently available, it seems fair to suggest that all countries of the world community are interdependent that is to say they are committed to the "tragedy of the commons" unwillingly. To make it much more clear, tragedy of the commons means a situation within a shared-resource system where individual states acting independently and rationally according to their own self-interest behave contrary to the common environment and planet of all states by depleting that resource.

Energy politics affects all the aspects of daily life through the vast use of energy from household to industries, hence, the issue of energy security remains a very crucial yet compelling one. Before there was a challenge of Energy Security in front of the states to tackle, starting from 1990s the intrusion of climate change into energy issues stir up states to adopt costly policies on climate change and energy security that would reduce growing emissions that is the result of the dependence from the non-renewable energy sources such as oil, gas and coal which promise the unsustainable future.

World energy consumption is based on 80 % upon fossil fuels which are the polluting sources that accelerate global warming. Besides, climate change revealed that current energy and environment equilibrium is unsustainable. Energy policies should now integrate climate change policies in order to save the environment that the people live in. This challenge is very crucial one in front of the not only a single country, but also all countries in the world. Thus, unsustainable patterns of energy production and consumption in any country threaten not only human health and quality of life but also affect ecosystems and contribute to climate change. There arises a question that who is going to save or sustain our planet for the future generations? Who is going to pay for the proper maintenance of the planet? Can sustainable energy developments be an engine for sustainable future?

The world has seen a sharp increase in renewable energy (RE) capacity over the past decades. This is thanks to a rise in RE promotion schemes; actions to make energy more secure in response to climate change; and a sharp fall in RE technology costs. This is an encouraging trend, as renewable energy solutions can yield important social, economic and environmental benefits, such as removing pressure on important ecosystems and allowing countries' electrical grids to be stable and reliable engines of economic growth.

Renewable energy and Energy efficiency are central to a transition to a sustainable future. Efficiency slows down energy demand growth so that rising clean energy supplies can make deep cuts in fossil fuel use. Moreover, Renewable energy presents major economic opportunities such in elimination of energy poverty. If non-renewable energy prevails renewable energy, the future becomes unsustainable that will affect all states around the world. Most of the studies concerning climate change and its consequences show that developing countries may be the first victims of climate change.

There arises contradiction that how is it possible to produce more energy in order to avert the energy poverty and simultaneously to reduce emissions significantly in order to be committed to the sustainable energy development? The resolution of the contradiction can be achieved via the actions, adaptations and higher prices. Because climate belongs to the citizens of the world that is to say climate change is a global public good that requires global governance by the International Community.

Some countries, particularly EU and U. S engaged in mitigation process specifically the process of emissions reductions and commitment to sustainable energy development. Many others, particularly the developing world countries escape the problem and give priority to economic growth. Powerful world organizations or lobbies are highly efficient at hiding problems which doesn't vest any interest to them in case of enlightening. Even, there is strong contradiction among the pursued policies by these leaders in the world. EU's 20/20/20 package on climate change and energy policy and the costly policies adopted by the US are not the best alternative to avert the growing emissions due the reason that these states are not the only polluters of the environment.

Climate Change is the global public good that needs not only developed world but the developing world all together to cooperate in adoption and mitigation of climate change policies, because the growing emissions are the outcome of activities of all states in the world. Heavy impact on nature is made considerably by industries, and it is no by chance that the concept of sustainable development forced countries, particularly developing states to convert their fossil fuel based industries to green industries.

Transition to a renewable energy under conditions of a dominant oil industry is a challenging proposition to the Azerbaijan Republic that based on its economy on fossil fuels. Considering the fact that this transition is costly and promises higher growth in the long term, it pose a challenge to Azerbaijan whether to sustain its fossil-fuel based economy in order to keep economic growth or to pass to sustainable energy development that requires long-term implementation rather than economic growth? It is a big challenge to face with because Baku's lifeblood stems from its hydrocarbon reserves, with over 90 percent of its exports coming in the form of petroleum. A key to success is to transit to renewable energy that promises sustainable energy development in Azerbaijan.

The upcoming challenge of Climate Change.

“An increasing body of observations gives a collective picture of a warming world and other changes in the climate system.”

IPCC (2001:1)

Climate change is one of the defining issues of the early 21st century. It represents a significant risk to global ecosystems, the world economy and human populations. The scientific evidence is compelling that human activities are changing the world's climate. Without a clean, secure and sufficient supply of energy we would not be able to function as an economy or as a modern society. Climate change will have far reaching consequences not only for a specific country but for all of the countries of the world. The growing scientific consensus points to the need for urgent action to reduce carbon dioxide emissions. The Stern Review of the Economics of Climate Change is one of the many influential studies that highlight the economic costs of failing to tackle climate change (Stern. N, 2006).

Global warming and long-term climate change are real. There have regularly been instabilities in the world's atmosphere, basically determined by changes in the sun's emissions and by volcanic activity on earth. The present changes are more prominent than those anticipated by computer reproduction models in light of the sun and volcanism, and are accepted to be brought about by the expansion in nursery gasses, strikingly CO₂, that have been released in great quantities since the Industrial Revolution. These progressions are man-made and if amounts of CO₂ emitted by human activity continue to increase, it will destroy our planet that we live in. Therefore, switching from fossil-based fuels to emission-free energy sources leads to a reduction in greenhouse gas emissions.

There is growing support for the claim that the uncertainties about climate change are vast, indeed so vast that the standard tools of decision-making under uncertainty and learning may not be applicable. As all these issues come together in the emission of greenhouse gases, climate change truly is one of the greatest intellectual challenges of our times. Ultimately, climate change will be a serious economic problem, causing loss of coastal areas as a result of rising sea levels, floods and droughts, and famine. The cost of dealing with long-term climate change is high, but almost certainly far less than the economic cost of failing to act (Richard S. J. Tola, 2008).

One of the essential inputs for the economic and social development of any country is its total energy consumption per capita. However these days, the energy production systems don't seem to be sustainable and that they don't seem to be atmosphere friendly. Growing fossil energy consumptions in production, transportation and standard of living within the rising population have the utmost impact on the atmosphere in terms of worldwide warming potential and air pollution that paved the way for the extremely important challenge of the climate change. Moreover, the depletion of the fossil fuel sources was one of the biggest providers to the increasing fossil fuel prices.

A closer look at the data indicates that the temperature increase in Azerbaijan throughout 1991–2000 (0. 41 °C) augmented compared to the 1961–1990 years (0. 34 °C). Besides, the typical annual temperature increase is predicted to be 1. 50–1. 60 °C during 2021–2050, and precipitation is predicted to extend by 10–20 % compared with the 1961–1990 years. Global climate change will lead to a higher occurrence of water shortage by a factor of 3. 5 to 4, and increase humidity by at least 15 % of the baseline level by 2050. Further evidence support that global climate change has harmful effects on human health, increasing the long-run risk of an entire varies of diseases and infections (MENR, 2010). This information might give further motivation for Azerbaijan to rejoin global climate change negotiations.

With the emergence of the large Caspian oil and gas fields, Azerbaijan became the major hydrocarbon exporter starting from the 2000s. The country doesn't concern about energy security due to its high hydrocarbon production levels and available reserves. Azerbaijan enhances the development of renewable energy sources (RES) aiming at increasing its energy exports, satisfying the energy demand and diminishing its carbon footprint. Energy and industrial sectors are the critical generators of CO₂ emissions in Azerbaijan whereas the agriculture and forestry sectors generate the principal carbon sinks and land use change. Burning fuel in the production of energy, oil and gas extraction, transportation emits CO₂ emissions in the energy field which indirectly puncture the

ozone layer in the atmosphere. The ozone layer is very important for sustenance of life on earth. Additionally, the industry sector consistent with the growth of the metallurgy sector led to vast increase in GHG emissions (MENR, 2010). According to the SSC, the complete GHG emissions were 75.5 million tons, and per capita emissions were 3.7 tons in 2013 (SSC, 2014). As the oil sector has a significant role in boosting Azerbaijan's economic development over the last decade and its contribution to the country's GDP has remained between 30–55 %, promoting energy efficiency, energy saving and the use of renewable energy in energy generation are the best options to reduce GHG emissions.

With the purpose of reducing the country's GHG emissions and increase energy efficiency, Azeri government drafted the State Program on the Use of Alternative and Renewable Energy Sources (SAARES) in 2004 and it is established in 2009. As a positive incentive, companies operating in the renewable energy sector are exempt from customs duties and taxes. As per Decrees No. 112 and 113 of the Cabinet of Ministers (April 2014), customs duties and VAT on the import of equipment and technology used in energy efficiency and alternative and renewable energy sector has been waived for 10 years (Hajar Huseynova, 2014).

The data yielded by this study provides convincing evidence that crude oil prices have fallen dramatically over the past eighteen months, after four years of relative stability at around 110 USD per barrel. The persistent decline in oil prices, and therefore the certainty that they are going to be exhausted within the short term, has triggered discussions about the potential impact on Azerbaijan's renewable energy industry. Much of the current debate revolves around how long this decline of the oil prices will continue and whether larger profit lies in purchasing inexpensive oil or investing in renewable energy sector. The results provide confirmatory evidence that there is not a proven link between the decline of oil prices and the competitiveness of renewable energy. On these grounds, we can argue that decrease in the former will undesirably affect investment in the latter. Why it is so urgent challenge for Azerbaijan to tackle with? May be this challenge wasn't so important to consider a year ago but a tremendous decrease in oil prices and cut off the depletion of the oil resources until 2020 urges Azerbaijan to transit to renewable energy and base its economy on reliable renewable resources.

Recent trends for regional market integration vary. Where integration is difficult, renewable energy and energy efficiency measures are the most effective tools towards energy security. There is a significant lack of renewable energy development and demand management, despite approved legislation and available incentives in some cases. Rapid implementation of renewables and energy efficiency policies is essential to energy security and long term economic growth of Azerbaijan but it is also a key means for the country to reduce its significant carbon footprint which pollutes environment (common public good).

Sustainable Energy Development Indicators:

The scope of the sustainable development takes into consideration not only the industrial development aspects but also concerns the environmental, social and economic sides. All countries around the globe should consider sustaining its welfare and resources to future generations through respecting sustainable development goals that comprise social progress, poverty reduction, equity, enhanced resilience, economic growth, and environmental sustainability. Davidson (Oyedepo SO, 2012) stated the definition of sustainable energy as follows;

"Sustainable energy is defined as energy providing affordable, accessible and reliable energy services that meet the economic, social and environmental needs within the overall developmental context of the society for which the services are intended, while recognizing equitable distribution in meeting those needs."

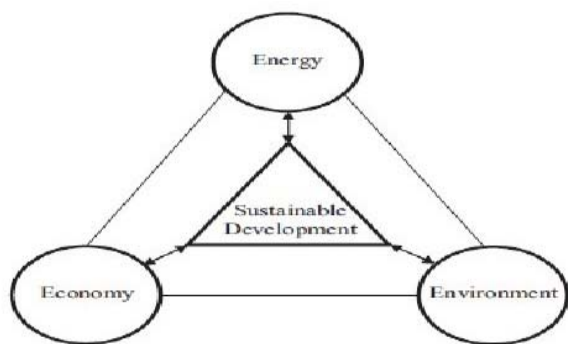


Fig. 1. The interdisciplinary triangle of sustainable development.

Definition of the sustainable energy should be given as the production, conservation and use of energy sources in ways that promote or at least are suitable with long-term human well-being and ecological balance. As seen in Fig. 1, the sustainable development is a triangle consists of energy, environment and economy which are not superior to each other. Although renewable energy is very crucial indicator for sustainability, it does not provide the desired sustainable development without protecting the

environment and taking the economic indicators into concern (Murat Ozturk, 2015).

Five important targets for the sustainable energy view point should be given as;

- Low or zero emissions of carbon dioxide;
- No necessary ecological harmful impacts;
- Enhancing the security of the energy transit;
- Reducing the cost of the energy production;
- Improving the utilization of the green technologies.

It is an undeniable fact that high levels of carbon dioxide emissions cause the global warming effect. Due to this reason, low carbon emission technologies are very noteworthy for sustainable energy development. In addition, sustainable energy view point requires the operation of energy flow and removal of wastes without surpassing the carrying capacity of the nature. The security of the energy transit has a social impact as energy sources are utilized in daily life and access to energy sources is vital for well-being of the community. The cost of energy production is the other central issue for industrial and household uses. In the developed world, accessibility to the energy sources is human right, and also technological development should diminish the cost. An essential target for the sustainable energy development view point is transition to renewable energy sources and the growing renewable energy technology use in the world (Murat Ozturk, 2015).

There is a twin relationship between sustainable development (SD) and climate change (CC). In other words, they are the two sides of the same coin. On one hand, climate change influences core natural and human living conditions and thereby conjointly the premise for social and economic development; while on the other hand, society's priorities on sustainable development impact the GHG emissions that are promising (un)sustainable future. Recognizing the dual relationship between SD and CC points to a need for the exploration of policies that jointly address sustainable development and climate change. Sustainable development goals for transition economies are tightly connected with CC mitigation, as a result these countries have high-energy intensities of economies, low energy efficiency in energy production and consumption sectors, thus the sustainable development goals for these countries embody GHG mitigation challenges as well (Rammel and Van der Bergh, 2003)

Synergies between Renewable Energy and Sustainable Development.

Due to some environmental concerns such as global warming, air quality, and environmental destruction, society and governments have started to become aware of sustainability term. Therefore to improve current energy strategies to sustainable development level, sustainable energy resources should be used. For this reason, studies have been conducted in order to find sustainable energy sources and to use current energy sources efficiently. Current research appears to validate the view that the use of fossil fuel sources should be limited and energy policies should be updated to renewable energy sources.

Sustainable development enhances standard of living economically and environmentally in the long term growth that has got to be supported by the economic structure of the country. To sustain energy convenience and keep atmosphere inhabitable for future generations, finding alternative sources of energy is crucial. In addition, growing awareness of society concerning environmental problems and the depletion of the fossil energy sources support renewable energy sources. These

alternative sources of energy are the necessary and determinant policy areas for the countries, and will embody current and future energy policies.

The economic growth and prosperity of any country or region in the world is related to the level of its consumption of energy. With the Industrial Revolution, there has been a quantum leap towards the tremendous consumption energy which is supplied through fossil fuels such as gas, petroleum and coal. During 1920s, coal accounted for the maximum part of total energy supply of the world. Later in early 1990s, its share dropped to only 26 %, while 40 % of the world's energy needs was taken by oil. Now the depletion rate of fossil fuels has reached to 100,000 times faster than its formation rate.

When the resource under consideration is non-renewable energy source, the problem of depletion is an obvious addition to its consumption. At present, non-renewable fossil fuels (natural gas, coal and petroleum) contribute to 90 % of world commercial energy production. The remaining 10 % generated from non-conventional form of energy (nuclear, hydropower, geothermal, wind, solar, etc.). Even if the present reserves of fossil fuels may be sufficient enough to meet the global energy demand for years in future, any consumption of such resources represents an absolute loss in its finite supply. (Gunjan. N, 2010)

In modern world the demand for energy has increased dramatically in the past century and it will grow even further in the near future than ever before. Renewable energy is that energy which comes from the natural energy flows on earth. Unlike conventional forms of energy, renewable energy will not get exhausted. Renewable energy is also termed as "green energy", "clean energy", "sustainable energy" and "alternative energy".

Merits:

- ✓ Renewable energy sources are available in nature free of cost;
- ✓ They produce no or very little pollution;
- ✓ They are inexhaustible;
- ✓ They have low gestation period.

Demerits:

- ✓ In general, the energy is available in dilute form from these sources;
- ✓ Though available freely in nature, the cost of harnessing energy from non-conventional source is generally high;
- ✓ Availability is uncertain; the energy flow depends on various natural phenomena beyond human control;
- ✓ Difficulty in transporting such forms of energy.

Renewable energy and energy efficiency create one of the primary indicators for sustainable economic and social development. In line with the rising population, urbanization, industrialization, spreading of technology and rising of wealth, energy consumption rate of the country as the other developing countries are increasing. Energy consumption and consequently energy supply at minimum amount and cost are the primary targets, within the approach of a sustainable development that supports economic and social development and that have destructive impact on the environment at the minimum level.

Improvement of domestic production by increasing efficiency of plants by rehabilitation, diversification of energy sources to secure energy supply, accelerating the existing construction programs, initiation of latest investments are the basic strategy for the achievement of the sustainable energy development. Utilization of renewable energy sources in the country is very important in terms of the sustainable development and foreign capital flow by means of foreign investors. After using of the renewable energy potential, the country will become less dependent on imported fossil energy sources (especially oil and natural gas), reduce greenhouse gas emissions and may even export green electricity to other countries in need.

A closer look at the data indicates that Azerbaijan's Energy efficiency development is in its early stages. With the purpose of achieving reduction of losses, prevention of theft and inefficient use of energy, several state programs accepted. Besides, Azerbaijan has joined international negotiations on developing energy efficiency by ratifying the Energy Charter Treaty and the Protocol on

Energy Efficiency and Related Environmental Aspects (PEEREA). Despite the fact that Azeri government established state programs and joined the international agreements, in terms of institutional engagements, Energy Efficiency is somewhat undeveloped, and there is a need for targeted legislation on Energy Efficiency activities.

Further evidence support that the investments in generation and transmission and the conversion of some power plants from heavy oil to natural gas have enriched conditions for the electricity system since 2000, providing a significant step forward in terms of cultivating power plant efficiency and reducing environmental impact. Additionally, the State Program on the Use of Alternative and Renewable Sources (2004) and the State Program for the Development of the Fuel and Energy Sector (2005–2015) predicts the efficient utilization of hydrocarbon energy sources, targeting the reduction of losses, prevention of theft and combating the inefficient use of energy in order to cover electricity and natural gas demand. Despite Azerbaijan's commitment to realizing policies for the purpose of advancement in Energy Efficiency and lessen the environmental impacts of its energy cycle, Azerbaijan still necessitates additional developments in terms of strategy, action plans and legislation. Households, commerce and public sector are the foremost electricity consuming sectors in Azerbaijan. Therefore, in addition to concentrating on the rehabilitation and reconstruction of the transmission and distribution lines, energy efficiency requires energy management and audits of large buildings, governmental, residential and corporate (SSC 2014).

Renewable Energy Policy of Azerbaijan:

Energy policy of Azerbaijan is realizing within the context of sustainable development discussions. To make the issues much clear, Azerbaijan has signed, ratified and become a party to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and adopted the Kyoto Protocol as a non-annex country on the international standard. However, the above-mentioned agreements have no legally binding provisions to reduce GHG emissions; they merely offer incentives for reduction through International Emission Trading (IET), Joint Implementation (JI) and Clean Development Mechanism (CDM). On the national standard, Ministry of Ecology and Natural Resources (MENR) of Azerbaijan has been implementing the CDM of the Kyoto Protocol. The initial commitment period of Kyoto Protocol ended in 2012, Azerbaijan needed to sign and ratify the second commitment period, Doha Amendments to the Kyoto Protocol in order to take advantage of the above-mentioned mechanisms. With the purpose of reducing the GHG emissions Azerbaijan adopted the “National Action Plan on Environmentally Sustainable Socio-Economic Development” in 2003 which become the crucial incentive in the usage of alternative and renewable energy sources in energy generation.

✓ Recognizing the potential of alternative and renewable energy sources in electricity generation;

- ✓ Exploring A&RE sources for the sake of energy efficiency;
- ✓ Providing innovative vacancies through developing new energy generation areas;
- ✓ Diversify and improve the energy capacity of the country for the sake of energy security.

This document is about the discussion of the potential RES; however it doesn't outline specific targets for renewable energy use. It outlines a complete of 20 measures in order to increase the utilization of RES. Some of them are followings:

- ✓ To draft legislation with the aim of having progress in RES;
- ✓ To conduct various research and development activities;
- ✓ To facilitate the training of the experts and raising awareness among energy consumers;
- ✓ To realize projects in the hydropower sector (including small hydro);
- ✓ To use RES such as solar, wind, biomass and geothermal energy.

There were not enough funds available to implement the ambitious targets in the first period of the programme. Although Azerbaijan has made some advancement in the field of small hydro, solar and wind, it is not enough evidence to validate the broad use of different RES at an optimum.

The State Programme for the Development of the Fuel and Energy Sector in the Republic of Azerbaijan for 2005–2015 outlines the priorities for the development of the country's energy industry. Although, it doesn't cover the crucial provisions regarding the utilization of RES, it does men-

tion that the increase of the overall energy supply are going to be achieved mainly through the expansion of the use of RES and the share of RES in total power generation is anticipated to reach 15 % by 2015.

The State Programme for the Socio-Economic Development of Regions of the Republic of Azerbaijani for 2009–2013 was intended to deal with specific development requirements at the regional level. The document contains the provisions for the building of small HPPs as a local energy source in every economic region of the Azerbaijan. Although, it comprises the provisions for the construction of wind and solar power plants in landlocked exclave Nakhchivan, no crucial progress concerning solar and wind energy has been achieved so far.

The president of Azerbaijan ratified the document “Azerbaijan 2020: A Look into the Future” a development concept projected to provide a vision for the new stage of the country’s development at the end of 2012. The document targets construction of a diverse, efficient and innovative economy through the extensive use of RES as a tool for the development of the national economic system. The following measures covered in the document:

- ✓ To provide incentives for the acceleration of the development of alternative and renewable energy sources;
- ✓ To create a satisfactory institutional environment;
- ✓ To reinforce research and development potential in renewable energy sector;
- ✓ To train experts and raising public awareness about the use of RES;
- ✓ To have flexible tariffs for renewable-based energy products in order to encourage the involvement of private sector.

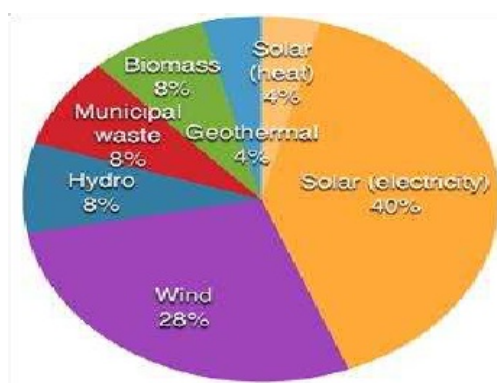


Figure 2. Projected breakdown of renewable- based energy supply by source in 2020 (Source: SAARES)

President of Azerbaijan Ilham Aliyev requested the improvement of a national strategy on the use of alternative and renewable energy sources in the Republic of Azerbaijan for 2012–2020 on December 29, 2011. SAARES in cooperation with appropriate central and local authorities along with national and international enterprises was responsible to develop the document. The document aimed to deal with the following activities:

- ✓ To categorize the significant areas for the production of electricity and heat from RES in 2012–2020;
- ✓ To form a legal framework for the sector of alternative and renewable energy;
- ✓ To arrange incentives for the usage of RES;
- ✓ To stimulate the utilization of renewable energies in all economic spheres based on domestic and international scientific plus technology potential:

In order to enhance the national strategy in renewable energies, Azerbaijan adopted following targets by 2020 in 2013:

- ✓ 20 % share of RES in total energy sector;
- ✓ 9,7 % share of RES in total final energy consumption;
- ✓ 2,500 MW installed capacity of renewable-based generation equipment;
- ✓ 20 % progress in energy efficiency;
- ✓ 20 % reduction of GHG emissions.

Considering the fact that quite number of renewable energy–related decrees, orders and resolutions adopted by Azeri government were a real support and interest of country in RES, it is vital for Azerbaijan to adopt a dedicated renewable energy law in order to act properly. Even if it is vibrant to transit, but capital cost of renewable energy technologies are pretty high comparatively with its maintenance.

RES Potential and Achievements in Azerbaijan:

Current data validates the assumption that Azerbaijan is rich with RES such as solar, wind, geothermal, hydro and biomass energy. Endowed with an abundance of renewable energy, Azerbaijan has a real advantage to transit to renewable energy in order to fulfill sustainable energy development targets that it is committed. The development of the renewable energy sources are the priority of the government strategy. The availability of small mountain rivers within various regions of the country paves the way for the development of small HPPs which are the promising aspect of the renewable energy policy. Wind energy is very famous among the RES of Azerbaijan due to its high annual velocities. The wind that blows more than 250 days per year and may generate approximately 2,4 billion kWh of electricity annually is the most preferred renewable energy source due to its unlimited availability. Besides, providing 2,400–3,200 hours of sunshine per year, solar energy potential is vast in the country due to the convenient geographical conditions.

Biomass combustion and gasification are extensive due to the 2 million tons of solid domestic and production waste annually. It is noteworthy that geothermal power is also available in Azerbaijan that could somehow cover heat energy demand. Based on the numerous studies on RES since about 2004, endowed with wealth of the renewable energy, Azerbaijan have to realize this potential in a maximum level through government policy rather than leaving everything in the private hands which is quite risky.

Table 1

Type	Potential capacity, MW
Solar	5000
Wind	4500
Bioenerji	1500
Geothermal	800
Small hydro	350
Total	12150

Estimated potential of RES in Azerbaijan (Source: SAARES)

Hydrogen Energy:

Hydrogen energy is not freely available in nature because it is attached to other compounds such as water and organic compounds. Thus, it is considered as an energy carrier not a principal energy source because it takes an effort to distinct the hydrogen from these compounds. It is used in areas such as thermal energy, transportation, electric power production, besides it is even used in portable devices in the form of liquid or gas. Additionally, hydrogen can be produced from both fossil energy and renewable energy sources. Despite the fact that hydrogen technology is quite expensive, it is much more proficient than fossil fuel technologies if the challenges such as production, storage, transmission and distribution would be solved.

In spite of being the biggest contributor to the country's total energy needs, hydropower potential of Azerbaijan are not developed at an optimum level. A closer look at the data indicates that complete hydropower potential of rivers in Azerbaijan was appraised at 40 billion kWh that contains feasible potential of 16 billion kWh. Considering the mentioned potential, it is conceivable to locate lots of small hydro power plants on rivers and water facilities which can generate up to 3. 2 billion kWh annually. Concerns such as regulation of flood waters, environmentally sound electricity generation and the creation of new irrigation systems could be overcome through the construction of hydro power plants on irrigation canals and rivers with unregulated flow. The use of small HPPs can solve not only electricity but also social problems. According to AzerEnerji, the functional capacity of HPPs in Azerbaijan is 1200 MW. The share of large HPPs in functional capacity is 14 % and the small HPPs are 2 %. Approximately 1100 rivers of varying lengths are able to generate 40 TW electricity annually. Presently, the technically achievable hydro energy potential is equal to 1. 6 TW, 0. 5 TW of which can be generated from small HPPs (ADB, 2009).

The state program on the enlargement of the small HPPs resulted with the privatization of "Guba", "Gusar", "Sheki", "Chichakli", "Mughan", "Zaykhur" Nugandy", "Balakan" and "Chi-

narli” HPPs. The annual power of the plant has increased from 720 kWh to 1.2 MW as a result of the restoration of the small HPP on Kish river in Sheki. In addition, the UNDP office in Azerbaijan has supported the reconstruction and rehabilitation of a small 580 kWh capacity HPP in Sheki (ME, 2009).

Over the last decade, Azerbaijan has launched new power stations operating on modern technologies that has reached 7,149 megawatts capacity of electricity generation system in the country. In recent times, it is announced by Azerenergy JSC that Azerbaijan just about finished the construction of three small hydro-electric power stations which contain two in Ismayilli and one in Astara. The construction of small hydropower plants can address the concerns with nationwide importance such as controlling floods, producing clean electricity and building new irrigation systems. The small hydropower station in Goychay plant with installed capacity of 3.1 megawatts generated more than 746,000 kWh of electricity during the first quarter of 2016.

Although, Azerbaijan challenged with power supply of the population due to the outdated power plants and transmission lines during 2003–2004. With the restoration of the existing infrastructure and construction of new power plants, the country not only succeeded to cover the domestic demand, but also began to export electricity. According to the State Statistics Committee of Azerbaijan, hydroelectric power plants of the country generated 376.7 million kilowatt per hour of electricity during the first quarter of 2016, which is 60.4 % more compared to January–March 2015. In total, 5.98 billion kilowatt per hour of electricity was produced in Azerbaijan in January–March 2016. (SSC, 2016).

Wind Energy:

In comparison with other alternative energy sources, wind energy is the most desirable renewable energy source in Azerbaijan due to its excessive perspective for an application of wind power facilities. The data appear to suggest that due to its geographical location and economic infrastructure, Azerbaijan Republic owns approximately 800 MW annual wind power capacities. Roughly, with the 2.4 billion kWh of electricity from available potential would save 1 million tons of conventional fuel while evading of emitting a large quantity of carbon dioxide.

Since the convenient windy conditions excel in the Absheron Peninsula, and along the Caspian seashore and islands in the north-west of Caspian basin, it is reasonable to use medium capacity wind power facilities in Ganja–Dahskesen zone and Sharur–Julfa area of the Nakhchevan Autonomous Republic based on the fact that the annual average speed of wind in those regions is 3–5 m/sec. Azerbaijan Scientific–Research Energy and Power Design Institute in cooperation with the Japanese company, Tomen determined that the annual average wind speed is 7.9–8.1 m/sec in Absheron. Furthermore, the 6 m/sec average speed of long-lasting wind demonstrates the economical and technical potential for using wind power. The two wind turbines run by Caspian Technology at Yani Yashma on the Caspian Coast north of Baku with a capacity of 1.75 mw is a current engagement of the country in wind-energy power generation.

With the purpose of expansion of a wind park with a capacity of 40 mw, proceeding policies reached to its advanced stage in the form of a German joint venture. This would mostly function for the Sumgait area under a special tariff discussed with the tariff authority. The company predicts that this park is going to escalate to a possible 250 mw capacity.

With the intention of developing offshore wind generating capacity to serve rigs in the Caspian Sea, the first wind turbines were erected by the Caspian Technology Company (CTC) with the cooperation of the Energy Competence Center GmbH (ECC). These two 1.7 MW capacity wind turbines along the Baku–Guba highway, in Yeni Yashma, Khizi Region contribute 35 KW of green electricity to the national energy grid. This project yields 6.5 mln KW energy and saves 2.5 mln m³ of natural gas annually (ADB, 2009)

The CTC’s Shurabad Project, an onshore wind park in Khizi region involves the 16 wind turbines, each with an energy capacity of 3 MW. The wind park plans to benefit from the high wind velocity in the area (8.5 m/sec and with a density of 1.22 kg/m³). The complete capacity is 48 MW and the installation will occur in three phases: in the first, 15 MW; in the second, 18 MW; and in the third, 15 MW. It is predictable that 47 % of the electricity generated will be connected to the na-

tional grid, equal to 183 GW per year. Each wind turbine will be connected to the grid via a 110/35 kWh distribution line. The annual estimated reduction in CO₂ is approximately 101,482 tons (CDM, December 2011). The design of the turbines and the installed software permits each turbine to be organized independently.

Eventually, Azalternativenerji LLC is supervising several programs on the application of solar panels and collectors, wind turbines and heat pumps within the framework of The State Program on Socio-Economic Development of the Regions of the Republic of Azerbaijan in 2014–2018.

Solar Energy:

Solar energy is the plentiful, easily obtainable and one of the safest form of the sustainable energy production systems. Solar energy technologies should be divided in three sets. Photovoltaic (PV) system produces electricity through direct conversion of solar radiation by using the semiconductor material. Concentrating collectors use concentrating solar energy to heat a receiver, which is placed on the focus point of the collector, to reach high temperature, after that heat energy is transformed into mechanical energy by using turbine system and then into electricity. Solar heating and cooling systems use the solar thermal energy for heating and cooling of domestic water and building space. On the basis of the evidence currently available, it seems fair to suggest that solar thermal collectors have a significant potential in reducing the fossil energy consumption for heating and cooling applications. Applying solar technology in desalination system is one of the clear options to supply fresh water from saline or sea water. Efficiency and suitability of the solar energy systems are enormously dependent on the daily solar radiation and radiation flux.

Due to its geographical location, Azerbaijan is one of the luckiest countries in terms of solar energy potential. The climate condition of the country gives great opportunities for production of electric and heat energy using solar power. These conditions provide confirmatory evidence that the 2400–3200 annual number of sunshine hours in Azerbaijan doesn't hold back in terms of potential progress of the annual number of sunshine hours in USA and Central Asia that is 2500–3000 hours. Besides, involvement of Azerbaijan in application of the Photovoltaic Program (PVP) can partially solve its energy problems.

The solar power that comes down to earth totals 1500–2000 kWh/m² annually in USA, 800–1600 kWh/m² in Russia, 1200–1400 kWh/m² in France, 1800–2000 kWh/m² in China and 1500–2000 kWh/m² in Azerbaijan (ADB, 2009). It is apparently clear that the quantity of solar intensity in Azerbaijan stands up very well in comparison with other countries. Solar is better-suited to the central river valleys and the north and northwest.

The construction of a SES in the Surakhani and Pirallahi districts of the Baku city has been finalized. The Surakhani SES occupies an area of 6 Ha and will generate up to 1.2 MW electricity via 8000 solar panels. An additional 4000 solar panels are to be installed in this station. The capacity of the project is 2.8 MW, and the annual generation power is 4000 MW, which is equivalent to saving 1.5 mln m³ natural gas annually. The SES is going to be connected to the grid by 2015. In order to meet the electricity demand of the Chilov settlement of the Surakhani district, the SAARES has launched feasibility studies on the establishment of an additional hybrid station with 10 MW capacities. Currently, the SAARES has installed an 80 m tall wind turbine for observation and measurement purposes. The initial capacity of Pirallahi SES is 1.2 MW. This SES is the first electric station to be built in the Pirallahi Island (AzerTag News Agency, 2014).

Additionally, Azguntech LLC installs solar panels (PV modules) and heat pumps in schools, kindergartens and health care sector in accordance with the State Program on Use of Alternative and Renewable Energy Sources in the Republic of Azerbaijan and the State Program on Socio-economic Development of Baku and its Settlements in the year of 2011–2013. These projects aim to increase the awareness of environmental pollution and support environmental sustainability by providing the inhabitants with green electricity and heating. Several following achievements by the company:

Biomass energy:

The biomass energy is organic material that have been derived from several sources such as wood, wood wastes, agricultural crops, animal wastes, food wastes, and aquatic plants etc. Due to

its low cost, biomass energy is seen as a near term solution for energy crisis during transition to the renewable energy sources. Beside the direct combustion of biomass, there are cleaner ways to use biomass like gasification and pyrolysis methods. In order to use biomass source in a gasification process, biomass source should have a moisture content of 5–30 %. There are two ways of gasification such as indirectly heated and directly heated gasification. Biomass sources can be also used in pyrolysis method to produce hydrogen and methane.

The rapid growth of industry, agriculture and social service in Azerbaijan releases new opportunities for electricity generation from biomass that is derived from following bio substances:

- ✓ Combustive industrial wastes;
- ✓ Wastes of forestry and wood-working;
- ✓ Agricultural and organic wastes;
- ✓ Domestic and communal wastes;
- ✓ Wastes processed from areas polluted with oil and petroleum products.

Many countries have already found methods to solve these problems through the waste combustion plants that are built in densely populated areas in order to fire any kind of domestic wastes in those plants. The nearby residential settlements are then provided with electricity and heat at the expense of energy produced from waste combustion. The remains of fired wastes are widely used as a fertilizer to increase fertility of soil. Therefore, construction of such plants would be significant for Azerbaijan.

The French Company CNIM has led the construction of the first municipal solid waste incineration plant in Azerbaijan under the Comprehensive Action Plan on Improving the Ecological Situation in the Republic of Azerbaijan, 2006–2010. The plant that generates 231.5 mln kWh per year meets the EU's environmental protection requirements. The smoke of the plant is captured by special filters and neutralized as part of the process. In addition, Balakhani Solid Waste Incineration Plant contains the two electricity generation turbines, each of which has a 250 mln kWh capacity, meaning that the overall installed capacity of the plant is 500 mln kWh power (Tamiz Shahar JSC, 2012).

Besides, Azalternativenerji LLC is leading feasibility studies on the production of biomass from industrial, agricultural and municipal waste, and is investigating the potential of alternative and renewable energy sources in the Mountainous (Daghlig) Shirvan, Guba-Khachmaz, Lankaran, Ganja-Gazakh, and Sheki-Zagatala economic regions. Remarkably, the Siyazan Poultry Farm has the capacity both for heating and generating electricity out of biomass waste.

Based on the conducted research, waste combustion plants are mostly positioned near residential settlements which open opportunity to them to utilize energy that is generated from the waste burning. At present, roughly more than 200 landfills covering 900 Ha in total are available in Azerbaijan (MENR, 2010). Institute of Energy Research and Design of AzerEnerji JSC projected the amount of municipal solid waste as follows (Hajar Huseynova, 2014):

- Baku – 30 400 tons (42,8 million m³)
- Ganja – 5 100 tons (7,2 million m³)
- Sumgayit – 4 900 tons (6,9 million m³)
- Mingachevir – 1 600 tons (2,3 million m³)
- Nakhichevan – 1 200 tons (1,7 million m³)
- Shirvan – 1 200 tons (1,7 million m³)

Studies suggest that much of the composition of production wastes in all industrial sites is biomass substances. It is possible to produce biogas, bio-liquid and solid bio-substance that can be used for electricity generation. Annually, more than 2.0 million tons of solid domestic and production wastes are thrown into waste treatment sites in the Azerbaijan. Processing of solid domestic and production wastes would to some extent resolve the problems in heating public buildings in Baku and other large industrial cities

Geothermal Energy:

Geothermal energy is renewable, sustainable, limitless, cheap, and eco-friendly energy source. Geothermal (geo means ground, thermal means heat energy) is a component of hot water,

vapor and gases containing some chemicals. The source of geothermal is hot magma and destroyed radioactive materials that exist in deep levels of earth crust. The capacity of geothermal energy in the world is enough for human energy needs but only a very small fraction of geothermal energy is profitable in order to produce electricity. The heat of earth depth is extensively used in industry, agriculture, domestic, communal and health sector in many countries around the world. The benefit of using geothermal power in energy production and consumption is that its employment doesn't require large amount of funding.

There is no suspicion of the significant potential for thermal waters in Azerbaijan which has much to do with economic, legislative, administrative and confidence issues, but has little to do with technical concerns. They are generally found in the Great and Small Caucasus, the Absheron Peninsula, Talish mountain zone, Kur lowland and Caspian-Guba area (ADB, 2009). The domestic and other heat energy needs would partially covered by the exploitation of thermal waters in these areas.

According to the SAARES, Azerbaijan's geothermal energy potential is up to 800 MW. Initial studies illustrate that the available 11 geothermal zones in Azerbaijan hold the 30–100°C temperature of water in these wells. They can generate either electric or heat energy depending on the type of the thermal waters. For illustration, the temperature is around 36–85 °C in the Guba region and it goes up to 95°C in the Kura-Aras lowland (ADB, 2009). Taking everything into account, the role of the Azeri government will be critical in realizing this potential, and enabling the private sector to participate effectively through the realization of alternative and renewable energy ambitions.

Conclusion. Measures for Policy Framework:

Uncertainty does not mean that a nation or the world community cannot position itself better to cope with the broad range of possible climate changes or protect against potentially costly future outcomes.

(IPCC, 1995:28)

The fight against global climate change has recently dominated the global agenda. The question that then arises is whether climate change should be seen as an integral part of global challenges. Many experts and political leaders support the current focus on stopping global climate change, arguing that if the world community fails to do so, the world will face a global disaster within this century. The foregoing discussion implies that climate change and global warming challenges promise the potential unsustainable future. Thus, the above-mentioned challenges should emphasize two points. Firstly, progress with respect to global warming requires a heightened level of international cooperation. Secondly, enlightened common action by nations can substantially lower the cost of adapting to our energy future.

Therefore, fighting climate change requires a substantial reduction of carbon dioxide (CO₂) emissions. Doing that would create serious problems for national energy policies and would lead to economic, social as well as political problems for the country. However, Climate change is a global challenge that will affect all countries in the world. That is the reason why many countries particularly developing countries face a very difficult dilemma: should they implement their national energy development plans to improve the living conditions of their people and by doing so, take the risk of future generations paying a very high price in terms of severe problems as a consequence of climate change or should governments invest national resources now to help address climate change, and by so doing so, keeping the living conditions of their people at a lower level for the sake of sustainable future? This is a very difficult and painful decision governments have to make. However, the answer is very simple in the sense that global challenges need global governance. Global governance requires leaders who are able and willing to take on the task of balancing the interests and goals of countries on a national level with the necessity of cooperation to find solutions for global public good such as climate change.

Because of many superiorities of renewable energy sources over conventional energy sources such as inexhaustible, green, clean, and ability to use in district areas, renewable energy sources play crucial role in the transition to the sustainable development. Also, renewable energy is considered as a source which is suitable to meet the energy consumption of the humanity since they are

sustainable. As mentioned above, Azerbaijan has great potential in terms of renewable energy sources especially in wind and solar energy. By using these renewable energy sources, Azerbaijan can meet their own energy needs, grow in energy economy, and preserve the environment by decreasing emissions. With the growing demand for energy and increasing emissions and air pollution, transition to the sustainable energy development based on renewable energy becomes compulsory. The sustainable energy development advances the quality of human life in economic and environmental aspects over the long term in a way that must be supported by the renewable energy sources, technologies and policies of the country.

Considering the fact that renewable energy concept is quite young in Azerbaijan, there are apparent challenges such as institutional operation, costly renewable energy plants along with other economic and policy obstacles which obstruct the development of alternative and renewable energy sector and the implementation of EE projects. As the private companies and businesses are very meticulous to invest to the newly launched sectors, Azeri government should simplify regulations for the sake of foreign investment attraction.

There is lack of public awareness about environmental issues and renewable energy in Azerbaijan which necessitates formal or informal alertness programs in order to completely embrace this challenge. The data yielded by this study provides convincing evidence that Individuals are usually not good at making decisions that necessitate that they trade off uncertain future benefits against certain and immediate costs. Humankind is collectively responsible for current state of the Earth's atmosphere through their historical and continued activities that caused the unstable level of GHGs. As citizens in their respective states, the public will ultimately bear the benefits as well as costs of governmental actions, in the form of regulations of GHG emissions, or inactions. Thus, the public plays a key role in shaping the future of precautionary actions. This is very apparent today. The growing awareness among the public on the reality of climate change has the potential of changing the political scenario significantly. It is the people's perceptions and acceptance of the science of climate change that would determine actions to be taken. Public pressure and lobbying can lead to a change in domestic policies as well as the states' position in international negotiations on the matter of climate change.

The advancement in media and communications has certainly helped spread the knowledge on climate change. The people experience first-hand the impacts of climate change, their call for political action will be louder. With more severe weather events occurring, hopefully greater attention will be paid to climate change together which will bring the sustainable development. It also means that the public has to put pressure on policy makers to change and adopt more precautionary measures. Above all, Azerbaijan's complete transition to renewable energy sources will bring long-term economic and environmental benefits, and this would lead to sustainable energy development in Azerbaijan.

The concluding remarks about the measures for the renewable energy policy framework are listed below:

- ✓ Sustainable development is a triangle of energy, environment and economy which necessitates Azerbaijan's complete transition to renewable energy that is very crucial indicator for sustainable future of the country.
- ✓ Azerbaijan should aim to get foreign financial and technical assistance in renewable energy technologies that cause no harm to environment while respecting sustainable supplies of energy sources.
- ✓ Sustainable development should be applied in all sectors of the economy bearing the climate change challenge in mind.
- ✓ In order to build a more secure and sustainable future, Azerbaijan should develop sustainable energy development indicators through the appropriate policies and actions.
- ✓ The country should apply the European know-how in structuring its Sustainable Energy development strategy.
- ✓ Public awareness in Environment and Renewable Energy policy should be adopted separately in the country for broader attention and consideration.

- ✓ Both short and long-term sustainable energy development programs in Azerbaijan should provide the opportunities for foreign energy investors to work closely with the national energy companies.
- ✓ International financing to support climate change adaptation investment should be included to the renewable energy policy measures of the country.
- ✓ The country should remain vibrant in the exchange of know-how information and best practices with European countries on effective alternative and renewable energy projects.
- ✓ Azerbaijan should pass legislation concerning to energy efficiency and renewable energy with straightforward norms and instructions for the proper sustainable energy development.
- ✓ Azerbaijan is better to continue its participation in sustainable energy development negotiations while keeping in mind environmental concerns such as climate change.
- ✓ The country would respect the protection of the environment through enforcing the minimum energy performance (MEP) standards for electrical devices and adopting international energy efficiency standards for newly constructed buildings.
- ✓ The country should enable the involvement of other stakeholders NGOs, think tanks, businesses and banks in the development process of renewable energy sources and energy efficiency.

BIBLIOGRAPHY

1. UNDP (United Nations Development Program), New-York, (2000): "World energy assessment: energy and the challenge of sustainability"
2. Intergovernmental Panel on Climate Change, Printed in USA at the University Press, New York (2001): "Climate Change 2001: The Scientific Basis"
3. Stanford Anna. Renewable Energy 10:417–22 (1997): "A vision of a sustainable energy future"
- Stern. N., London, HM Treasury, (2006): "Stern Review on the Economics of Climate Change"
4. Tol, Richard S. J., ESRI working paper, No. 255(2008): "The economic impact of climate change" Ministry of Ecology and Natural Resources, (2010): "Second National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change." Retrieved from:
<http://unfccc.int/resource/docs/natc/azenc2.pdf>
5. State Statistical Committee, (2014): "Energy of Azerbaijan" Retrieved from: http://www.stat.gov.az/menu/6/statistical_yearbooks/indexen.php
6. Oyedepo SO. Renew Sustain Energy Rev 16(5):2583–98 (2012): "On energy for sustainable development in Nigeria"
7. Ozturk M., Int J Exergy 8(2):211–26(2011): "Energy and exergy assessments for potential wind power in Turkey." Murat Ozturk, Yunus Emre Yuksel (2015): "Energy structure of Turkey for sustainable development."
8. Rammel and Van der Bergh, Ecological Economics 47(2–3):121–133 (2003): "Evolutionary policies for sustainable development: adaptive flexibility and risk minimizing"
9. Gunjan Nayak, (2010): "Financial feasibility of solar power project with reference to rural electrification of 39 talukas in Karnataka"
10. Asian Development Bank, (2009): "A Roadmap for Renewable Energy in Azerbaijan"
11. Ministry of Energy, (2009): Presentation at the Conference "Renewable Energy International Best-Practice and Prospects for the Development in Azerbaijan" organized by OSCE. Retrieved from: <http://www.osce.org/az/baku/40023?download=true>
12. Clean Development Mechanism, (2011): "The Shurabad Wind Power Project."
13. AzerTag News Agency, (2014): "The fast construction of solar power plants in Surakhani and Pirallahi underway."
14. Azgüntex LLC. (2014): "Projects." Retrieved from: <http://www.azguntex.az/en/content/25>
15. Huseynova H., (2014): "Alternative and Renewable Energy Outlook for Azerbaijan 2014"
16. Tamiz Shahar JSC. (2012): "The Solid Waste Incineration Plant of Baku."
17. Azernews (2016): "Azerbaijan increases volume of hydro electric power production" Retrived from: <http://www.azernews.az/business/95486.html>
18. Asya Chalabova, (2012): "Promoting the Development of Sustainable Energy Project, Azerbaijan"
19. Japan Special Fund (JSF), Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, (2014): "Studies prepared under the project "Promoting Green Economy in GUAM Countries: Promotion of Renewable Energy Sources: Azerbaijan, Georgia, Moldova and Ukraine"
20. Energy Charter Secretariat,(2013): "In-Depth Review of the Energy Efficiency Policy of Azerbaijan." Dr. Randall Baker, Dr. Enver Safarzade, (2009): "A Roadmap for Renewable Energy in Azerbaijan 2009"
21. Caspian Information Centre, (2013): "Azerbaijan: Alternative and Renewable Energy—A Business Perspective"
22. María Teresa Garcia-Alvarez, Blanca Morenob, Isabel Soaresc, (2015): "Analyzing the sustainable energy development in the EU-15 by an aggregated synthetic index"
23. Jamil Malikov, (2015): "Renewable energy and energy efficiency policy: Azerbaijan's experience and strategic view!"

УДК 630-502.084:574(581.5)

Проблемы оценки воздействия на окружающую среду

А. А. Гордеева (rizhij.lisyonok@mail.ru)

ЗАО «Восточно-Сибирский трест инженерно-строительных изысканий»

Аннотация. Представлена информация по оценке воздействия на окружающую природную среду в зоне воздействия проектируемого Амурского Газоперерабатывающего завода расположенного в Свободненском районе Амурской области, прогноз возможных неблагоприятных изменений среды и рекомендации для предупреждения и минимизирования риска намечаемой хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: озеленённые территории, зелёные насаждения, населённые пункты, структура и состояние.

Введение

В соответствии с требованиями природоохранного законодательства экологическое обоснование является обязательным при разработке проектов строительства предприятий, зданий и сооружений. Одним из основных элементов экологического обоснования является составление оценки воздействия проектируемого объекта на окружающую природную среду. Оценка воздействия выполняется для предупреждения и минимизирования риска возможной деградации окружающей среды под влиянием намечаемой хозяйственной деятельности, обеспечения экологической стабильности территории района размещения объекта строительства, создания благоприятных условий жизни населения.

Например, при проектировании строительства газотрубопровода, правильный выбор его расположения обеспечит безопасную эксплуатацию объекта в дальнейшем и предотвратит утечки газа в окружающую среду. Оценка состава и свойств грунтов в таких видах строительства – один из ключевых моментов, такая оценка обеспечит безопасность для жизни и здоровья людей, а также позволит сохранить первоначальное предпроектное состояние природных систем.

Цель – определение (описание) состояния окружающей среды в зоне воздействия проектируемого объекта, прогноз возможных неблагоприятных изменений среды и рекомендации для предупреждения и минимизирования риска намечаемой хозяйственной деятельности.

В качестве объекта исследования была выбрана территория проектируемого Амурского Газоперерабатывающего завода расположенная в Свободненском районе Амурской области. Исследования проводились с 7 мая по 11 июня 2016 г. Административно объекты изысканий расположены в Свободненском районе Амурской области. Основная площадка находится на расстоянии примерно 13 км к северу от районного центра г. Свободного. С точки зрения физико-географического районирования территория располагается в Амуро-Зейской горно-котловинной области Амуро-Сахалинской страны. Территория следования вариантов трасс располагается в пределах возвышенного Амуро-Зейского плато [1].

Методика исследования

Методика проведения инженерно-экологических исследований обоснована требованиями нормативных документов, природными условиями района работ, заданием, программой производства комплексных инженерных изысканий [3].

Предполевой этап

Сбор материалов производился в архиве ЗАО «ВостСибТИСИЗ», опубликованной литературе, по запросам в специально уполномоченные госорганы по природопользованию:

- 1) ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», ФГБУ «Дальневосточное УГМС» – климат;
- 2) Амурский ЦГМС – филиал ФГБУ «Дальневосточное УГМС» – фоновое загрязнение атмосферного воздуха, климатические характеристики;
- 3) Министерство культуры и архивного дела Амурской области – сведения о наличии или отсутствии объектов культурного наследия;

4) Амурохота – сведения о наличии или отсутствии регионального значения ООПТ и мест зарезервированных для их создания, животных и растений, занесенных в Красную Книгу Российской Федерации и Красную Книгу Амурской области, животных, отнесенных к объектам охоты в Свободненском районе, а также о путях миграции животных;

5) Администрация Свободненского района – сведения о наличии или отсутствии мест захоронения биологических отходов (скотомогильников и биотермических ям), очагов заболеваний (в том числе инфекционных), системах мелиорации, ООПТ местного значения и мест зарезервированных для их создания;

6) Управление ветеринарии и племенного животноводства Амурской области – сведения о наличии или отсутствии мест захоронения биологических отходов (скотомогильников и биотермических ям);

7) Департамент по недропользованию по дальневосточному федеральному округу по Амурской области – сведения о наличии или отсутствии полезных ископаемых;

8) Министерство природных ресурсов РФ – о наличии или отсутствии ООПТ федерального значения и мест зарезервированных для их создания, и запасов общераспространенных полезных ископаемых;

9) Министерство ВЭСТиП Амурской области – сведения о наличии или отсутствии территорий традиционного природопользования;

В результате собран материал по геологическому строению, гидрогеологическим условиям, растительному и животному миру, ландшафтам, опасным геологическим процессам.

Полевой этап включал в себя:

1. Комплексное инженерно-экологическое обследование территории:

– рекогносцировочное обследование – маршрутное обследование площадки проектируемого строительства и прилегающей территории с целью визуальной оценки рельефа, проявлений опасных экзогенных геологических процессов и гидрологических явлений, действительной обстановки на местности, для уточнения расположения намечаемых мест проходки выработок;

– комплексные маршрутные наблюдения и исследования на площадке комплексных описаний ландшафтов – пешее обследование с наблюдением по маршруту, с детальным описанием на площадке;

– исследование рельефа и проявлений ОЭГП и ГЯ – маршрутное обследование территории с заложением на ПКОЛ шурфов и закопуш, описание обнажений. Данные фиксируются в бланках комплексного обследования ПКОЛ и с фотодокументированием;

– исследование растительного покрова и наземного животного мира (СП 11-102-97 п. 4.16) выполнено по литературным источникам, запросам в государственные органы и рекогносцировочному обследованию. Описание растительности проводилось на маршрутах и на ПКОЛ, с заложением геоботанической площадкой и фиксировались в бланках комплексного обследования ПКОЛ и с фотодокументированием;

– исследование почвенного покрова – обследование на площадке комплексного описания ландшафтов с заложением почвенного разреза с его описанием, согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 и ГОСТ 17.4.2.03-86, диагностика почв проводилась с сопутствующим фотодокументированием;

– исследование ландшафтов и антропогенной нарушенности территории – уточнение границ природно-территориальных комплексов, зон антропогенной нарушенности, которые фиксируются в бланках комплексного обследования площадок [2–4].

2. Геоэкологическое опробование компонентов природной среды:

– почвы – проходка горных выработок осуществлялась вручную для описания и отбора проб почв. В закопушах пробы грунта отбирались на глубине 0,0–0,2 м. Вес одной пробы составил не менее 2 кг. Точки опробования почв размещались на всех площадках. Производился отбор проб на химическое загрязнение и на агрохимические показатели.

Почвенные исследования выполняются для:

1) выбора места размещения площадки строительства на менее плодородных почвах и максимального сохранения лесного фонда;

2) определения влияния проектируемого сооружения на прилегающие сельскохозяйственные и лесные угодья для разработки мероприятий по их защите от вредного воздействия промышленных выбросов и сбросов токсичных ингредиентов;

3) оценки возможности изъятия земель, исходя из их ценности, а также возможности размещения отходов;

4) оценки загрязненности почв на территориях сельскохозяйственных угодий и на площадках строительства.

3. Лабораторные работы

В группе лабораторных исследований Комплексного отдела изысканий Закрытого акционерного общества «Восточно-Сибирский трест инженерно-строительных изысканий» были определены гранулометрический состав и рН-водородный показатель и физико-механические свойства почвы представленные в табл. 1. Лабораторные испытания почвы на содержание цинка, меди, кобальта, никеля, хрома, марганца ртути и свинца проводились в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Амурской области» аккредитованной испытательным лабораторным центром, в связи с отсутствием разрешительной документации на данные элементы в ЗАО «ВостСибТИСИЗ» [2].

Таблица 1

Некоторые сведения по полученным данным

Наименование определения	Объем работ, выполненный в полевой лаборатории
Влажность грунтов	1949
Плотность грунтов	537
Зерновой состав ситовым методом на фракции от 10 до 0,1 мм	1688
Определение водородного показателя водных вытяжек	69
Определение содержания тяжелых металлов	69

Результаты

Для оценки современного состояния компонентов природной среды на территории проведения работ проведено геоэкологическое опробование почв на химический, агрохимический анализы. Местоположение точек отбора проб представлено на карте. Необходимые объемы образцов, требования к качеству (вещественному составу, чистоте, стерильности, герметичности) устройств и емкостей для отбора и хранения образцов, использование консервантов, условия транспортировки и хранения в соответствии с требованиями и допусками используемых методик анализов и нормативных документов [3].

При обследовании ландшафтов и антропогенной нарушенности территории уточняется положение границ природно-территориальных комплексов, зон антропогенной нарушенности и фиксируются все наблюдения. На основе полученных данных дается характеристика ПТК. Особое внимание уделялось нарушенности территориям, их характер и степень антропогенной трансформации ПТК. Дополнительно фиксируется местоположение зон загрязнения, несанкционированных свалок бытовых и промышленных отходов.

Большую часть территории занимают сельскохозяйственные ландшафты – луга и пашни, сформировавшиеся на месте разнообразных, преимущественно широколиственно-лесных, коренных ландшафтов. В пределах провинции преобладают равнинные элювиально-делювиальные ландшафты поверхностей выравнивания, преимущественно со смешанными лесами ерnikово-багульниковыми на бурых лесных почвах. Интразональные ландшафты провинции приурочены в основном к долине реки Бол. Пёра, озера Старичное и ручьев. Долины заняты аллювиально-делювиальными ландшафтами, на талых грунтах – с сочетаниями болот, лугов, кустарниковых сообществ и лесов на аллювиальных почвах. Характерной особенностью данной провинции является преобладание аллювиальных ландшафтов на всех ландшафтных ярусах – от пойм до водоразделов. На поймах развиваются только интразональные пойменные и болотные ландшафты, характерна дифференциация по степени затор-

фованности. На незаторфованных участках развиваются аллювиальные ландшафты с лугами, в т. ч. заболоченными.

Нарушенный тип местности встречается фрагментарно, в пределах зоны влияния подъездной железной дороги и проектируемой площадки Заводская-2. Представлен данный тип антропогенно нарушенными участками на техногенных поверхностных образованиях – пересечение автодороги, н. п. Усть-Пера, существующая ж/д ст. Усть-Пёра и железная дорога [2].

Антропогенная нарушенность территории

В пределах территории изысканий проявляется воздействие следующих видов антропогенных нагрузок: земледельческой, лесохозяйственной, мелиоративной, селитебной, транспортной, ЛЭП и прочее. Природные ландшафты в разной степени подвержены тем или иным воздействиям [1, 4].

В районе территории изысканий выделяются следующие виды антропогенно-нарушенных ландшафтов:

- полностью измененные селитебные ландшафты сельских населенных пунктов – н. п. Усть-Пёра и ж/д ст. Усть-Пёра;
- измененные сельскохозяйственные ландшафты – луга, пашни, посевы сои и т. п. (50 % территории изысканий);
- полностью измененные транспортные ландшафты автомобильных и железных дорог, характеризующиеся линейным простиранием – а/д Свободный – Шимановск, подъезд автомобильных и железных дорог к н. п. Усть-Пёра и ж/д ст. Усть-Пёра;
- измененные промышленные ландшафты линия электропередач (ЛЭП), характеризующиеся линейным простиранием.

Таким образом, основные виды возможных антропогенных нагрузок представлены в табл. 2, 3 и 4.

Таблица 2

Виды антропогенного воздействия и виды изменений при строительстве

Компоненты	Виды изменений в компонентах ландшафтов
Геолого-геоморфологическая основа	• локальные изменения условий при подсыпке площадок застройки и на трассах подъездных дорог; • нивелировка рельефа; • нарушение температурного режима; • потребление минеральных ресурсов; • образование грунтовой поверхности, легко поддающейся эрозии; • внедрение подстилающих пород с неблагоприятными физическими свойствами; • развитие или активизация опасных геологических процессов и изменение свойств грунтов
Почвенный покров	• срезка плодородного слоя на участках землеотвода; • возможный размыв снятого слоя; • локальное загрязнение строительными отходами и бытовым мусором; • пролив нефтепродуктов и ГСМ; • осаждение взвеси загрязняющих веществ; • снижение биопродуктивности
Растительный покров	• полное уничтожение на участках землеотвода; • вытаптывание участков, примыкающих к полосам отвода земель; • пролив нефтепродуктов и ГСМ; • изменение условий произрастания; • осаждение взвеси загрязняющих веществ на листовую поверхность
Животный мир	• нарушение кормовой базы; • возрастание фактора беспокойства и временной миграции

Таблица 3

Виды антропогенного воздействия и виды изменений компонентов при эксплуатации

Компоненты	Виды изменений в компонентах ландшафтов
Геолого-геоморфологическая основа	• нарушение температурного и влажностного режимов; • деформация грунтов; • развитие или активизация ОГП и изменение свойств грунтов
Почвенный покров	• пролив нефтепродуктов и ГСМ; • осаждение взвеси загрязняющих веществ; • снижение биопродуктивности
Растительный покров	• вытаптывание участков, примыкающих к полосам отвода земель; • пролив нефтепродуктов и ГСМ; • изменение условий произрастания; • осаждение взвеси загрязняющих веществ на листовую поверхность
Животный мир	• возрастание фактора беспокойства и временной миграции

Таблица 4

Виды антропогенного воздействия и виды изменений компонентов (селитебный)

Компоненты	Виды изменений в компонентах ландшафтов
Геолого-геоморфологическая основа	• изменение мезорельефа; • потребление минеральных ресурсов
Почвенный покров	• полное уничтожение почвенного покрова; • локальное загрязнение; • снижение биопродуктивности
Растительный покров	• полное уничтожение растительного покрова; • частичное уничтожение на примыкающих к населенным пунктам участках
Животный мир	• нарушение кормовой базы; • возрастание фактора беспокойства и временной миграции

Геосистемы и связанные с ними растительные сообщества подразделяются на 3 категории по степени их устойчивости к техногенному воздействию:

1. Относительно устойчивые геосистемы, в которых антропогенные нарушения локализуются, не вызывая экзогенных процессов, а потенциал естественного восстановления достаточно высок. Такие природно-территориальные комплексы способны быстро восстанавливаться.

2. Слабоустойчивые геосистемы – с умеренной эскалацией экзогенных и денудационных процессов, спровоцированных антропогенными разрушениями, а также относительно высоким потенциалом естественного восстановления. При слабой и средней степени нарушения здесь возможно естественное восстановление растительности и почв, при сильном разрушении требуются мероприятия по рекультивации, структура природно-территориальных комплексов сильно меняется и восстановление требует длительного промежутка времени.

3. Неустойчивые, с активным развитием антропогенноспровоцированных экзогенных и денудационных процессов. Восстановление ПТК естественным путем практически невозможно.

Степень устойчивости к техногенному воздействию на территории изысканий:

– ПАД, МПВ, ВПК – относительно устойчивые геосистемы, в заболоченных местах – слабоустойчивые геосистемы;

– Заводская-1 и зона её влияния – относительно устойчивые геосистемы, в заболоченных местах – слабоустойчивые геосистемы;

– МПВ и КК – относительно устойчивые, в заболоченных – слабоустойчивые геосистемы;

- ПЖД – относительно устойчивые геосистемы, в районе водотоков – р. Большая Пёра и оз. Старичное, в заболоченной местности – слабо устойчивые геосистемы;
- Заводская-2 – неустойчивые геосистемы.

Геоэкологическое опробование

При отборе проб почвы точки отбора располагаются по «конверту» (четыре точки в углах площадки и одна в центре). Вокруг каждой из 5 точек делается еще по четыре прикопки. Таким образом, объединенная проба составляется из 25 точечных проб. Пробы почвы ссыпаются на крафт-бумагу или полиэтиленовую пленку, тщательно перемешиваются, квартовются 3–4 раза (измельченная вручную почва разравнивается на бумаге в виде квадрата, делится на четыре части, две противоположные части отбрасываются, две оставшиеся части перемешиваются). Масса пробы должна составлять около 1 кг. Опробование произведено с поверхностного слоя методом «конверта» (смешанная проба на площади 20–25 м²) на глубину 0,0–0,30 м, в полях – на глубину пахотного слоя. Количество и расположение проб, а также расстояние между пробами устанавливаются в программе изысканий в зависимости от вида и назначения проектируемого объекта, природно-техногенных условий района исследований и стадии проектно-изыскательских работ. Расположение точек отбора проб на площадках представлено в табл. 5.

Таблица 5

Расположение точек отбора проб на площадках объекта

Точка отбора проб	Расположение на объекте
П-1 – П-12	«Заводская-1»
П-13 – П-32	Зона влияния площадки «Заводская-1»
Л-1, Л-2	ПАД, МПВ, ВПК
В-1 – В-5	На участке по водотокам
С-1, С-2	Территория ж/д ст. Усть-Пера
Д-1 – Д-7	«Заводская-2»
Д-8, Д-9	МПВ, КК
1-ж – 19-ж	ПЖД

Площадки «ПАД, МПВ, ВПК» (точки Л-1 и Л-2), на участке по водотокам (В-1–В-5), территория ж/д ст. Усть-Пера (С-1, С-2), «Заводская-2» (точки Д-1–Д-7), «МПВ» и «КК» (Д-8–Д-9).

Экологическое состояние почв следует считать удовлетворительным.

Выполненный комплекс инженерно-экологических изысканий, позволяет сделать предварительный прогноз возможных неблагоприятных изменений природной и техногенной среды при строительстве и эксплуатации объекта.

Факторы воздействия объектов железнодорожного транспорта на окружающую среду можно классифицировать по следующим признакам:

- механические (твердые отходы, механическое воздействие на почвы строительных, дорожных, путевых и других машин);
- физические (тепловые излучения, электрические и электромагнитные поля, шум, инфразвук, ультразвук, вибрация, радиация и другие);
- химические вещества и соединения (кислоты, щелочи, соли металлов, альдегиды, ароматические углеводороды, краски и растворители, органические кислоты и соединения и др.), которые подразделяются на чрезвычайно опасные, высоко опасные, опасные и малоопасные;
- биологические (макро- и микроорганизмы, бактерии, вирусы) [2, 3].

В период строительства основным видом воздействия на состояние воздушного бассейна является загрязнение атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ. Воздействие на атмосферный воздух в период строительства и эксплуатации будет происходить:

- при эксплуатации автотранспорта, строительной техники и оборудования;
- при заправке строительной техники;
- при работе дизельной электростанции, компрессорной установки;

- при погрузочно-разгрузочных работах (пересыпка пылящих материалов);
- при строительном-монтажных работах (лакокрасочные работы);
- при работе котельных.

От данных источников в атмосферный воздух поступают загрязняющие вещества, состав и объем которых зависят от конкретного оборудования и материалов, применяемых при строительстве. Воздействие на атмосферный воздух при строительстве будет кратковременным, ограниченным сроком проведения работ. Рабочие площадки должны быть рассредоточены по трассе, исключая взаимное влияние друг на друга. По окончании строительных работ будет происходить естественное восстановление состояния атмосферного воздуха до исходных (фоновых) значений. При эксплуатации на железнодорожном транспорте источниками выбросов вредных веществ в атмосферу являются объекты производственных предприятий и подвижного состава. Они подразделены на стационарные и передвижные. Из стационарных источников наибольший вред окружающей среде наносят котельные, в зависимости от применяемого топлива, при его сгорании выделяются различные количества вредных веществ. При сжигании твёрдого топлива в атмосферу выделяются оксиды серы, углерода, азота, летучая зола, сажа. Мазуты при сгорании в котельных агрегатах выделяют с дымовыми газами оксиды серы, диоксид азота, твердые продукты неполного сгорания ванадия.

Основное воздействие на земельные ресурсы и почвенный покров будет оказано в период проведения строительства за счет техногенной нагрузки, которая заключается в изъятии земельных участков из общего пользования и естественных природных циклов с преобразованием существующего рельефа. В первую очередь это сопряжено с полным нарушением почвенно-растительного покрова в ходе строительном-монтажных работ. В результате строительства и эксплуатации возможны следующие нарушения:

- изменение целевого использования земель, предоставленных под строительство;
- воздействие строительной техники и транспортных машин на земельные ресурсы и почвы в границах земельного отвода в период строительства;
- преобразование существующего рельефа;
- увеличение нагрузки на грунты;
- химическое загрязнение почвенного покрова, грунтовых и поверхностных вод.

Основными источниками воздействия в период строительства и эксплуатации будут являться авто и железнодорожный транспорт, дорожная и строительная техника, утечки и выбросы загрязняющих веществ (разливы ГСМ), твердые и жидкие отходы производства и потребления, захламление территории порубочными остатками.

После проведения строительном-монтажных работ будут произведены работы по благоустройству и рекультивации нарушенных земель.

На землях, отводимых в долгосрочное пользование, происходит безвозвратное уничтожение растительного покрова. В процессе строительства воздействие на растительный покров в основном будет сводиться к уничтожению растительных сообществ в полосе землеотвода, утрате лесных ресурсов и временном снижении их продуктивности, сокращении ресурсов полезных видов растений, повышении пожароопасности территории, изменении видового состава растительности при нарушении гидродинамического режима. Механическое нарушение поверхности наиболее распространенный вид воздействия, который наблюдается в результате движения автотранспорта и строительной техники. Каждый проезд вызывает заметное и устойчивое нарушение растительного покрова. Косвенное воздействие на растительность выражается в угнетении растительности на прилегающей территории вследствие загрязнения атмосферы строительной техникой и транспортными средствами. Данное воздействие будет носить временный и обратимый характер, с соблюдением мер строительства и эксплуатации.

Основными аспектами, негативно влияющими на животных в период строительства и эксплуатации объекта, могут стать:

- нарушение почвенно-растительного покрова и уменьшение кормовой растительной базы;

- воздействия фактора беспокойства на прилегающих к намечаемому строительству угодьях;
- нарушение миграционного поведения животных;
- повышение пожароопасности территории и как следствие гибель животных.

Из факторов, оказывающих косвенное воздействие на животных и среду их обитания, в первую очередь, следует отметить пожары, возникающие в результате неосторожного обращения людей с огнем, а также изъятие и изменение местообитаний животных. Шумовое воздействие работающей техники, присутствие человека, нарушает привычные пути ежедневных и сезонных перемещений животных. Негативное воздействие будет оказано только в период проведения строительно-монтажных работ, в период регламентированной эксплуатации объекта не окажет негативное влияние на животный мир, если предусмотреть пути миграции животным через ж/д пути.

Наибольший ущерб компонентам биосферы наносят следующие объекты железнодорожного транспорта: промывочно-пропарочные пункты для наливного подвижного состава, пункты дезинфекции вагонов, локомотивные и вагонные депо, подвижной состав, перевозящий нефтепродукты и взрывчатые вещества. Самыми распространенными загрязнителями, поступающими в окружающую среду и негативно влияющими на различные организмы, являются нефтепродукты, бензин, дизельное топливо, фенолы, растворенные кислоты.

При строительстве железных дорог оказывается сильное воздействие на естественные экосистемы (табл. 6).

Таблица 6

Объекты и характер воздействия на экосистемы при строительстве ж/д линий

Виды работ				
Буровзрывательные и карьерные	Гидрологические	Сооружение насыпи	Возведение мостов и тоннелей	Создание временных объектов
Отрицательные экологические факторы				
Изменение ландшафта; уничтожение фитоценоза; пылевые загрязнения; изъятие ресурсов с/х земель и горных пород; создание условий для водной и ветровой эрозии	Нарушение гидрологических условий ландшафта; изъятие земель из с/х оборота; затопление земель	Изменение ландшафта; изъятие земель из с/х оборота; пылевые загрязнения; создание условий для эрозии; отвод земель под путевую инфраструктуру	Водная эрозия; заболачивание земель; нарушение гидрологических и геохимических условий местности	Уничтожение плодородного слоя почвы; нарушение земельных угодий; замусоривание территорий; загрязнение атмосферы топочными газами; слив загрязненных вод

Заключение

Для предотвращения и снижения неблагоприятных последствий на состояние компонентов природной среды, а также сохранения экологической ситуации на территории проведения работ необходимо реализовать комплекс инженерно-технических, технологических и организационных мероприятий, которые помогут свести до минимума отрицательные воздействия на окружающую природную среду.

Для сохранения состояния приземного слоя атмосферного воздуха в период строительства и эксплуатации рекомендуется:

- поддержание технического состояния строительных машин, механизмов и транспортных средств согласно нормативным требованиям по выбросам вредных веществ;
- сокращение продолжительности работы двигателей строительно-монтажной техники на холостом ходу;
- применение сертифицированных видов топлива, обеспечивающее снижение выбросов вредных веществ;
- осуществление заправки машин, механизмов в специально отведённых местах.

В целях снижения негативного воздействия на атмосферный воздух при проведении строительных работ проектными решениями предлагается преимущественное использование готовых конструкций и материалов: бетонная смесь, цементный раствор, монолитные железобетонные перекрытия, гипсокартонные листы и прочее.

В целях улучшения качества атмосферного воздуха на территории проектирования необходимо провести следующий комплекс мероприятий:

- повысить эффективность работы очистных фильтров, пылеуловителей, циклонов, пылеосадительных камер предприятиями-загрязнителями и обеспечить ими все предприятия-загрязнители;
- озеленение санитарных разрывов автодорог;
- перевод транспортных средств на экологически безопасные виды топлива (газ);
- организовать контроль и сертификацию автомобильной техники, отвечающей экологическим стандартам;
- регулярное проведение лабораторных анализов почв, воды и атмосферного воздуха в зоне действия источников загрязнения;
- организовать разработку проектов ПДВ на существующие промышленные и коммунально-складские объекты;
- устройство асфальтобетонного покрытия проезжей части улиц;
- соблюдать при строительстве локомотивных и вагонных депо и других объектов санитарно-защитные зоны;
- размещение объектов предприятия строят по отношению к жилым застройкам с учётом розы ветров и санитарно-защитной зоны.

Для минимизации отрицательного воздействия на почвы и растительность требуется:

- неукоснительное соблюдение границ, отведенных под строительство, земельных участков и исключение сверхнормативного изъятия земель;
- осуществление движения транспорта только по существующим автомобильным дорогам и временным вдольтрассовым проездам;
- использование парка строительных машин и механизмов, имеющих минимально возможное удельное давление ходовой части на подстилающие грунты, в целях снижения техногенного воздействия;
- при заправке строительной техники автозаправщиком не допускать проливов ГСМ на поверхность земли;
- предотвращение захламления территории отходами строительства и потребления;
- с целью сохранения растительного и почвенного покрова, а также животного мира от пожара строительный объект должен быть обеспечен средствами пожаротушения;
- запрещение выжигания растительности.

По окончании строительства необходимо предусмотреть работы по рекультивации и благоустройству территории.

Мероприятия по охране животного мира должны включать в себя запретные меры:

- запрещается выезд спецтехники и транспорта за пределы строительной площадки и подъездных путей;
- запрет ввоза и хранения на территории проведения работ всех орудий охотничьего промысла, запрет на содержание собак, запрет любительской охоты;
- запрещается разведение костров и пользование огнем на строительной площадке и за ее пределами;
- устраивать дополнительные искусственные сооружения с отверстиями не менее 8 м, позволяющие животным беспрепятственно перемещаться по территории их обитания;
- установить скотопрогоны для домашних животных;
- учитывать отверстие моста или перекрытие пойм рек эстакадой для миграций рыб.

Экологическая эффективность мероприятий предотвращения загрязнения *водной среды* достигается системой мер, включающей:

- обязательное соблюдение границ территории, отведенной под строительство;
- запрет мойки машин и механизмов;
- эксплуатация машин и механизмов в исправном состоянии, исключение разливов ГСМ;
- складирование грунта, извлеченного на переходе через водоток, в карту-намыва на берегу, за пределами площадки в не затопляемой зоне, что предотвратит его смыв в водный объект;
- оснащение участка работ инвентарными контейнерами для бытовых и строительных отходов для защиты водоема от засорения в процессе строительно-монтажных работ;
- проведение комплекса планировочных, рекультивационных мероприятий после проведения строительно-монтажных работ;
- на дорогах (автомобильных, железнодорожных) в пределах водоохранных зон следует предусмотреть сбор воды с поверхности с последующей очисткой или отводом в места, исключаящие загрязнение источников водоснабжения.

Образование, сбор, накопление, хранение, временное размещение и транспортировка отходов являются неотъемлемой частью технологических процессов, в ходе которых они образуются. В период строительства необходимо предусмотреть меры по исключению захламления территории производства работ образующимися отходами:

- своевременный сбор и вывоз отходов и мусора;
- оборудование на площадке производства работ места со специальными контейнерами для сбора мусора;
- очистка территории после окончания строительства от мусора и отходов, образующихся в период производства работ.

При прокладке дорог уровень транспортного шума на застроенной прилегающей территории – н. п. Усть-Пёра, во избежание случаев превышения допустимых санитарных норм, необходимо предусмотреть специальные шумозащитные мероприятия (проложение дорог в выемках, шумозащитные земляные валы, барьеры, посадка специальных зелёных насаждений и т. п.), обеспечивающие снижение уровня шума до значений, регламентируемых санитарными нормами.

Разработка комплекса мероприятий по уменьшению, смягчению, предотвращению негативных воздействий и восстановлению нарушенных экосистем является неотъемлемой частью проектных решений. Все операции должны осуществляться с соблюдением экологических требований, правил охраны труда и пожарной безопасности с целью исключения аварийных ситуаций, возгораний, причинения вреда окружающей среде и здоровью людей. Строгое выполнение мероприятий по охране окружающей среды в период строительства и эксплуатации объектов позволит минимизировать, и, по возможности, устранить потенциальные воздействия на компоненты окружающей природной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амурская область. Сайт МПР РФ [Электронный ресурс] URL: www.mnr.gov.ru/maps/region28. (дата обращения: 07.07.2017)
2. Пояснительная записка ГТ 4700ИЗ.4.П.ИИ.ТХО-2. 2. 2.1.1. 2014. 218с.
3. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства; введ. 15.08.1997. М. ; Стандартинформ, 1997. 37 с.
4. Схема территориального планирования муниципального образования, Свободненский район [Электронный ресурс] // Адм. Свободнен. Района : офиц. сайт. URL: <https://www.svobregion.ru>. (дата обращения: 07.07.2017)

УДК 504.054

Мониторинг атмосферного воздуха городской среды

О. О. Дахова (dakhva@rambler.ru)

Кабардино-Балкарский государственный университет им Х. М. Бербекова, г. Нальчик

Аннотация. Исследуется загрязнение атмосферного воздуха промышленными предприятиями и автотранспортными средствами (на примере г. Нальчика). Было выявлено, что некоторые загрязняющие вещества превышают предельно допустимую концентрацию. Рассчитан индекс загрязнения атмосферы. Сделан вывод о значительном антропогенном загрязнении воздушного бассейна исследуемой территории.

Ключевые слова: автотранспорт, загрязняющие вещества, предельно допустимая концентрация, промышленные предприятия, окружающая среда, мониторинг атмосферного воздуха.

Введение

Атмосферный воздух является самой важной жизнеобеспечивающей природной средой и представляет собой смесь газов и аэрозолей приземного слоя атмосферы, сложившуюся в ходе эволюции Земли. Результаты экологических исследований, как в России, так и за рубежом, однозначно свидетельствуют о том, что загрязнение приземной атмосферы – самый мощный, постоянно действующий фактор воздействия на человека, пищевую цепь и окружающую среду. Атмосферный воздух имеет неограниченную емкость и играет роль наиболее подвижного, химически агрессивного и всепроникающего агента взаимодействия вблизи поверхности компонентов биосферы, гидросферы и литосферы.

Все примеси, содержащиеся в воздухе, как правило, небезразличны для человека, животных и растений. Длительное пребывание в условиях загрязненного воздуха приводит обычно к появлению ряда заболеваний, а в отдельных случаях – к массовой гибели людей. В районах с высоким уровнем загрязнения воздуха отмечаются повышенная заболеваемость туберкулезом, бронхитом, кариесом зубов, раком легких, дыхательных путей, пищевода, глаз, к различным аллергенам [3; 10].

Загрязнение воздуха оказывает существенное влияние на состояние животных и растений. Известны случаи массовой гибели полезных насекомых, особенно пчел, мелких грызунов, птиц в районах чрезмерного загрязнения атмосферы. Растения, как правило, начинают плохо развиваться, замедляют рост, не всегда плодоносят, сельскохозяйственные культуры снижают урожайность и качество.

Особенно губительное воздействие на растительность оказывают сернистый газ, соединения фтора, азота, хлора и свинца. Растения более чувствительны к наличию в воздухе сернистого газа, чем животные и человек.

Отрицательное воздействие на растительность и почву оказывает промышленная пыль. Твердые частицы оседают на поверхности листьев растений, забивают их поры, затрудняя газообмен и транспирацию. Попадая на почву, пыль резко изменяет жизненные условия микрофлоры, ухудшает физические свойства почв.

Микроклимат городов особенно ухудшается в зимнее время, когда работают все отопительные установки, отсутствует очистительный эффект зеленых насаждений, часто возникают температурные инверсии, что в сочетании со штилевой погодой создает условия появления смога.

Отрицательно сказывается загрязнение воздуха и на состоянии зданий, сооружений, различных материалов, которые при этом быстрее изнашиваются и разрушаются. Так, металлические кровли подвергаются коррозии, здания быстро теряют окраску, загрязняются, ткани и бумага становятся хрупкими и обесцвечиваются, резина теряет эластичность и трескается.

Прогноз состояния приземной атмосферы осуществляется по комплексным данным. К ним прежде всего относятся результаты мониторинговых наблюдений, закономерности ми-

рации и трансформации загрязняющих веществ в атмосфере, особенности антропогенных и природных процессов загрязнения воздушного бассейна изучаемой территории, влияние метеопараметров, рельефа и других факторов на распределение загрязнителей в окружающей среде [1; 8].

Оценка и тем более прогноз состояния приземной атмосферы являются очень сложной проблемой. В настоящее время ее состояние оценивается главным образом по нормативному подходу. Величины ПДК токсических химических веществ и другие нормативные показатели качества воздуха приведены во многих справочниках и руководствах.

Для предупреждения негативных последствий воздействия человека на природу необходимо выявление источников загрязнения атмосферного воздуха и оценка фактического состояния окружающей природной среды, выявление антропогенных эффектов.

Под загрязнением атмосферы следует понимать изменение ее состава при поступлении примесей естественного или антропогенного происхождения. Вещества-загрязнители бывают трех видов: газы, пыль и аэрозоли. К последним относятся диспергированные твердые частицы, выбрасываемые в атмосферу и находящиеся в ней длительное время во взвешенном состоянии [2].

При оценке загрязнения атмосферы важен также период времени, в течение которого загрязняющие вещества сохраняются в ней. Скапливаясь в атмосфере, загрязнители взаимодействуют друг с другом, гидролизуются и окисляются под действием влаги и кислорода воздуха, а также изменяют свойства под воздействием радиации. Вследствие этого продолжительность пребывания токсичных примесей в атмосфере тесно связана с их химическими свойствами. В табл. 1 приведено время пребывания некоторых веществ в атмосфере [5].

Таблица 1

Время пребывания веществ в атмосфере

Элемент или соединение	Среднее время пребывания в атмосфере
Гелий	10^7 лет
Азот	$10^6 - 2 \cdot 10^7$ лет
Кислород	$5 \cdot 10^3 - 10^4$ лет
Диоксид углерода	5–10 лет
Водород	4–8 лет
Метан	4–7 лет
Оксид диазота	2,5–4 года
Озон	0,3–2 года
Оксид углерода	0,2–0,5 лет
Диоксид азота	8–11 сут.
Вода	10 сут.
Сульфат-ион	10 сут.
Оксид азота	9 сут.
Аммиак	5–6 сут.
Ион аммония	6 сут.
Нитрат-ион	5 сут.
Диоксид серы	2–4 сут.
Дигидросульфид	0,5–4 сут.
Органический уг- лерод	2 сут.

Город Нальчик – Столица Кабардино-Балкарской Республики, расположен в предгорьях Большого Кавказа на р. Нальчик (бассейн Терека). Географическая широта г. Нальчик – $43^{\circ}29'$, географическая долгота – $43^{\circ}37'$. Город расположен в 1873 км к югу от Москвы. Нальчик является курортным городом, где преобладают санитарно-курортный комплекс и благоприятный климат [4].

По данным справочника по климату России и многолетним наблюдениям метеорологической станции «Нальчик» на территории г. Нальчик, расположенного на средней высоте над уровнем моря 450 м, климато-метеорологические характеристики следующие:

Климат умеренно-континентальный, умеренно жаркий, относится к первому климатическому поясу. Основными факторами, определяющими климатические условия, является рельеф местности, направление господствующих ветров и особенности атмосферной циркуляции (табл. 2).

Таблица 2

Метеорологические характеристики и коэффициенты,
определяющие условия в приземном слое атмосферы

№	Наименование характеристик и коэффициентов	Величина
1	Коэффициент зависящий от стратификации атмосферы, А	200
2	Коэффициент рельефа местности в городе	1
3	Средняя максимальная температура наружного воздуха Наиболее жаркого месяца года (июль), °С	27,0
4	Средняя максимальная температура из абсолютных максимумов наиболее жаркого периода (июнь – август), °С	33
5	Абсолютный максимум температуры воздуха, °С	39,0
6	Средняя минимальная температура наружного воздуха наиболее холодного месяца года (январь), °С	-7,2
7	Средняя минимальная температура из абсолютных минимумов наиболее холодного периода (декабрь – февраль), °С	-18
8	Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	-31,0
9	Средняя годовая температура воздуха, °С	9,4
10	Сумма осадков за год, мм	644
11	Средняя годовая относительная влажность, %	78
12	Среднее число дней с туманами за год	97
13	Средняя продолжительность туманов за год, час.	773
14	Среднее годовое барометрическое давление, мм рт. ст. /мб.	725/966,7
15	Скорость ветра (по средним многолетним данным), повторяемость превышения которой составляет 5 %, м/с	6,0
16	Среднегодовая скорость ветра, м/с	1,9
17	Максимальная скорость ветра с порывом, м/с	30,0
18	Среднегодовая роза ветров, %	
	Штиль	19
	Север	9
	Северо-Восток	18
	Восток	16
	Юго-Восток	6
	Юг	7
	Юго-Запад	30
	Запад	7
	Северо-Запад	7

Материалы и методы исследования. С каждым годом в городе Нальчик увеличивается количество передвижных и стационарных источников загрязнения воздуха, что сказывается не только на состоянии окружающей среды, но и на здоровье населения.

Основными загрязнителями окружающей среды исследуемой территории являются транспортные средства и промышленные предприятия.

Исследования автотранспортного потока проводились в течение рабочих дней (март – май, 2014 г.) в часы «пик» – с 8 до 11 часов и с 16 до 19 часов на основных улицах города Нальчик: пр. Ленина, пр. Шогенцукова, ул. Кирова, ул. Идарова, ул. Кабардинская, ул. Мальбахова, ул. Чернышевского; на перекрестках: Ленина-Головко, Шогенцукова-

Кешокова, Идарова-Кабардинская, Мальбахова-Кирова, Кабардинская-Осетинская, Чернышевского-Толстого, Кирова-Кулиева. Для расчета использовали максимальное количество автотранспорта проезжающего за 20-минутный период времени по автомагистрали.

Из анализа наблюдений транспортного потока на автодорожных ландшафтах г. Нальчик выявлено, что максимальное количество автотранспорта наблюдается на улицах Мальбахова, Кабардинская, Идарова и перекрестках улиц Мальбахова-Кирова, Кабардинская-Идарова, Кабардинская-Осетинская.

Интенсивность движения автотранспортных потоков на основных улицах г. Нальчик были сравнены с данными 1997 г. (рис. 1).

Расчеты выбросов выполняются по методике [6] для следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей:

- оксид углерода (CO);
- оксиды азота NO_x (в перечете на диоксид азота);
- углеводороды (CH);
- сажа;
- диоксид серы (SO₂);
- формальдегид;
- бенз(а)пирен.

Было выявлено, что концентрация загрязняющих веществ, поступающая в атмосферный воздух г. Нальчик не превышает предельно-допустимую концентрацию.

Для комплексного анализа атмосферного воздуха города Нальчик были исследованы выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от промышленных предприятий.

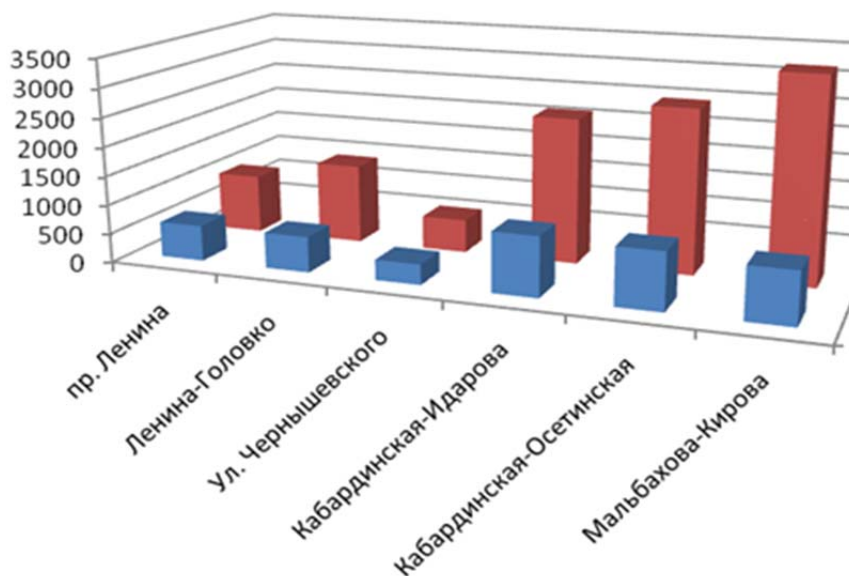


Рис. 1. Интенсивность движения автотранспортных потоков на улицах г. Нальчик за 1997 и 2014 г.

Состав промышленных выбросов в атмосферу чрезвычайно разнообразен; в них содержатся сотни химических соединений в виде газов, аэрозолей или паров. Сжигание топлива и многие промышленные процессы поглощают из атмосферы содержащийся в ней кислород. Выбросы в атмосферу и извлечение из нее кислорода приводят к глобальным и локальным изменениям воздушной среды.

Среди промышленных предприятий нет, пожалуй, ни одного, которое не насыщало бы воздух дымом, сажей, сернистым ангидридом, – все эти компоненты поступают в результате неполного сгорания топлива. Весьма опасна способность многих загрязняющих соединений вступать в реакцию друг с другом и образовывать в ряде случаев еще более вредные вещества [4].

В России сотни специалистов-экологов рассчитывают максимальные концентрации примесей от каждого предприятия, и устанавливают, достигнут ли уровень ПДК. В этом случае выбросы достигают предельно допустимые (ПДВ). Однако сегодня, к сожалению, известны города, где почти на всех предприятиях достигается уровень ПДВ, но уровни загрязнения воздуха, по данным сети Росгидромета, далеки от достижения ПДК. Что является причиной такой ситуации: неточные данные о выбросах или учет лишь небольшого числа источников выбросов в городе, сказать трудно. Но это служит причиной сомнений в достоверности сведений о качестве воздуха в городах. Обычно это связано с тем, что при расчетах ПДВ учитываются только самые крупные предприятия, которые могут обеспечить себя очистными технологиями. В городах имеются различные сравнительно небольшие предприятия, максимальные концентрации примесей, ими создаваемые, не определяются и не учитываются из-за их малости, хотя таких источников загрязнения сотни и, естественно, они определяют общий уровень загрязнения, мало схожий с расчетным уровнем от крупных источников выбросов.

Состояние атмосферного воздуха и окружающей среды г. Нальчик в целом, считается относительно чистым и безвредным в связи с тем, что в структуре промышленно-производственного комплекса не оказалось предприятий, производственно-хозяйственная деятельность которых была бы связана с выбросами в атмосферу большого количества высокотоксичных веществ (крупные ТЭЦ, чугунно-литейные и сталеплавильные мощности, нефте- и газоперерабатывающие комплексы, предприятия по производству химических и белково-витаминных концентратов, резинотехнических изделий и т. п.). Кроме того, некоторые предприятия, наносившие ранее определенный вред атмосфере, с середины 90-х годов прекратили свою производственную деятельность или же работают вполсилы, а то и перешли на выпуск другой, менее обременительной для атмосферного воздуха, продукции [9].

Для расчета количества загрязняющих веществ выбрасываемых промышленностью в атмосферный воздух воспользовались данными инвентаризаций выбросов загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями.

Было исследовано 72 промышленных предприятия, наиболее крупными из которых являются: ОАО «Нальчикский машиностроительный завод», ОАО «Нальчикский завод высоковольтной аппаратуры», ОАО «Гидрометаллург», ОАО «Телемеханика». Основная часть промышленных объектов расположена в северо-западной, северной и северо-восточной частях города.

Расчет концентраций загрязняющих веществ проводился по программе УПРЗА «Эколог» [6].

Из всех загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух города Нальчик от промышленных предприятий концентрация 10 загрязняющих соединений превышает ПДК.

Концентрация оксида железа превышает ПДК в 2,29 раз между 1-м пром. проездом и улицей Чеченская, охватывая селитебные ландшафты. На перекрестке улиц Чеченская и Неделина концентрация оксида железа превышает ПДК в 1,2 раза (рис. 2).

Из 13 загрязняющих соединений всего 8 соединений (оксид железа, марганец и его соединения, аммиак, сероводород, углеводороды C1-C5, масло минеральное нефтяное, неорганическая пыль, древесная пыль) охватывают селитебные ландшафты города.

Исключив гидрометаллургический завод, из списка загрязняющих предприятий, у нас наблюдается уменьшение количества загрязняющих веществ, т. е. загрязнение ландшафтов города Нальчик аммиаком и бутилацетатом не наблюдается. Концентрация остальных загрязняющих веществ уменьшилась незначительно.

В начале 2017 г. вышло постановление о переносе гидрометаллургического завода за пределы г. Нальчик (в Прохладненский район).

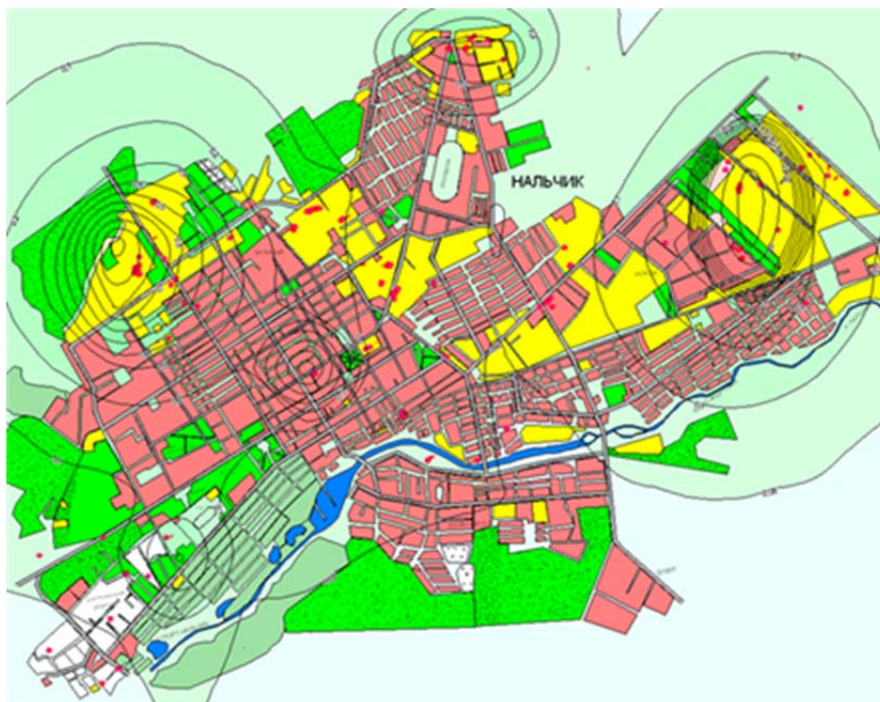
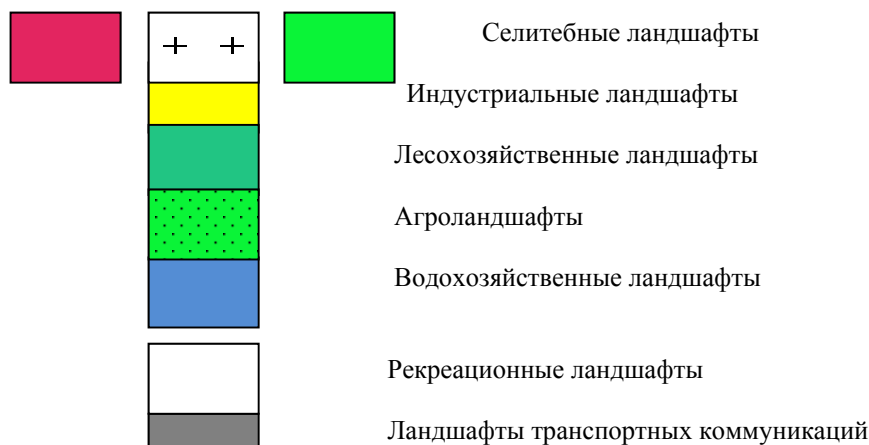


Рис. 2. Карта миграции оксида железа, поступающего в ландшафты г. Нальчик от промышленных предприятий (масштаб 1:60 000)



Результаты и обсуждение. Рассчитав общее количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта и промышленных предприятий, получили, что концентрация диоксида азота по улице Мальбахова, ближе к перекрестку улиц Мальбахова – Тырнаузская, превышает ПДК в 1,46 раз, охватывая ландшафты жилых застроек. На перекрестке улиц Ахохова – Осетинская концентрация диоксида азота превышает ПДК в 1,07 раз, охватывая селитебные ландшафты.

С учетом закономерностей миграций химических элементов получили, что концентрация диоксида азота, в районе Стрелки, превышает ПДК в 1,46 раз, охватывая ландшафты жилых застроек. Концентрация остальных загрязняющих веществ увеличилась незначительно.

Было проведено сравнение данных, полученных расчетным методом с инструментальными замерами. В качестве инструментальных данных были использованы данные полученные Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор), которые проводят контроль за состоянием окружающей среды. Обязательными исследуемыми веществами в атмосферном воздухе являются неорганическая пыль, диоксид азота, оксид углерода и диоксид серы (табл. 3).

Таблица 3

Расчетные и измеренные концентрации загрязняющих веществ,
контролируемых на постах наблюдений

Наименование перекрестков	Перечень веществ, контролируемых на постах наблюдений	Расчетные значения, мг/м ³	Измеренные значения, мг/м ³
Пр. Ленина- ул. Кешокова	Диоксид азота	0,06206	0,084
	Пыль неорганическая	0,06532	0,060
	Сера диоксид	0,06916	0,035
	Углерода оксид	0,59200	1,000
Пр. Кулиева- ул. Кирова	Диоксид азота	0,03195	0,062
	Пыль неорганическая	0,07040	0,080
	Сера диоксид	0,07470	0,060
	Углерода оксид	0,46500	0,450
Ул. Мальбахова- ул. Идарова	Диоксид азота	0,02253	0,142
	Пыль неорганическая	0,06848	0,015
	Сера диоксид	0,05808	0,025
	Углерода оксид	0,57330	1,200
Ул. Идарова- ул. Кабардинская	Диоксид азота	0,01425	0,228
	Пыль неорганическая	0,07158	0,015
	Сера диоксид	0,06878	0,040
	Углерода оксид	0,83190	2,500
Ул. Байсултанова- ул. Ватутина	Диоксид азота	0,03500	0,074
	Пыль неорганическая	0,06113	0,140
	Сера диоксид	0,24420	0,070
	Сероводород	0,05148	0,00136
	Углерода оксид	0,77000	0,500

Для определения согласованности результатов расчетов и данных, полученных Роспотребнадзором на постах наблюдений, был рассчитан коэффициент корреляции по следующей формуле:

$$R = \frac{\sum xy - (\sum x \cdot \sum y) / N}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2 / N][\sum y^2 - (\sum y)^2 / N]}}$$

где R – коэффициент корреляции;

x – концентрация загрязняющего вещества, полученного измеренным методом;

y – концентрация загрязняющего вещества, полученного расчетным методом;

N – количество проб.

Получили, что коэффициент корреляции составляет 0,91, что показывает хорошую согласованность между данными полученными расчетным и инструментальными методами.

Выводы

Получено, что из всех загрязняющих веществ, поступающих атмосферу г. Нальчик от промышленных предприятий и автомобильного транспорта, концентрация 10 загрязняющих веществ превышает ПДК.

Расчитано общее количество загрязняющих веществ, поступающих в воздушный бассейн Нальчика от автотранспорта и промышленных предприятий. С учетом закономерностей миграций химических элементов получили, что концентрация диоксида азота, в районе Стрелки, превышает ПДК в 1,46 раз, охватывая ландшафты жилых застроек. Концентрация остальных загрязняющих веществ увеличилась незначительно.

Проведено сравнение концентраций загрязняющих веществ, контролируемых на постах наблюдений, полученных расчетным и инструментальными методами, полученными Роспотребнадзором на территории г. Нальчик и получили их хорошее согласование (коэффициент корреляции составляет 0,91).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дахова О. О. Антропогенное загрязнение воздушного бассейна г. Нальчика // IX науч.-практ. конф. «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций» (май 2009 г.). М., 2009. С. 30–31.
2. Дахова О. О. Некоторые результаты исследования загрязнения г. Нальчика автотранспортом // Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками : сб. ст. V науч.-практ. конф. Пенза : РИО ПГСХА, 2008. С. 39–42.
3. Дахова О. О. Оценка состояния городских антропогенных ландшафтов // Изв. Кабард.-Балкар. науч. центра РАН. – Изд-во КБНЦ РАН, 2012, №6 (50). – С. 77 – 81.
4. Дахова О. О., Сабанова Р. К., Хагажеева З. Н. Экологические нагрузки на рекреационные комплексы города-курорта Нальчик // Успехи соврем. науки. 2017. Т. 9, №4. С. 255–260.
5. Дахова О. О., Хучунаев Б. М., Куповых Г. В. Химическое и физическое загрязнение городских экосистем автотранспортом // Изв. высш. учеб. заведений Сев.-Кавказ. региона. Сер. Естеств. науки. 2016. № 4(192). С. 67–72.
6. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий. ОНД 86, ГОСКОМГИДРОМЕТ, 1997. 78 с.
7. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух (доп. и перераб.). СПб. : НИИ «Атмосфера», 2005. 211 с.
8. О программе комплексного фоновое мониторинга состояния окружающей природной среды / Ю. А. Израэль [и др.] // Метеорология и гидрология. 1978. № 8. С. 5–11.
9. Плешхов Х. Х. Охрана окружающей среды КБР. Нальчик. : Эльбрус, 2007. 136 с.
10. Guderian R. Air Pollution: Phytotoxicity of Acidic Gases and its Significance in Air Pollution Control. Ecologic analysis synthesis, Berlin a. o., 1977. Vol. 22. 128 p.

УДК 551. 510. 42

Систематизация критериев отбора экологически ориентированных проектов

З. С. Ерёмко (zina--90@mail.ru)

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ

Аннотация. Сделана попытка систематизировать критерии отбора экологически ориентированных проектов. Традиционные критерии финансовой, бюджетной и социальной эффективности и экологические критерии, учитывающие снижение негативного воздействия на окружающую среду, уменьшение энерго-, ресурсоемкости производства, утилизацию отходов производства, вторичное использование отходов, производство экологически чистой продукции предложено дополнить критериями для экологического обоснования места реализации инвестиционного проекта (соизмерение антропогенной нагрузки и ассимиляционного потенциала территорий и экономический ущерб от негативного воздействия природно-антропогенных факторов).

Ключевые слова: экологически ориентированные проекты, критерии отбора, оценка проектов.

Ответ на вопрос, чем привлекает инвестора тот или иной инвестиционный проект, может быть дан только в самой общей, абстрактной форме. Действительно, невозможно свести все множество факторов и сочетание различных интересов потенциальных участников к одному лишь экономическому аспекту инвестиционного проекта. Смысл общей оценки инвестиционного проекта заключается в представлении всей информации в виде, позволяющем, сделать заключение о целесообразности (или нецелесообразности) осуществления инвестиций. Для этого необходима его оценка по ряду параметров.

Как любое явление управленческое решение, связанное с реализацией инвестиционного проекта, находится в плоскости оценки возможности и необходимости его реализации, которое основывается на системе количественных показателей экономической эффективности. Качественная сторона экономической эффективности предполагает соизмерение результатов и затрат, а количественная выражается в показателях эффекта. Существование различных видов эффекта обусловлено наличием разных сторон инвестиционного проекта. В связи с

этим, выделяют виды эффекта, которые характеризуют специфику и особенности инвестиционного проекта. Среди них, экономический (система показателей, учитывающая все виды результатов и затрат в стоимостном выражении), ресурсный (система показателей отражает влияние капиталовложений на рост/снижение объема и потребления экономических ресурсов), экологический (система показателей, отражающая влияние инвестиций на окружающую среду) и т. д.

Несмотря на то что каждый вид эффекта имеет свою систему показателей, следует отметить их условное разграничение в ряде случаев. Поэтому в экономической литературе, как правило, присутствует категория эколого-экономической эффективности, под которой понимается показатель, характеризующий соотношение общих экономических выгод и потерь от проекта, включая внешние экологические эффекты, и связанные с ними социальные и экономические последствия, затрагивающие интересы населения и будущих поколений в результате реализации данного проекта.

Что касается экологического эффекта, то сохранение уникальной природы является необходимым условием перехода региона к эколого-технологическому типу развития, необходимости сохранения и улучшения экологической обстановки. Экологический эффект непосредственно связывают со снижением уровня загрязнения, уровня потребления не возобновляемых природных ресурсов, улучшением экологической обстановки, качества жизни населения и т. д., т. е. по существу осуществляется процесс экологической оценки проектов.

Направления и территории развития инвестиционной деятельности должны учитывать различные факторы окружающей среды. Как указывают авторы работы [1], при традиционном анализе инвестиционных процессов, как правило, недооценивается роль, которую играет воздействие физических факторов окружающей среды. В работе [2] подчеркивается, что реализация проектов в районах с неблагоприятными природно-климатическими условиями сопряжена с соблюдением специальных технических условий и требований безопасности функционирования возводимых объектов и инженерных сооружений в этих условиях, что способствует удорожанию проекта, как на проектной стадии, так и на стадии строительства. Еще большее значение имеет адекватный учет экологического фактора. Современные представления о процессе экологической оценки проектов состоят в том, что он должен начинаться на самых ранних стадиях разработки проекта и проходить параллельно с процессом проектирования. При этом результаты экологической оценки проекта используются не только для «обоснования» уже принятых проектных решений и даже не столько для разработки специальных природоохранных мероприятий, а для принятия ключевых решений по выбору технологии и места размещения объекта.

Принятие решения о реализации того или иного экологически ориентированного инвестиционного проекта, как правило, осуществляется в условиях ограниченности ресурсов. Выбор проекта чаще всего усложняется наличием нескольких альтернативных вариантов, которые могут быть выгодны экономически, но опасны с точки зрения влияния на окружающую среду и наоборот, иметь экологически безопасные технологии, но быть менее экономически выгодными. Кроме того, задача выбора усложняется тем, что лица, принимающие решения, могут субъективно судить о проекте, выбор зависит от их отношения к проекту.

Это обуславливает необходимость ранжирования инвестиционных проектов, которое позволит проводить не только отбор инвестиционных проектов с наилучшим соотношением экономических и социальных результатов реализации инвестиционных проектов, но и определить негативные последствия их воздействия на окружающую среду в форме экономического ущерба, а также определить границы потенциала самовосстановления экосистем. С этих позиций комплексная оценка экономической, социальной и экологической эффективности проектов представляется очень важной. Решение поставленной задачи предполагает построение определенной экономико-математической модели расчета и анализа критериев проекта, основанных на учете большого количества факторов.

Единство методических подходов определяет последовательность оценки и расчета показателей эффективности и выбора проектов. Данная последовательность должна включать:

- 1) постановку процедурных вопросов оценки инвестиционных проектов;
- 2) формирование базы данных, выбор и обоснование показателей, отражающих состояние, эффективность инвестиционной деятельности в регионе;
- 3) выбор методов оценки и обработки информации;
- 4) разработку алгоритма оценки инвестиционных проектов;
- 5) отбор инвестиционных проектов к финансированию;
- 6) разработку основных положений региональной инвестиционной политики.

На рис. 1 представлена предлагаемая нами система критериев, которые позволяют провести всестороннюю оценку проектов в соответствии с поставленными целями.

Как видно из рисунка 1 система показателей включает в себя экономическую, финансовую, бюджетную, социальную, экологическую эффективность проекта, а также позволяет определять степень подверженности территории негативным природным факторам и обосновывать размещение проектов на территории.



Рис. 1. Система показателей для ранжирования проектов

Для блока по оценке экономической, финансовой, бюджетной, социальной эффективности инвестиционных проектов учитываются основные положения Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов [6] и Методики расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов [3].

Финансовая эффективность инвестиционного проекта свидетельствует о его привлекательности для частного инвестора. В качестве критериев финансовой эффективности проекта выбраны чистая приведенная стоимость проекта, внутренняя норма доходности проекта и дисконтированный срок окупаемости проекта. Необходимость одновременного применения нескольких критериев обусловлена тем, что различные критерии финансовой эффективности могут отдавать приоритет различным проектам; одновременное применение критериев позволяет более объективно оценить эффективность проекта.

Бюджетная эффективность инвестиционного проекта определяет его воздействие на доходы консолидированного бюджета Республики Бурятия. В качестве критериев бюджетной эффективности инвестиционного проекта выбраны совокупный объем денежных по-

ступлений в консолидированный бюджет Республики Бурятия, а также индекс бюджетной эффективности.

В качестве показателя экономической эффективности инвестиционного проекта используется индекс экономической эффективности инвестиционного проекта, характеризующий часть суммарного за все годы расчетного периода прогнозируемого реального объема валового регионального продукта, которая может быть обеспечена реализацией инвестиционного проекта.

Ключевым критерием социальной эффективности инвестиционного проекта является количество новых рабочих мест, создаваемых на территории республики в результате реализации инвестиционного проекта. Увеличение занятости населения представляется особенно актуальным в условиях мирового финансового кризиса, связанного со спадом экономической активности, повышением безработицы и, как следствие, ухудшением уровня жизни населения.

Экологические критерии рассчитываются на основе Методики оценки бюджетной, социальной и экологической эффективности планируемых и реализуемых инвестиционных проектов [4] и учитывают снижение негативного воздействия на окружающую среду, уменьшение энерго-, ресурсоемкости производства, утилизация отходов производства, вторичное использование отходов, производство экологически чистой продукции. Методика предполагает оценивать экологическую эффективность путем суммирования баллов по каждому показателю.

Для инвестиционных объектов основным критерием экологической допустимости размещения является уровень эколого-экономического или природно-производственного паритета, т. е. степень соответствия интегральной антропогенной нагрузки ее ассимиляционного потенциала. В соответствии со сформулированным принципом сбалансированного природопользования концепцию соизмерения можно представить как ограничение суммы существующих и возможных объектов на определенной территории величиной ассимиляционного потенциала соответствующего природного комплекса, позволяющего провести ранжирование, как по субъектам хозяйственной деятельности, так и по отдельным территориям. Для реализации экологически ориентированных инвестиционных проектов очень важно знать ресурс ассимилирующей способности окружающей среды.

Под ассимиляционным потенциалом будем понимать способность окружающей природной среды (атмосферы, водных источников, почвы) воспринимать различные антропогенные воздействия в определенных масштабах без изменения своих основных свойств в неопределенно длительной перспективе, т. е. лимитированная способность экологических систем нейтрализовать и обезвреживать в определенных количествах вредные выбросы.

Для определения экологической допустимости размещения инвестиционных объектов нужно соизмерить антропогенную нагрузку и ассимиляционный потенциал. В качестве антропогенной нагрузки нами рассматриваются результаты хозяйственной деятельности экономических субъектов (объем выбросов и сбросов загрязняющих веществ, объем образования отходов производства, объем образования отходов лесоперерабатывающей промышленности) и населения (образование отходов потребления, вынос азота и фосфора в водные объекты, выбросы поллютантов в атмосферу домашних хозяйств). В качестве ассимиляционного потенциала природных комплексов рассматривается ассимиляционный потенциал атмосферы, ассимиляционный потенциал водных ресурсов и ассимиляционный потенциал почвы. При анализе конечного показателя «соотношение антропогенной нагрузки и ассимиляционного потенциала» ассимиляционный потенциал принимается как эталонная мера, равная 1.

В любой экономической деятельности организации, как объективная реальность, возникает предпринимательский риск. Такой риск обусловлен потерями результата его деятельности, нанесение возможного ущерба окружающей среде. С другой стороны, изменения, связанные с негативным воздействием от окружающей среды, приводят к появлению экологического риска для деятельности организаций, результат которого выражается в возможном экономическом ущербе. Это диктует необходимость определения количественной оценки такого ущерба.

Для Республики Бурятия характерны высокая вероятность наводнений, селей, наледей, речной и овражной эрозии, заболачивания, заиления русел, создающие чрезвычайные ситуации и несущие ущерб для населения и экономики республики. На большинстве рек значительные скорости течения (2,2–3,0 м/сек), большие уклоны рек, узкие долины предопределяют резкий подъем воды в реках в период дождей. Катастрофические паводки приводят к затоплению более 300 населенных пунктов Республики Бурятия, в том числе 17 крупных поселений, сельхозугодий, разрушению мостов, жилых объектов, линий электропередач и связи, размыву автомобильных дорог, смыву плодородных почв и их заилению. Согласно государственной программе Республики Бурятия «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» [7] на территории в зонах негативного воздействия вод проживает 196,3 тыс. человек, т. е. около 20 % населения. Число пострадавших от наводнений потенциально может составить около 15 % численности всего населения республики.

Освоение территорий с учетом особого режима хозяйственной деятельности на Байкальской природной территории в сложных инженерно-геологических, природно-климатических условиях регламентируется Градостроительным Уставом Республики Бурятия. Схемой территориального планирования Республики Бурятия определены, в частности, зоны с особыми условиями использования и границы территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, предусмотрены ограничения строительства в зонах подтопления и катастрофического затопления с указанием зонирования территории.

Контроль соблюдения запрета на новое строительство на территориях, подверженных наводнениям и подтоплениям, должен осуществляться при разработке и реализации документов территориального планирования и градостроительного проектирования. В настоящее время в республике действует запрет на новое строительство на территориях, подверженных наводнениям и подтоплениям, но данный запрет массово нарушается. Для расчета размера вероятностного ущерба используется Методика оценки вероятностного ущерба от негативного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий, разработанная ФГУП ВИЭМС в 2006 году [7].

Таким образом, оценка экологически ориентированных инвестиционных проектов основана на многокритериальной оценке и включает:

- оценку проектов по показателям экономической, бюджетной, финансовой и социальной эффективности
- оценку проектов по показателям экологической эффективности;
- оценку ассимиляционного потенциала и антропогенной нагрузки территории;
- оценку степени подверженности территории негативным природным факторам;

В связи с тем, что оценка экологически ориентированных инвестиционных проектов связана с учетом множества факторов и характеризуются их разной природой, то в работе предлагается использование методов многокритериального анализа для ранжирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабурин В. Б., Горячко М. Д. География инвестиционного комплекса : учеб. пособие. М. : Геогр. фак. МГУ, 2009. 216 с.
2. Бардаханова Т. Б. Влияние природно-климатических факторов на удорожание проектов в жилищно-коммунальном хозяйстве // Управление экон. системами : электрон. науч. журн. 2013. № 8. URL: <http://www.uecs.ru>
3. Методика расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов : приказ М-ва регионального развития РФ от 30 окт. 2009 г. № 493 // Рос. газ. 2010. 29 янв.
4. Методика оценки бюджетной, социальной и экологической эффективности планируемых и реализуемых инвестиционных проектов: совместный приказ М-ва экономики Респ. Бурятия и М-ва финансов Респ. Бурятия от 13 авг. 2009 г. № 48/115 // Бурятия. 2009. № 162. 05.09; Офиц. вестн. № 91.
5. Методика оценки вероятностного ущерба от вредного воздействия вод и оценки эффективности осуществления превентивных водохозяйственных мероприятий / ФГУП ВИЭМС. М., 2006. 97 с.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция, исправленная и дополненная) (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. № ВК 477). М. : Экономика, 2000. 421 с.

7. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: постановление Правительства Республики Бурятия от 30.05. 2013 № 261 (в ред. от 18.05. 2017 № 222) // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: www.pravo.gov.ru (дата обращения: 22.05.2017).

УДК 502.084:574(581. 5)

Мониторинг состояния атмосферного воздуха территории Даниловского нефтегазоконденсатного месторождения

С. В. Заусаева (svetzau95@mail.ru)

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск.

Аннотация. Представлены результаты мониторинга атмосферного воздуха территории Даниловского нефтегазоконденсатного месторождения, по некоторым показателям и веществам. Исследования, проведенные в июне 2015 г., подтвердили, что, как и в 2013–2014 гг., на месторождении «проблемными» территориями являются не только непосредственные районы площадок скважин № 3, 5, 18 и 144, где зафиксированы превышения норм ПДК по различным загрязняющим веществам в атмосферном воздухе, но и удаленные участки находящихся в зоне влияния площадок перечисленных скважин. Отмечены превышения ПДК по взвешенным веществам, диоксиду серы и метанолу.

Ключевые слова: мониторинг атмосферного воздуха, нефтегазоконденсатное месторождение, загрязняющие вещества.

Введение

Эффективное природоохранное управление невозможно без объективной и своевременной информации о состоянии окружающей среды, оценки воздействия различных источников антропогенного загрязнения, анализа природоохранной деятельности природопользователей и реализации природоохранных мероприятий. Поэтому организация и проведение экологического мониторинга окружающей природной среды является важным инструментом эффективного природоохранного управления, обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды.

Строительство и эксплуатация объектов нефтегазового комплекса оказывают всестороннее воздействие на компоненты окружающей природной среды. Специфика экологических проблем, возникающих при добыче, хранении, транспорте и переработке углеводородного сырья, обусловлена особенностями состава и свойств добываемых пластовых смесей, технологиями их извлечения, переработки и особенностями географических условий районов расположения объектов добычи. Практически любые вещества, входящие в состав формирующихся на объектах нефтегазового комплекса техногенных потоков, геохимически активны, часто высокотоксичны и опасны для природной среды [5]. Необходимость комплексной экологической оценки принимаемых решений для объектов нефтегазового комплекса обусловлена большим количеством и разнообразием этих объектов, многоплановостью и спецификой их воздействия на окружающую природную среду в различных природно-климатических условиях на каждой фазе их «жизненного цикла». Важным инструментом в обеспечении экологической безопасности производственной деятельности является экологический мониторинг, который является обязательным элементом в программах комплексного социально-экономического развития регионов, территориально производственных комплексов и отдельных предприятий.

Цель работы дать характеристику состояния атмосферного воздуха, территории месторождения, по некоторым показателям и веществам.

Даниловское НГКМ открыто в 1977 году. Поисково-разведочное бурение на месторождении начато в 1980 году. Всего пробурено 28 поисково-разведочных скважин. Основной вид деятельности ООО «Иркутская нефтяная компания» – эксплуатация нефтегазоконден-

сатных месторождений, транспортировка и реализация углеводородного сырья. Площадь участка составляет 164,9 км², балансовые запасы нефти на месторождении по категории С1+С2 составляют 8,656 млн т, в том числе извлекаемые – 3,52 млн т.

Технологический процесс предполагаемой добычи, сбора, транспорта и подготовки углеводородного сырья максимально герметизирован. Тем не менее, в процессе эксплуатации оборудования, аппаратуры и коммуникаций, вследствие появления не плотностей за счёт температурных деформаций и износа, в результате механического или коррозионно-эрозийного разрушения материалов, в атмосферу могут выделяться вредные вещества.

Загрязнение атмосферы возможно следующими веществами и способами:

- предельными углеводородами С1-С5 и С6-С10;
- бензолом, толуолом, ксилолом при эксплуатации ёмкостей и резервуаров;
- от технологического оборудования и установок (сепараторов, отстойников и т. д.);
- от технологической обвязки оборудования;
- от насосов, от утечек в уплотнениях и соединениях технологических аппаратов, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, расположенных на площадках объектов нефтегазодобычи и хранения;
- окислами азота, сажей, оксидами углерода, предельными углеводородами;
- бенз(а)пиреном при сжигании газа на факельных установках;
- оксидами азота, метаном, оксидом углерода при работе печей;
- метанолом от блоков реагентов;
- оксидами азота, сажей, сернистым ангидридом, оксидами углерода, содержащимися в отработавших газах автотранспорта.

Методы и материалы

Для определения состояния атмосферного воздуха в зоне влияния ДНГКМ исследовано 11 точек отбора проб, общее количество взятых проб 55 для 5 веществ. Отбор проб на территории Даниловского НГКМ проводился сотрудниками лаборатории гидрохимии и химии атмосферы ЛИН СО РАН в июне 2015 г. и был приурочен к районам площадок скважин №№ 3, 5, 18, 20, 144 и КП-1. Для уточнения состояния атмосферного воздуха месторождения в целом, было дополнительно отобрано три пробы воздуха в районе прокладки дороги (между дорогой и площадкой скважины № 18, со стороны КП-3А) и в районе новой кустовой площадки КП-1А (на фоновой территории КП-1А и между КП-1 и КП-1А) (рис. 1).

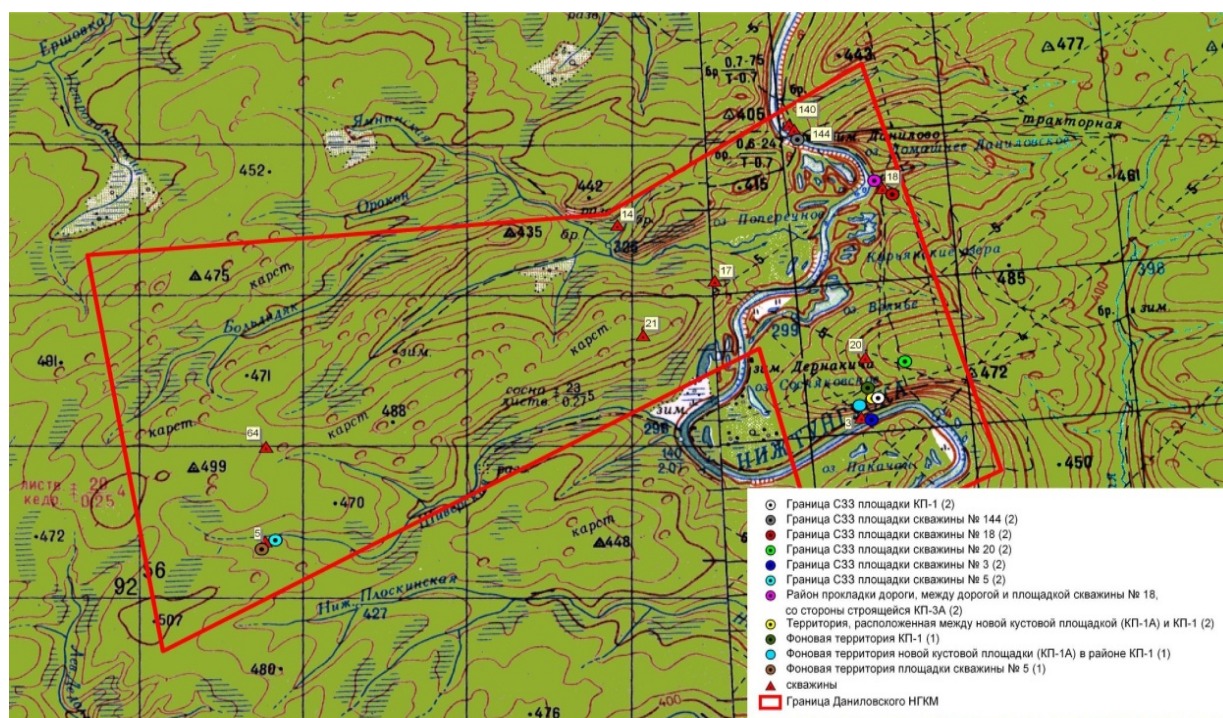


Рис. 1. Карта-схема отбора проб атмосферного воздуха на территории Даниловского НГКМ

На всех площадках пробы воздуха были отобраны на границе СЗЗ и на фоновых территориях с наветренной (1) и подветренной (2) стороны от объектов исследования. Всего было отобрано 11 проб атмосферного воздуха, в которых проводилось определение диоксидов серы (SO_2) и азота (NO_2), концентрации взвешенных частиц пыли, полиароматических углеводородов (ПАУ), н-алканов (гексан, гептан, бутан, октан) и метанола. Необходимо отметить, что мониторинговые работы на территории Даниловского НГКМ проводятся один раз в год, одновременно, таким образом, полученные результаты по компонентам, нормируемым в России, должны рассматриваться с позиции максимально-разовых предельно допустимых концентраций [2]. Для сравнения полученных в июне 2015 г. данных, использовались результаты исследований, проведённые на территории месторождения в 2013–2014 гг. [4].

Результаты

Основной вклад в уровни содержания загрязняющих примесей в атмосфере вносят мелкие взвешенные частицы. Взвешенные частицы пыли в воздухе могут появляться в результате выветривания горных пород, вулканических извержений, пожаров, ветровой эрозии пахотных земель, производственной деятельности человека и др. Взвешенные вещества, как и другие виды аэрозолей, усиливают рассеяние и поглощение света атмосферой, а также влияют на её тепловой режим. По данным Всемирной организации здравоохранения при концентрации пыли в атмосферном воздухе $0,08 \text{ мг/м}^3$ люди ощущают дискомфорт [1]. При дальнейшем увеличении содержания пыли (до $0,25\text{--}0,5 \text{ мг/м}^3$) наблюдается ухудшение состояния больных с лёгочными заболеваниями. Постоянное пребывание людей в атмосфере с концентрацией пыли выше $0,5 \text{ мг/м}^3$ приводит к более частым заболеваниям и возрастанию смертности.

Исследования, проведённые в июне 2015 г. на территории Даниловского НГКМ, показали, что атмосферный воздух месторождения в районах станций отбора проб запылен. Количество взвешенных частиц пыли изменялось от $0,08$ до $0,50 \text{ мг/м}^3$ (рис. 3.3. Минимальные концентрации взвешенных частиц пыли определены в районе площадки КП-1 (на границе СЗЗ и на фоновой территории), а также на станции, расположенной между КП-1А и КП-1. Повышенное содержание взвешенных частиц пыли на уровне ПДКм. р. ($0,50 \text{ мг/м}^3$) было зафиксировано на трёх станциях: в районах границ СЗЗ площадок скважин № 5 и № 20 с подветренной стороны и в районе прокладки дороги (между дорогой и площадкой скважины № 18, со стороны строящейся КП-3А) с подветренной стороны. На остальных пяти станциях концентрации взвешенных частиц пыли изменялись от $0,25$ до $0,33 \text{ мг/м}^3$, что превышает нормы ПДКс. с. ($0,15 \text{ мг/м}^3$) до 2,2 раз. Стоит отметить, что в период отбора проб атмосферного воздуха: в районе площадки скважины № 5 был отмечен сильный запах нефтепродуктов; в районе площадки скважины № 20 шёл дождь, что, возможно, вызвало сальтацию (скачкообразное перемещение частиц в воздухе) аэрозольных частиц [1]; высокие значения концентраций взвешенных частиц пыли, зафиксированные в районе прокладки дороги и площадок скважин № 3, 18, 144, возможно связаны с интенсивной работой автотехники.

Сравнивая концентрацию взвешенных частиц в атмосферном воздухе в 2015 г. с концентрацией, определенной в предыдущие годы исследований, можно сделать вывод, что высокое содержание взвешенных частиц пыли, достигающее уровня ПДКм. р, наблюдалось в районах площадок скважин № 3, 5, 20 и в 2013 г. Это объясняется тем, что в районе площадки скважины № 3 проводились строительные работы по прокладке нефтепровода «Скважина № 5 – скважина № 20», в район площадки скважины № 5 были выведены из рабочего состояния резервуары, предназначенные для хранения нефти, а в районе площадки скважины № 20 производились работы по установке дополнительных резервуаров для сбора нефти, также проводились строительные работы в вахтовом поселке, расположенном на территории площадки скважины № 20. В 2014 г. концентрации взвешенных частиц пыли были определены на достаточно низком уровне, это можно объяснить тем, что никакие строительные работы на территории в районе отбора проб не проводились (рис. 2).

Среди газообразных соединений неблагоприятное воздействие на окружающую среду оказывают оксиды серы и азота: разрушается хлорофилл растений, повреждаются листья и

хвоя. Наиболее чувствительными к SO_2 являются хвойные деревья, диоксид серы вызывает посерение кончиков хвои и увядание, поражённые участки приобретают бронзовую окраску. Сосна погибает при среднегодовой концентрации сернистого газа от 0,18 до 0,20 мг/м^3 , лиственные деревья начинают поражаться при концентрации диоксида серы от 0,5 до 1 мг/м^3 .

При увеличении содержания диоксида серы и присутствии взвешенных частиц пыли до 0,25–0,5 мг/м^3 наблюдается ухудшение состояния больных с лёгочными заболеваниями. Большая часть антропогенных выбросов диоксида серы (около 87 %) связана с сгоранием угля и нефти и металлургической промышленностью. Время пребывания диоксида серы в атмосфере в среднем исчисляется двумя неделями. В атмосфере диоксид серы претерпевает ряд химических превращений, важнейшие из которых – окисление и образование серной кислоты. Растворы серной кислоты могут долго держаться в воздухе в виде плавающих капелек тумана или выпадать вместе с дождём на землю [1].

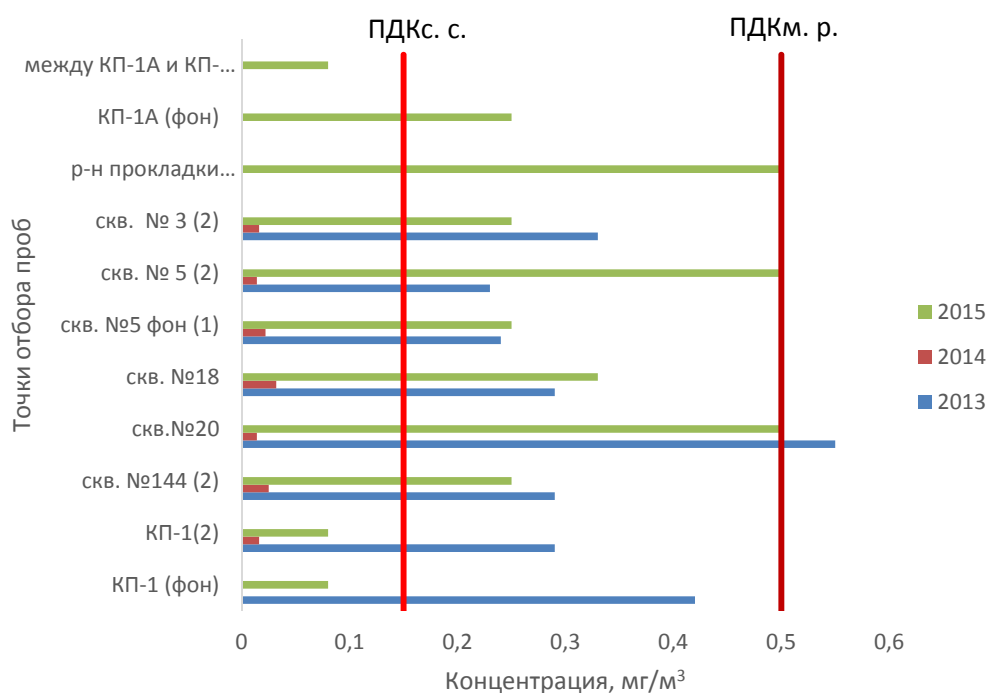


Рис. 2. Концентрация взвешенных частиц пыли в атмосферном воздухе, 2013–2015 гг.

Исследования, проведённые на территории Даниловского НГКМ в июне 2015 г., показали, что содержание диоксида серы в атмосфере месторождения варьировало от 0,01 до 0,12 мг/м^3 без превышения нормы ПДКм. р. (0,50 мг/м^3). На восьми станциях концентрации SO_2 были минимальными и изменялись от 0,01 до 0,04 мг/м^3 . На трёх станциях (границы СЗЗ площадок скважин №№ 5, 18, 20 с подветренной стороны) содержание диоксида серы составляло от 0,06 до 0,12 мг/м^3 , что превышает ПДКс. с. (0,05 мг/м^3) до 2,4 раза. Максимальное количество SO_2 зафиксировано в районах, вблизи которых проводились строительные и буровые работы. Стоит отметить, что в районе площадки скважины № 20 прошедший дождь, при высоком содержании взвешенных веществ, мог спровоцировать быстрое образование серной кислоты.

В межгодовом аспекте в атмосфере Даниловского НГКМ повышенное содержание диоксида серы, как и взвешенных веществ, наблюдалось в 2013 г. Обосновывается это тем, что в этот период на территории площадок скважин велись строительные работы, что привело к увеличению единиц автотехники. Основные работы были связаны с ликвидацией скважин № 18 и № 144, и проведением буровых работ на кустовых площадках КП-1 и КП-1А. В 2014 г. содержание SO_2 в атмосферном воздухе месторождения было минимально и более,

чем на порядок, ниже ПДКс. с. На снижение концентрации повлияло то, что в 2014 г. на территории площадок скважин не проводились строительные работы (рис. 3).

Значительное количество оксидов азота в окружающую среду поступает в результате сжигания ископаемого топлива. При работе теплоэнергетических объектов при высоких температурах в ядре факела топочных камер котлов большой мощности происходит частичное окисление азота воздуха и азота топлива с образованием оксида и диоксида азота. Попадая в атмосферу, оксид азота постепенно превращается в диоксид. Оксиды азота активно участвуют в фотохимических реакциях, продуцируя озон и азотную кислоту [5]. В настоящее время серьёзную проблему представляют не глобальное, а региональное и локальное загрязнение воздуха оксидами азота. Длительное воздействие NO_2 при концентрации до 2 мг/м^3 приводит к хлорозу растений (заболевание растений, при котором нарушается образование хлорофилла в листьях и снижается активность фотосинтеза). Прямой контакт растений с оксидами азота можно сразу определить по пожелтению или по бурению листьев и игл. Для хвойных пород ПДК-АЛм. р. $0,05 \text{ мг/м}^3$, ПДК-АЛс. с. $0,02 \text{ мг/м}^3$. Для лиственных пород ПДК-АЛм. р. $0,07 \text{ мг/м}^3$, ПДК-АЛс. с. $0,03 \text{ мг/м}^3$. У людей, высокие концентрации оксидов азота в атмосферном воздухе, приводят к учащению случаев катара верхних дыхательных путей, бронхита и воспаления легких [1].

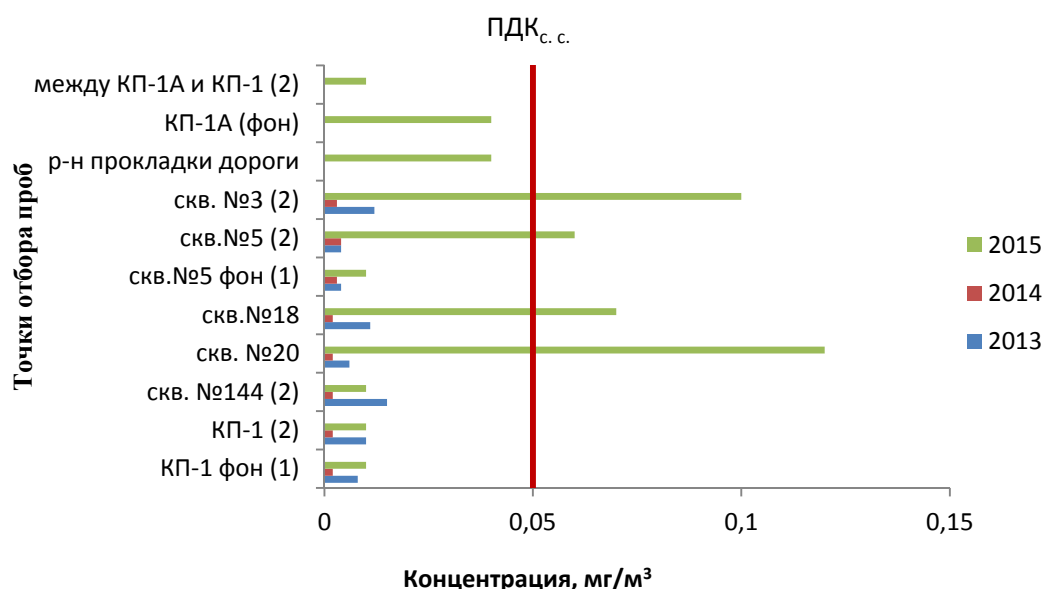


Рис. 3. Концентрация диоксида серы в атмосферном воздухе, 2013–2015 гг.

Исследования, проведённые на территории Даниловского НГКМ в июне 2015 г., показали, что содержание диоксида азота в атмосфере месторождения изменялось от $0,001$ до $0,027 \text{ мг/м}^3$ без превышения норм ПДКм. р. ($0,20 \text{ мг/м}^3$) и ПДКс. с. ($0,04 \text{ мг/м}^3$). Минимальные концентрации газа (от $0,001$ до $0,007 \text{ мг/м}^3$) определены на восьми станциях отбора проб атмосферного воздуха, максимальные (от $0,013$ до $0,027 \text{ мг/м}^3$) – на границах СЗЗ площадки скважины № 144, КП-1 с подветренной стороны и на фоновой территории КП-1 с наветренной стороны. Одной из причин повышенного содержания NO_2 в атмосфере месторождения могут быть работы, связанные с благоустройством территории новой кустовой площадки КП-1А, располагающейся поблизости.

Исследования, проведённые на территории Даниловского НГКМ в 2013–2015 гг. (рис. 4), показали, что содержание диоксида азота в атмосфере месторождения было на порядок ниже ПДКс. с., а в отдельные периоды, а именно в 2013 г. лишь на площадке скважины № 5 было зарегистрировано небольшое превышение концентрации NO_2 . Объясняется это тем, что в данный период на площадке скважины № 5 были проведены работы, по выведению из рабочего состояния резервуаров предназначенных для хранения нефти. Все проводимые технические работы сопровождалось присутствием автотранспорта. Некоторое повыше-

ние концентраций NO_2 в районах площадок скважин №№ 5, 20 и КП-1 отмечено в 2014 гг. Причиной повышенной концентрации NO_2 является сжигание попутного нефтяного газа на территории указанных площадок.

Анализируя полученные в июне 2015 г. результаты исследований, можно сделать вывод, что проведение на территории Даниловского НГКМ работ по прокладке дорог и благоустройству территории новой кустовой площадки оказало влияние на состояние атмосферного воздуха месторождения в целом. Это проявилось в повышении содержания взвешенных частиц пыли и концентраций диоксида серы, как в атмосферном воздухе района работ, так и в воздухе располагающихся вблизи площадок скважин.

В июне 2015 г. в пробах атмосферного воздуха на территории Даниловского НГКМ проводилось, кроме перечисленных выше газовых примесей и взвешенных частиц, определение полиароматических углеводородов, н-алканов (гексан, гептан, бутан, октан) и метанола.

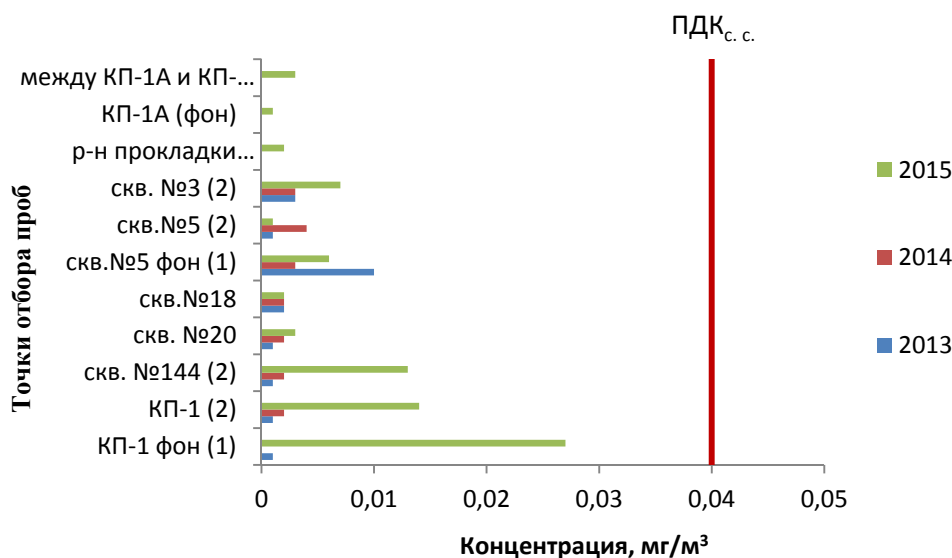


Рис. 4. Концентрация диоксида азота в атмосферном воздухе, 2013–2015 гг.

Антропогенными источниками ПАУ могут быть горение органического топлива, испарение нефти, лесные пожары, а также дальний атмосферный перенос [3, 5]. В июне 2015 г. на территории Даниловского НГКМ в пробах воздуха суммарная концентрация приоритетных ПАУ изменялась от $7,5 \cdot 10^{-6}$ до $70 \cdot 10^{-6}$ мг/м³. Низкое содержание ПАУ зафиксировано на 10 станциях из 11 – от $7,5 \cdot 10^{-6}$ до $27 \cdot 10^{-6}$ мг/м³. Максимальные концентрации ПАУ определены на границе СЗЗ площадки скважины № 144 с подветренной стороны. Стоит отметить, что на фоновой территории КП-1 содержание ПАУ ($27 \cdot 10^{-6}$ мг/м³) было выше, чем на границе СЗЗ площадки КП-1 ($11 \cdot 10^{-6}$ мг/м³).

Концентрация бенз(а)пирена, нормируемого в России, изменялась от $0,1 \cdot 10^{-6}$ до $4,1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³ [2, 3]. На 5 станциях из 11 содержание бенз(а)пирена не превышало гигиенические нормативы. На 6 станциях из 11 концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе превышали нормы ПДК ($1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³) от 1,1 до 4,1 раз. Максимальное превышение гигиенических нормативов по бенз(а)пирену зафиксировано на фоновой территории КП-1:

- граница СЗЗ площадки скважины № 18 (2) – $1,1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³, превышение ПДК в 1,1 раза,
- район прокладки дороги, между дорогой и площадкой скважины № 18, со стороны строящейся КП-3А (2) – $1,1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³, превышение ПДК в 1,1 раза,
- фоновая территория новой кустовой площадки (КП-1А) в районе КП-1 (1) – $1,7 \cdot 10^{-6}$ мг/м³, превышение ПДК в 1,7 раза,
- граница СЗЗ площадки КП-1 (2) – $3,1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³, превышение ПДК в 3,1 раза,
- граница СЗЗ площадки скважины № 144 (2) – $3,2 \cdot 10^{-6}$ мг/м³, превышение ПДК в 3,2 раза,
- фоновая территория КП-1 (1) – $4,1 \cdot 10^{-6}$ мг/м³, превышение ПДК в 4,1 раза.

Необходимо отметить, что в период выполнения мониторинговых наблюдений на территориях исследованных площадок скважин никакие работы, связанные с добычей и транспортом углеводородного сырья, не проводились, а некоторые скважины (№№ 18 и 144) уже несколько лет законсервированы или ликвидированы. В пробах воздуха присутствовали «лёгкие» и «тяжёлые» углеводороды, источником которых является испарение нефти и лесные пожары. ПАУ образуются в результате неполного сгорания органического топлива и поэтому присутствие экотоксикантов можно объяснить, как природными процессами, так и хозяйственной деятельностью на рабочих площадках с привлечением автотранспорта в том числе [3]. Для сравнения, в 2013 г. на исследуемой территории концентрации суммы ПАУ имели величину от $10 \cdot 10^{-6}$ до $27 \cdot 10^{-6}$ мг/м³ без превышения ПДК по бенз(а)пирену. В 2014 г. концентрации суммы ПАУ изменялись от $12 \cdot 10^{-6}$ до $260 \cdot 10^{-6}$ мг/м³ с превышением гигиенических нормативов по бенз(а)пирену в два раза на площадке скважины № 144 с подветренной стороны (рис. 5).

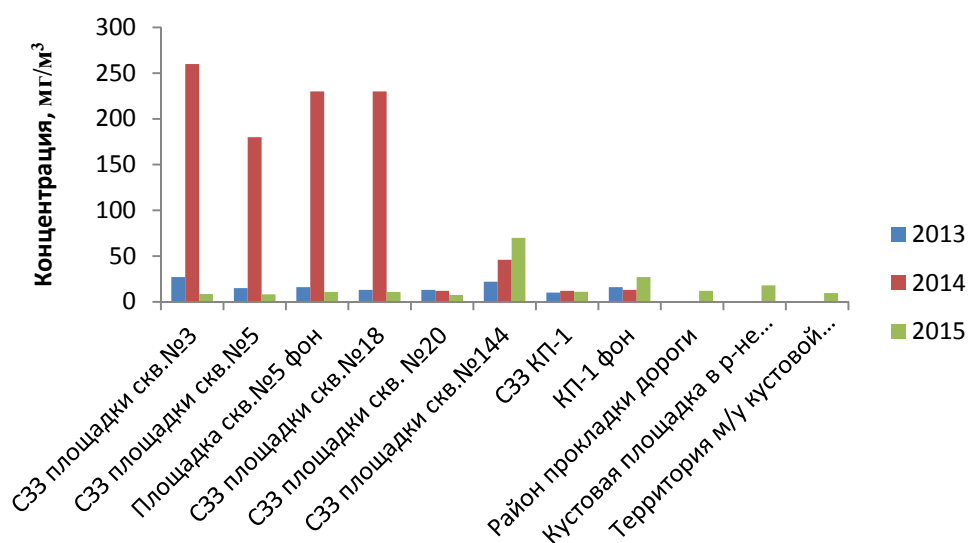


Рис. 5. Концентрации суммы ПАУ ($\cdot 10^{-6}$ мг/м³) в атмосферном воздухе, 2013–2015 гг.

В пробах воздуха велось определение метилового спирта и н-алканов (гексан, гептан, бутан, октан). Низшие алканы содержатся в природных газах (до 97 % – метан), а также входят в состав попутных нефтяных газов. В июне 2015 г. на станциях отбора проб атмосферного воздуха концентрации н-алканов (гексан, гептан, бутан, октан) были обнаружены на уровне от менее 1,0 до 2,0 мг/м³ без превышения ПДКм. р. по гексану (60 мг/м³) и бутану (200 мг/м³). Для сравнения, в 2013–2014 гг. на исследованной территории концентрации н-алканов наблюдались на более низком уровне – от менее 1,0 до 0,18 мг/м³ и от менее 1,0 до 1,8 мг/м³, соответственно.

В 2015 г. концентрации метилового спирта в пробах воздуха были определены от менее 0,5 до 15,3 мг/м³. Минимальные концентрации метанола (менее 0,5 мг/м³) определены на 5 станциях из 11. Высокие концентрации метилового спирта с превышением норм ПДКм. р. (1,0 мг/м³) от 3 до 15,3 раз определены на 6 станциях отбора проб воздуха из 11:

- граница СЗЗ площадки скважины № 20 (2) – 3,0 мг/м³, превышение ПДК в 3 раза,
- граница СЗЗ площадки КП-1 (2) – 3,3 мг/м³, превышение ПДК в 3,3 раза,
- граница СЗЗ площадки скважины № 144 (2) – 5,1 мг/м³, превышение ПДК в 5,1 раза,
- территория, расположенная между КП-1А и КП-1 (2) – 5,6 мг/м³, превышение ПДК в 5,6 раза,
- граница СЗЗ площадки скважины № 3 (2) – 10 мг/м³, превышение ПДК в 10 раз,
- фоновая территория площадки скважины № 5 (1) – 15,3 мг/м³, превышение ПДК в 15,3 раза.

Высокие концентрации метанола в воздухе могут быть связаны как с работами по промывке скважин, так и с испарением (при высоких температурах воздуха) метанола из ёмко-

стей (цистерн). В 2015 г. ёмкости, содержащие метанол, на площадках скважин обнаружены не были. Метанол, как и этанол, могут выделяться через листья и корневую систему древесными растениями. Для сравнения, в летний период 2013 г. на территории Даниловского НГКМ концентрации метанола имели значения от менее 0,5 (на семи из восьми станциях) до 1,4 (на площадке скважины № 20) мг/м^3 с превышением максимально-разовой ПДК в 1,4 раз; в 2014 г. – от менее 0,5 до 4,5 мг/м^3 с превышением гигиенических нормативов до 4,5 раз на площадке скважины № 5 и на её фоновой территории – 1,4 и 1,2 мг/м^3 , соответственно, на площадке КП-1 и на её фоновой территории – 1,9 и 1,6 мг/м^3 , соответственно, и на площадке скважины № 20 – 4,5 мг/м^3 . Стоит выделить, что к 2015 г. отмечена тенденция увеличения концентраций метанола в атмосфере Даниловского НГКМ, причины которой до конца не ясны (рисунок 6).

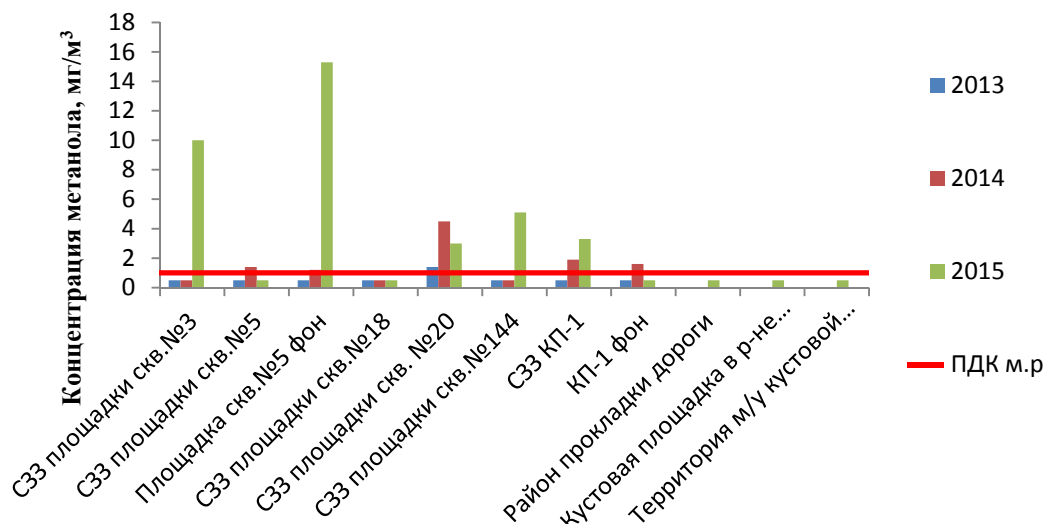


Рис. 6. Концентрация метанола в атмосферном воздухе за 2013–2015 гг.

Данные анализа химического состава атмосферного воздуха, свидетельствуют о том, что общее состояние месторождения, с учётом природно-географических особенностей территории и интенсивности промышленного освоения и эксплуатации, соответствуют состоянию и уровню фоновых участков и величин, характерных для северных территорий Восточной Сибири [5]. Однако следует отметить, что концентрации некоторых исследованных в атмосферном воздухе компонентов имеют превышения нормативов предельно допустимых концентраций. Одними из основных причин превышения норм ПДК могут рассматриваться как природно-географические особенности района обследования, так и экстремальные природные явления (отсутствие или значительное количество осадков, лесные пожары и др.).

Заключение

В атмосферном воздухе определено высокое содержание взвешенных веществ (на уровне ПДКм. р. – 0,50 мг/м^3) на трёх из 11 станциях: в районах границ СЗЗ площадок скважин № 5 и № 20 и в районе прокладки дороги (между дорогой и площадкой скважины № 18, со стороны строящейся КП-3А). Стоит отметить, что повышенные концентрации взвешенных частиц пыли зафиксированы на границах СЗЗ площадок скважин № 3, 5, 18, 144 и на фоновой территории КП-1А (в районе КП-1). В связи с тем, что в некоторых районах исследований в данный период времени ведутся интенсивные работы (в частности по прокладке дорог и благоустройству территорий), вероятно, данные показатели связаны не только с природными факторами, но и с проводимой хозяйственной деятельностью на территории месторождения.

В летний период 2015 г. при относительно невысокой концентрации в отобранных пробах атмосферного воздуха ПАУ (до $70 \cdot 10^{-6} \text{ мг/м}^3$), на 6 станциях из 11 зафиксировано превышение ПДК по бенз(а)пирену ($1 \cdot 10^{-6} \text{ мг/м}^3$) от 1,1 до 4,1 раз с максимальными показателями на фоновой территории КП-1.

В период выполнения мониторинговых наблюдений на территориях исследованных площадок скважин никакие работы, связанные с добычей и транспортом углеводородного сырья, не проводились. Особо стоит выделить районы скважин № 18 и 144, которые уже несколько лет не функционируют, работы, связанные с нефтедобычей, на площадках не ведутся. Предположительными причинами повышенного содержания в атмосферном воздухе месторождения бенз(а)пирена может быть и атмосферный перенос, связанный с: 1) сжиганием попутного газа, которое в период отбора проб проводилось на площадках скважин № 5 и 20) нефтедобывающими, строительными и хозяйственными работами, проводимыми на сопредельных с исследуемыми районами территориях. Одним из источников образования ПАУ является неполное сгорание органического топлива, поэтому присутствие экотоксикантов этого класса может быть связано и с интенсивной работой автотранспорта и техники.

Высокие концентрации метилового спирта в пробах атмосферного воздуха с превышением норм ПДКм. р. ($1,0 \text{ мг/м}^3$) от 3 до 15,3 раз определены на 6 станциях из 11. В связи с тем, что визуально ёмкости, содержащие метанол, на площадках скважин обнаружены не были, высокие концентрации соединения в воздухе, предположительно, могут быть связаны с естественными природными процессами, а именно с выделением древесными растениями метанола и этанола через листья и корневую систему, а также с переносом этого летучего органического соединения с сопредельных территорий. Стоит отметить, что к 2015 г. наметилась тенденция увеличения концентраций метилового спирта в атмосфере Даниловского НГКМ.

Исследования, проведённые в июне 2015 г., подтвердили, что, как и в 2013–2014 гг., на Даниловском НГКМ «проблемными» территориями являются не только районы площадок скважин №№ 3, 5, 18 и 144, где зафиксированы превышения норм ПДК по различным загрязняющим веществам в атмосферном воздухе, находящихся в зоне влияния площадок перечисленных скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гендрин А. Г. Экологическое сопровождение разработки нефтегазовых месторождений. Вып. 2. Мониторинг природной среды на объектах нефтегазового комплекса / А. Г. Гендрин, Г. А. Надоховская, Н. К. Смирнова, В. П. Середина, А. И. Непотребный, А. Г. Киселев, Е. С. Русинова, А. М. Худолец, А. А. Серых, А. Н. Чемерис // Гос. публ. научтехн. б-ка. Сиб. отд. РАН ; ТомскНИПИнефть ВНК. Новосибирск, 2006. 123 с
2. ГОСТ 17. 2. 3.01–86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населённых пунктов. Техэксперт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012789> (дата обращения: 26.06.2017)
3. ГОСТ Р ИСО 12884–2007. Воздух атмосферный. Определение общего содержания полициклических ароматических углеводородов (в газообразном состоянии и в виде твёрдых взвешенных частиц) Отбор проб на фильтр и сорбент с последующим анализом методом хромато-масс спектрометрии. Техэксперт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200062122> (дата обращения: 23.06.2017)
4. Отчёты. Мониторинг состояния окружающей природной среды и недр с оценкой фоновых уровней загрязнения на территории Даниловского НГКМ / ЛИН СО РАН. Иркутск, 2013–2014.
5. Саксонов М. Н. Абалаков А. Д., Данько Л. В. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы : учеб. пособие. Иркутск: Иркут. ун-т, 2005. – 114 с.

УДК 91:504.064. 2

Российско-китайский мониторинг качества вод реки Аргунь

Г. И. Никифорова (ek. nik. asm@gmail.com)¹Ю. В. Зима (zima. yura@mail.ru)²Л. Н. Зима (liya-zima@mail.ru)³¹ ФГБУ «Забайкальское УГМС».² Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита³ Забайкальский государственный университет, г. Чита

Аннотация. Представлены гидрохимические и гидрологические характеристики трансграничной р. Аргунь, полученные по результатам наблюдений совместного российско-китайского мониторинга в 2007–2010 гг.

Ключевые слова: гидрохимические и гидрологические характеристики, мониторинг окружающей среды, pH, ХПК, БПК.

Введение

Специалистами ГУ «Читинский ЦГМС-Р» (Читинский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) совместно со специалистами станции мониторинга окружающей среды г. Хулунбуир (КНР, Автономный район Внутренняя Монголия) в течение 2007 – 2010 гг. осуществлялись гидрохимические и гидрологические наблюдения на р. Аргунь в 3 створах: с российской стороны это пункты пос. Молоканка, с. Кути, с. Олочи; с китайской стороны – с. Агуруту, с. Хэйшаньтоу, с. Шивэй.

Важным шагом к началу совместного российско-китайского мониторинга стало подписание 21.02. 2006 г. в Пекине «Меморандума о взаимопонимании между Министерством природных ресурсов РФ и Государственной администрацией КНР по охране окружающей среды по вопросам совместного мониторинга качества воды трансграничных водных объектов» (рек Амура, Уссури, Аргуни, Раздольной, озера Ханка) [1] и «Плана совместного Российско-Китайского мониторинга качества водных объектов» (31.05. 2006 г.) [2].

Актуальностью проведения совместного исследования р. Аргунь является не только статус реки как трансграничного водного объекта, служащего естественной водной границей между РФ и КНР, но и низкое качество вод р. Аргунь. Учитывая местоположение реки, следует признать, что проблемы снижения высокого загрязнения вод р. Аргунь могут быть решены только совместными усилиями России и Китая.

Целью проведения совместных наблюдений на р. Аргунь является оценка современного состояния уровня загрязнённости трансграничного водного объекта, установление тенденции изменения качества вод по сезонам года, прогнозирование возможных изменений качества вод, выявление источников загрязнения реки.

В течение периода наблюдений были отобраны пробы воды р. Аргунь на химический анализ в 3 створах (пос. Молоканка – с. Агуруту, с. Кути – с. Хэйшаньтоу, с. Олочи – с. Шивэй) и проведены гидрометрические работы. Гидрохимические и гидрологические работы по мониторингу трансграничного водного объекта проведены в соответствии с нормативными документами (НД), принятыми в системе наблюдений на сети ГСН Росгидромета и НД РФ в области охраны окружающей среды. Химический анализ проб воды, оценка качества вод осуществлялись по единым методикам, принятым в системе Росгидромета. Полученные результаты могут быть использованы для осуществления водоохранных мероприятий в бассейне р. Аргунь.

Совместный российско-китайский мониторинг р. Аргунь

Специалистами ГУ «Читинский ЦГМС-Р» (Читинский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) совместно со специалистами станции мониторинга окружающей среды г. Хулунбуир (КНР, Автономный район Внутренняя Монголия) в течение 2007 – 2010 гг. осуществлялись гидрохимические и гидрологические наблюдения на р. Ар-

гунь в 3 створах: с российской стороны это пункты пос. Молоканка, с. Кути, с. Олочи; с китайской стороны – с. Агуруту, с. Хэйшаньтоу, с. Шивэй (Рисунок 1). Исследования проводились в различные фазы гидрологического режима: весеннее половодье, летне-осенняя и зимняя межень.

Река Аргунь – правая составляющая р. Амур – берёт начало на западном склоне Большого Хингана на территории КНР. На 951-м км она вступает в пределы Забайкальского края и ниже является естественной границей между Россией и Китаем. Общая площадь бассейна р. Аргунь составляет 285 тыс. км², а протяженность реки до слияния с р. Шилка – 1683 км. По характеру водного режима р. Аргунь (как и все реки Амурского бассейна) относится к дальневосточному типу, главным признаком которого является паводочный режим, основное питание река получает в летнее время за счет осадков. Река протекает в сложном режиме пойменной многорукавости, когда каждый рукав находится или в стадии развития, или в стадии отмирания, характеризуется разнообразием русловых процессов и активными русловыми деформациями [3].

Годовая сумма осадков на рассматриваемой территории изменяется от 302 мм (пгт. Забайкальск) до 417 мм (с. Нерчинский Завод). Распределение осадков в течение года крайне неравномерное. Зимой (ноябрь-апрель) выпадает 5–6 % (20–30 мм) от годовой суммы осадков, весной (апрель-май) – около 9–11 % (30–45 мм), летом (июнь-сентябрь) – 70–75 % (250–300 мм), осенью (сентябрь-октябрь) – до 10 % (30–50 мм).

По результатам лабораторных анализов проб, отобранных в различные гидрологические фазы наблюдаемого периода, воды р. Аргунь на трансграничном участке характеризовались следующим составом и уровнем загрязнения.

По химическому составу воды реки относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция.



Рис. 1. Река Аргунь

Концентрация водородных ионов (величина pH) в воде реки соответствует нейтральной (7,00–7,50 ед. pH) и слабощелочной реакции среды (7,70–8,45 ед. pH). Максимальное значение pH (8,50–8,70 ед.) было отмечено 04.11.2007, перед ледоставом.

Температура воды в период ледостава находилась в пределах 0,2–0,3 °С, в период открытого русла – 15,8 – 23,4 °С.

Норма интенсивности окраски (цветности) воды, обусловленная содержанием в ней окрашенных органических соединений, для вод поверхностных водных объектов составляет 35° по платиново-кобальтовой шкале (Pt-Co). Цветность воды р. Аргунь отмечалась выше нормы в 3–6 раз в июле (107–190° по Pt-Co шкале) и в сентябре (103–223° по Pt-Co шкале) 2009 года, в мае (109–216° по Pt-Co шкале) 2010 года. В пределах нормы и немного ниже, наблюдалось в июне (13–18° по Pt-Co шкале) и в августе (29–37° по Pt-Co шкале) 2008 года.

Норма прозрачности воды, установленная для поверхностных водных объектов, составляет 30 см. В 2008 году прозрачность вод реки в феврале-марте и августе была немного ниже нормы и составляла 26–29 см и 20–27 см соответственно, в июне прозрачность вод отмечалась в пределах нормы (30 см). В мае 2009 года прозрачность воды соответствовала 18–29 см, в июле – в пределах 4–11 см, в сентябре – 4–6 см. В 2010 году в периоды наблюдений прозрачность не соответствовала норме для поверхностных вод и составляла: в мае 4–9 см, в августе – в пределах 9–17 см, в октябре – 10–13 см.

Содержание *взвешенных веществ* в воде реки в феврале 2008 года было в пределах 12,8–15,6 мг/дм³, что не превышало значение фона для данных створов. В июне 2008 года концентрации взвешенных в воде веществ у пос. Молоканка и с. Кути были в пределах нормы (6,4–20,4 мг/дм³). В нижнем течении реки (с. Олочи – с. Шивэй) содержание взвешенных веществ превышало фоновое значение в 3 раза (38,4 мг/дм³). В августе 2008 года у пос. Молоканка взвешенные вещества в воде составили 33,5 мг/дм³, у с. Кути – 54,8 мг/дм³, что превышало фоновое значение в 1,5 и 4,6 раза соответственно.

В 2009 году содержание *взвешенных веществ* в воде превышало фоновое значение: в мае – в 1,3 раза (в районе с. Олочи); в июле – в 10–23 раза (максимум отмечен в районе пос. Молоканка); в сентябре – в 2–4 раза (максимум наблюдался в районе пос. Молоканка).

Содержание *взвешенных веществ* в воде в 2010 году превышало фоновое значение: в мае – в 1,2–10 раз (максимум отмечен в районе пос. Молоканка); в августе – в 2–5 раз (максимум зафиксирован в районе с. Кути); в октябре – в 1–2 раза (максимум наблюдался у с. Кути).

В таблице 1 представлены данные отобранных проб воды р. Аргунь в фазе гидрологического режима весеннее половодье за период совместных российско-китайских наблюдений 2007–2010 гг. (май-июнь).

Таблица 1

Данные отобранных проб воды совместного российско-китайского мониторинга качества вод р. Аргунь в 2007–2010 гг. (май-июнь)

Показатели	Наименование створов мониторинга			
	пос. Молоканка – с. Агуругу	с. Кути – с. Хэйшаньтоу	с. Олочи – с. Шивэй	Месяц и год отбора проб
Расход воды, м ³ /с	63,7	92,8	153	июнь 2007
	20,5	22,0	31,2	июнь 2008
	55,5	87,4	131	май 2009
	95	141	330	май 2010
Температура воды, °С	20,0	20,0	20,0	июнь 2007
	17,1	18,0	20,0	июнь 2008
	13,5	11,6	14,3	май 2009
	8,8	13,0	12,9	май 2010
Водородный показатель (pH), ед. pH	7,55	7,55	7,55	июнь 2007
	8,75	8,05	8,35	июнь 2008
	8,40	7,75	8,00	май 2009
	7,30	7,45	7,45	май 2010

Продолжение табл. 1

Растворенный кислород, мг/дм ³	8,21	8,28	8,87	июнь 2007
	9,43	8,29	8,45	июнь 2008
	7,36	9,60	8,96	май 2009
	10,4	9,40	9,73	май 2010
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	5,9	7,5	5,8	июнь 2007
	6,2	4,3	7,0	июнь 2008
	6,4	7,0	4,6	май 2009
	17,5	11,5	13,0	май 2010
ХПК, мг/дм ³	21,2	16,8	24,0	июнь 2007
	12,3	23,9	25,1	июнь 2008
	23,6	29,1	17,2	май 2009
	24,4	41,3	30,4	май 2010
БПК ₅ , мг/дм ³	4,43	3,77	3,24	июнь 2007
	6,66	3,87	5,59	июнь 2008
	3,66	1,76	1,44	май 2009
	4,54	4,20	3,56	май 2010
Азот аммонийный, мг/дм ³	0,62	0,04	0	июнь 2007
	0,06	0,06	0,02	июнь 2008
	0,03	0,09	0,03	май 2009
	0,06	4,20	0,02	май 2010
Фосфаты, мг/дм ³	0,058	0,107	0,044	июнь 2007
	0,088	0,075	0,021	июнь 2008
	0,053	0,046	0,053	май 2009
	0,082	0,068	0,024	май 2010
Нитраты, мг/дм ³	0,01	0,01	0,02	июнь 2007
	0,04	0,04	0,04	июнь 2008
	0,01	0,01	0,01	май 2009
	0,16	0,06	0,01	май 2010
Медь, мг/дм ³	0,0006	0,0007	0,0006	июнь 2007
	0,0009	0,001	0,001	июнь 2008
	0,001	0,001	0,001	май 2009
	0,002	0,0011	0,0025	май 2010
Цинк, мкг/дм ³	0,0025	0,0084	0,0025	июнь 2007
	0,007	0,004	0,005	июнь 2008
	0,004	0,006	0,006	май 2009
	0,013	0,0063	0,0025	май 2010
Мышьяк, мг/дм ³	0,006	0,005	0,005	июнь 2007
	0,0016	0,001	0,0017	июнь 2008
	0,00135	0,00235	0,00185	май 2009
	0,0015	0,0014	0,0010	май 2010
Ртуть, мг/дм ³	0,0001	0,0001	0,0001	июнь 2007
	0,00002	0,00012	0,00002	июнь 2008
	0,00002	0,00002	0,00002	май 2009
	0,00002	0,00002	0,00002	май 2010
Кадмий, мкг/дм ³	0,0001	0,0001	0,0001	июнь 2007
	0,0001	0,0001	0,0001	июнь 2008
	0,0001	0,0001	0,0001	май 2009
	0,0001	0,0001	0,0001	май 2010
Хром ⁶⁺ , мкг/дм ³	0,0001	0,0014	0,0014	июнь 2007
	0,001	0,002	0,001	июнь 2008
	0,0012	0,0017	0,0010	май 2009
	0,0010	0,0010	0,0010	май 2010

Окончание табл. 1

Свинец, мкг/дм ³	0,002	0,002	0,002	июнь 2007
	0,002	0,002	0,002	июнь 2008
	0,002	0,002	0,002	май 2009
	0,002	0,002	0,002	май 2010
Летучие фенолы, мг/дм ³	0,005	0,004	0,004	июнь 2007
	0,002	0,002	0,002	июнь 2008
	0,002	0,002	0,002	май 2009
	0,002	0,002	0,002	май 2010
Нефтепродукты, мг/дм ³	0	0	0	июнь 2007
	0,12	0,05	0,27	июнь 2008
	0,18	0,22	0,25	май 2009
	0,23	0,21	0,29	май 2010
Железо, мг/дм ³	0,08	0,12	0,47	июнь 2007
	0,04	0,04	0,01	июнь 2008
	0,20	0,20	0,15	май 2009
	0,81	0,36	0,19	май 2010
Марганец, мг/дм ³	0,0007	0,001	0,0049	июнь 2007
	0,18	0,18	0,13	июнь 2008
	0,14	0,16	0,13	май 2009
	0,083	0,046	0,061	май 2010
2,4-дихлорфенол, мг/дм ³	0,00005	0,00005	0,00005	июнь 2007
	0,00005	0,00005	0,00005	июнь 2008
	0,00005	0,00005	0,00005	май 2009
	0,00005	0,00005	0,00005	май 2010
2,4,6-трихлорфенол, мг/дм ³	0,00005	0,00005	0,00005	июнь 2007
	0,00005	0,00005	0,00005	июнь 2008
	0,00005	0,00005	0,00005	май 2009
	0,00005	0,00005	0,00005	май 2010
2,4'-ДДЕ, мг/дм ³	0,0000001	0,0000001	0,0000001	июнь 2007
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	июнь 2008
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	май 2009
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	май 2010
2,4-Д, мг/дм ³	0,00004	0,00004	0,00004	июнь 2007
	0,00005	0,00005	0,00005	июнь 2008
	0,00005	0,00005	0,00005	май 2009
	0,00005	0,00005	0,00005	май 2010
Линдан, мг/дм ³	0,000001	0,000001	0,000001	июнь 2007
	0,000002	0,000002	0,000002	июнь 2008
	0,00000038	0,00000005	0,00000011	май 2009
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	май 2010

В таблице 2 представлены данные отобранных проб воды р. Аргунь в фазе гидрологического режима весеннее половодье за период совместных российско-китайских наблюдений 2007–2010 гг. (август–сентябрь).

Критерии оценки загрязнённости поверхностных вод взяты на основании «Перечня рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение», 1999 г. (для водоемов и водотоков высшей и первой категории).

Таблица 2

Данные отобранных проб воды совместного китайско-российского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов в 2007–2010 гг. (август-сентябрь)

2007–2010				
Показатели	Наименование створов Мониторинга			
	пос. Молоканка – с. Агуругу	с. Кути – с. Хэйшаньтоу	с. Олочи – с. Шивэй	Месяц и год отбора проб
Расход воды, м ³ /с	20,4	26,5	51,6	август 2007
	38,4	58,7	89,8	август 2008
	81,7	120	475	сентябрь 2009
	32,4	47,4	122	август 2010
Температура воды, °С	26,0	22,0	19,0	август 2007
	23,3	22,1	15,8	август 2008
	12,4	13,5	13,2	сентябрь 2009
	20,2	20,3	19,8	август 2010
Водородный показатель (рН), ед. рН	7,90	8,18	8,05	август 2007
	7,22	7,35	7,19	август 2008
	7,65	7,90	7,00	сентябрь 2009
	7,23	7,83	7,37	август 2010
Растворенный кислород, мг/дм ³	7,47	7,66	7,66	август 2007
	8,10	8,30	9,81	август 2008
	9,28	9,28	8,96	сентябрь 2009
	9,73	7,85	8,47	август 2010
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	4,0	4,0	3,9	август 2007
	5,5	6,1	5,4	август 2008
	11,4	8,0	6,8	сентябрь 2009
	5,8	6,1	4,6	август 2010
ХПК, мг/дм ³	13,5	23,4	20,3	август 2007
	18,2	18,1	21,4	август 2008
	28,6	27,8	30,4	сентябрь 2009
	21,6	39,8	14,2	август 2010
БПК ₅ , мг/дм ³	4,19	3,23	2,80	август 2007
	5,60	3,22	2,61	август 2008
	1,92	0,57	1,60	сентябрь 2009
	6,75	2,75	1,73	август 2010
Азот аммонийный, мг/дм ³	0,09	0,02	0,02	август 2007
	0,02	0,02	0,02	август 2008
	0,09	0,01	0,03	сентябрь 2009
	0,05	0,07	0,04	август 2010
Фосфаты, мг/дм ³	0,094	0,094	0,038	август 2007
	0,095	0,100	0,048	август 2008
	0,050	0,060	0,051	сентябрь 2009
	0,116	0,128	0,054	август 2010
Нитраты, мг/дм ³	0,02	0,01	0,01	август 2007
	0,04	0,04	0,04	август 2008
	0,01	0,01	0,01	сентябрь 2009
	0,01	0,01	0,01	август 2010
Медь, мг/дм ³	0,0007	0,0007	0,0006	август 2007
	0,0027	0,0044	0,0010	август 2008
	0,0026	0,0013	0,001	сентябрь 2009
	0,0010	0,0010	0,0010	август 2010

Продолжение табл. 2

Цинк, мг/дм ³	0,0084	0,0052	0,0025	август 2007
	0,010	0,0070	0,0030	август 2008
	0,014	0,015	0,019	сентябрь 2009
	0,0020	0,0020	0,0020	август 2010
Мышьяк, мг/дм ³	0,005	0,008	0,009	август 2007
	0,0035	0,0036	0,0027	август 2008
	0,00157	0,00185	0,00120	сентябрь 2009
	0,0030	0,0047	0,0027	август 2010
Ртуть, мг/дм ³	0,0001	0,0001	0,0001	август 2007
	0,00002	0,00002	0,00002	август 2008
	0,00003	0,00003	0,00003	сентябрь 2009
	0,00002	0,00002	0,00002	август 2010
Кадмий, мг/дм ³	0,0001	0,0001	0,0001	август 2007
	0,0001	0,0001	0,0001	август 2008
	0,0001	0,0001	0,0001	сентябрь 2009
	0,0001	0,0001	0,0001	август 2010
Хром ⁶⁺ , мг/дм ³	0,0014	0,0016	0,0017	август 2007
	0,0020	0,0010	0,0012	август 2008
	0,0028	0,0026	0,0011	сентябрь 2009
	0,0010	0,0010	0,0010	август 2010
Свинец, мг/дм ³	0,002	0,002	0,002	август 2007
	0,002	0,002	0,002	август 2008
	0,002	0,002	0,002	сентябрь 2009
	0,002	0,002	0,002	август 2010
Летучие фенолы, мг/дм ³	0,002	0,003	0,002	август 2007
	0,002	0,002	0,002	август 2008
	0,002	0,002	0,002	сентябрь 2009
	0,002	0,002	0,002	август 2010
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,09	0,05	август 2007
	0,06	0,12	0,11	август 2008
	0,21	0,11	0,17	сентябрь 2009
	0,66	0,65	0,63	август 2010
Железо, мг/дм ³	0,04	0,04	0,04	август 2007
	0,04	0,06	0,10	август 2008
	0,67	0,80	0,39	сентябрь 2009
	0,07	0,11	0,06	август 2010
Марганец, мг/дм ³	0,0014	0,0031	0,0062	август 2007
	0,203	0,225	0,132	август 2008
	0,183	0,135	0,092	сентябрь 2009
	0,174	0,089	0,069	август 2010
2,4-дихлорфенол, мг/дм ³	0,00005	0,00005	0,00005	август 2007
	0,00005	0,00005	0,00005	август 2008
	0,00005	0,00005	0,00005	сентябрь 2009
	0,00005	0,00005	0,00005	август 2010
2,4,6-трихлорфенол, мг/дм ³	0,00005	0,00005	0,00005	август 2007
	0,00005	0,00005	0,00005	август 2008
	0,00005	0,00005	0,00005	сентябрь 2009
	0,00005	0,00005	0,00005	август 2010
2,4'-ДДЕ, мг/дм ³	0,0001	0,0001	0,0001	август 2007
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	август 2008
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	сентябрь 2009
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	август 2010

Окончание табл. 2

2,4-Д (2,4-дихлорфенокси-уксусная кислота), мг/дм ³	0,04	0,04	0,04	август 2007
	0,00005	0,00005	0,00005	август 2008
	0,00005	0,00005	0,00005	сентябрь 2009
	0,00005	0,00005	0,00005	август 2010
Линдан (гексахлорцикло-гексан), мг/дм ³	0,000002	0,000002	0,000002	август 2007
	0,000002	0,000002	0,000002	август 2008
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	сентябрь 2009
	0,00000005	0,00000005	0,00000005	август 2010

На рисунках 2–7 представлены графики анализа изменений содержания химических веществ в пробах воды р. Аргунь в фазе гидрологического режима весеннее половодье на участках: пос. Молоканка (с. Агуруту), с. Кути (с. Хэйшаньтоу) и с. Олочи (с. Шивэй).



Рис. 2. Содержание органических веществ (по величине ХПК) в пробах воды

Рис. 3. Содержание органических веществ (по величине БПК⁵) в пробах воды

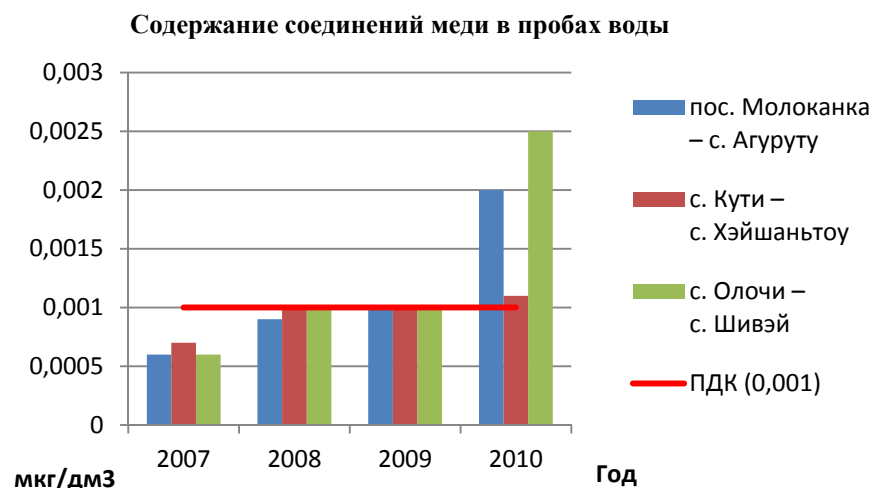


Рис. 4. Содержание соединений меди в пробах воды

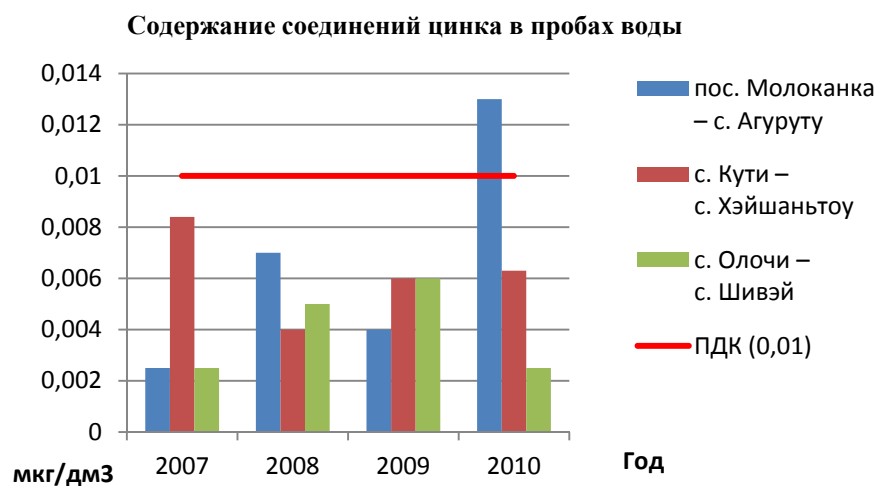


Рис. 5. Содержание соединений цинка в пробах воды

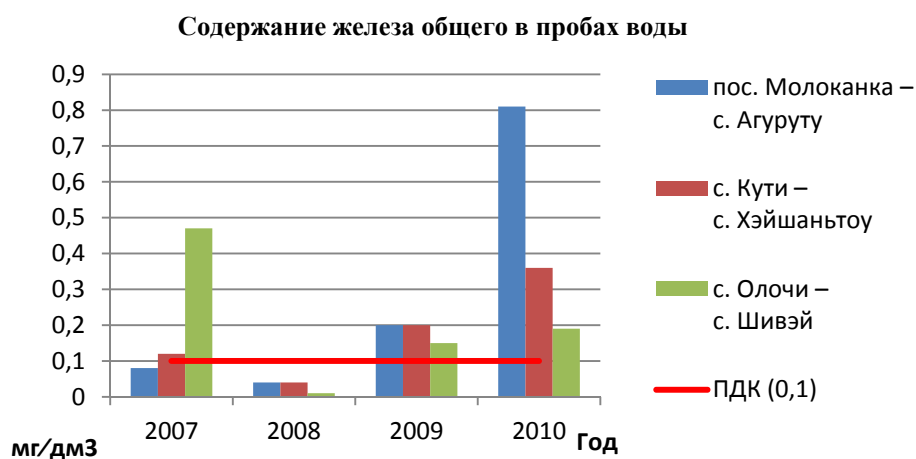


Рис. 6. Содержание железа общего в пробах воды.

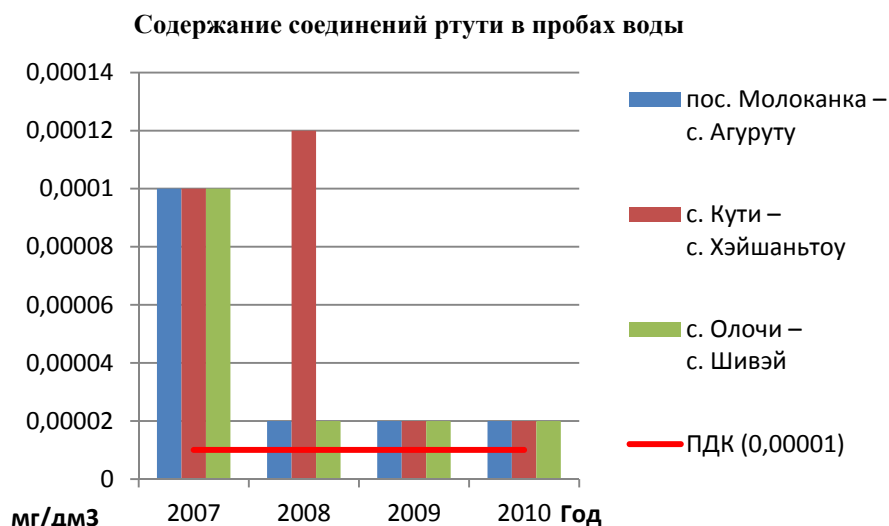


Рис. 7. Содержание соединений ртути в пробах воды.

Заключение

Река Аргунь является крупным притоком р. Амур, служащая естественной водной границей между РФ и КНР. Результаты анализа проб воды, отобранных при проведении экспедиционного обследования р. Аргунь в 2007–2010 гг. показали, что воды реки в основном оценивались 4 классом качества и классифицировались как грязные. В период открытого русла вода соответствовала малой минерализацией. Реакция среды изменялась от нейтральной до щелочной. По химическому составу воды реки относятся к гидрокарбонатному классу.

Причиной низкого качества вод реки явилось экстремально высокое и высокое загрязнение вод соединениями ртути и повышенные концентрации соединений марганца, органических веществ, железа общего, взвешенных веществ и других основных загрязняющих веществ.

В 2007 году наиболее часто регистрировались случаи превышения ПДК: по содержанию органических веществ (по величине ХПК) в 96 % отобранных проб, (по величине БПК₅) – в 90 %; ионов меди – в 56 %, фенолов – в 55 %. Загрязнение вод азотсодержащими веществами, фосфатами, АСПАВ, нефтепродуктами, марганцем – неустойчивое, низкого и среднего уровня. По содержанию марганца фиксировались случаи превышения уровня 10 ПДК.

Химические анализы проб воды в 2008 году показали, что в соответствии с нормативами, принятыми в РФ, случаи превышения уровня ПДК имели место по содержанию следующих определяемых в воде показателей: марганца – в 100 % отобранных проб; органических веществ по величине БПК₅ – в 95 %; органических веществ по величине ХПК – в 77 %; нефтепродуктов – в 73 %; меди – в 64 %; цинка – в 45 %; фенолов летучих – в 36 %; ртути – в 32 %; железа общего – в 18 % от общего количества отобранных проб.

В 2009 году на реке отмечено 28 случаев превышения уровня 10 ПДК: марганца, нефтепродуктов, органических веществ по величине ХПК, железа общего – в 100 % отобранных проб; меди – в 69 %; органических веществ по величине БПК₅, цинка – в 56 %; ртути – в 13 %; фенолов летучих – в 10 % от общего количества отобранных проб.

За отчётный 2010 год, средние концентрации определяемых показателей в воде реки, превысившие уровень ПДК, составили: соединений марганца – в 100 % отобранных проб; органических веществ по величине БПК₅ – в 92 %; взвешенных веществ – в 84 %; нефтепродуктов – в 76 %; железа общего – в 72 %; органических веществ по величине ХПК – в 68 %; соединений меди – в 64 %; соединений ртути – в 16 %; соединений цинка – в 12 %; фенолов летучих – в 4 % от общего количества отобранных проб.

Содержание фенолов (2,4-Дихлорфенола, 2,4,6-Трихлорфенола) по всей длине реки в течение наблюдаемого периода было ниже порога определения.

Высокое содержание загрязняющих веществ в воде свидетельствует о том, что в реку Аргунь осуществляется интенсивный сброс сточных вод промышленных предприятий. На территории Забайкальского края основными источниками загрязнения вод бассейна р. Аргунь являются ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ОАО ППГХО), предприятия пос. Приаргунск, предприятия горнодобывающей промышленности и неорганизованные сбросы предприятий сельскохозяйственного производства. Непосредственного прямого сброса сточных вод в русло р. Аргунь от организованных источников не отмечено. Информация об источниках загрязнения бассейна реки на территории Китая отсутствует.

Результаты наблюдений свидетельствуют, что р. Аргунь является одним из наиболее загрязненных водных объектов Забайкальского края из-за поступления загрязняющих веществ с территорий Китая и России, требует первоочередного осуществления водоохранных мероприятий обеими сторонами, принятия безотлагательных мер по ужесточению контроля за соблюдением природоохранного законодательства.

В условиях сложившейся неблагоприятной экологической ситуации на реке и наличия потенциальных пограничных угроз возникновения чрезвычайных ситуаций природного или иного характера по обе стороны границы, работы по совместному мониторингу трансграничного водного объекта – р. Аргунь должны быть продолжены.

Международное сотрудничество может благотворно повлиять на развитие и оптимизацию трансграничного мониторинга и привлечь большее внимание и ресурсы к решению природоохранных проблем в бассейне р. Аргунь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меморандум о взаимопонимании между Министерством природных ресурсов РФ и Государственной администрацией КНР по охране окружающей среды по вопросам совместного мониторинга качества воды трансграничных водных объектов (рек Амура, Уссури, Аргуни, Раздольной, озера Ханка) от 21.02.2006.
2. План совместного Российско-Китайского мониторинга качества водных объектов от 31.05.2006.
3. Зима Ю. В. Современные руслоформирующие процессы реки Аргунь // География и природные ресурсы. 2009. № 1. С. 162–164.

УДК 502.084:574(581.5)

Аспекты влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду

Ю. Б. Петрова (juliaivanova14@mail.ru)

Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Иркутск

Аннотация. Представлена краткая характеристика всех аспектов, процессов и направлений влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду. Отмечены возможности и перспективы уменьшения негативных последствий этих воздействий.

Ключевые слова: озеленённые территории, зелёные насаждения, населённые пункты, структура и состояние.

Введение

Научно-техническая революция существенно ускорила рост промышленности, энергетики, строительства, транспорта. Человек стал интенсивно использовать окружающую среду, вовлекать в производство новые материалы, проникать в новые области природы и осваивать их для удовлетворения потребностей общества, для роста его материального благосостояния. Проблема железнодорожного транспорта связана с экономическими и экологическими вопросами. Без решения этих вопросов невозможно развитие инновационной экономики и про-

ведения модернизации техники для снижения влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду [1].

Любая железная дорога представляет собой отчужденную у природной среды полосу, искусственно приспособленную к движению поездов с заданными техническими и экологическими показателями. Для экологической системы, для природного ландшафта железная дорога является чужеродным элементом [5].

Отрицательный социальный результат научно-технического прогресса становится все более ощутимым по мере изменения производственного процесса: увеличение масштабов производства, роста мощностей и скоростей машин, значительное увеличение транспортной работы и т. д. Экологические интересы общества и развитие железнодорожного транспорта совпадают в глобальных масштабах и далекой перспективе, так как любое производство или деятельность может развиваться только при условии сохранения возможности жизни производителя – человека, а также наличия природной среды.

Железнодорожный транспорт является специфической отраслью хозяйства, включающей как непосредственное выполнение перевозочного процесса, так и функционирование многопрофильных производств по обеспечению ритмичной работы железных дорог.

В связи с возникновением признаков глобальных экологических проблем, с глобальным и локальным загрязнением окружающей природной среды, с ухудшением экологической ситуации, с трудностями создания экологической инфраструктуры и безопасной среды жизни на глобальном и локальном уровнях необходимо более широкое внимание развития инфраструктур как комплекса систем и сооружений для обеспечения условий сохранения и восстановления среды жизни [2]. Здесь большее внимание должно уделяться качеству окружающей природной среды, к достижению которого нужно стремиться.

Методы и материалы

Протяженность железных дорог России составляет 87 157 км [3]. Несмотря на то что железнодорожный транспорт оказывает наименьшее влияние, особенно по сравнению с автомобильным, его доля в загрязнении окружающей природной среды остаётся высокой. Это происходит в результате выброса вредных веществ, как подвижного состава, так и многочисленных производственных и подсобных предприятий, обслуживающих перевозочный процесс. При этом происходит существенное загрязнение атмосферного воздуха, воды и почвы. Кроме того, железнодорожный транспорт создаёт шумовое, тепловое загрязнение, наличие излучений среды обитания человека [4].

Методом системного анализа источников литературы и непосредственных полевых наблюдений за объектами железнодорожного транспорта были выявлены, обобщены основные аспекты влияния. Указаны некоторые меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Результаты

Деятельность железнодорожного транспорта оказывает воздействие на окружающую среду всех климатических зон и географических поясов нашей страны.

Экологические преимущества железнодорожного транспорта состоят, главным образом, в значительно меньшем количестве вредных выбросов в атмосферу. Основным источником загрязнения атмосферы являются отработавшие газы дизелей тепловозов. В них содержатся оксид углерода, оксид и диоксид азота, различные углеводороды, сернистый ангидрид, сажа.

Исследования показали, что содержание в воздушной среде оксида углерода, оксидов азота, сернистого ангидрида превышает ПДК_{мр} концентрации для атмосферного воздуха. Это свидетельствует о существенном загрязнении воздуха железнодорожных станций отработавшими газами тепловозов. На расстоянии 150 м от станции оксиды азота обнаруживаются в тех же концентрациях, что и на станции [4].

Ежегодно из пассажирских вагонов на пути выливаются сточные воды, содержащие патогенные микроорганизмы, и выбрасывается до 12 т сухого мусора. Это приводит к загрязнению железнодорожного полотна и окружающей природной среды. Кроме того, очистка

путей от мусора связана со значительными материальными издержками. Решить проблему можно использованием в пассажирских вагонах аккумулирующих емкостей для сбора стоков и мусора или установкой в них специальных очистных сооружений.

При мытье подвижного железнодорожного состава в почву и водоёмы переходят вместе со сточными водами синтетические поверхностно – активные вещества, нефтепродукты, фенолы, шестивалентный хром, кислоты, щелочи, органические и неорганические взвешенные вещества. Во много раз сильнее сточных вод загрязняется почва на территории и вблизи пунктов, где производится обмывка и промывка подвижного состава [3].

Железнодорожный транспорт – крупный потребитель воды. Вода участвует практически во всех производственных процессах: при обмывке и промывке подвижного состава, его узлов и деталей, охлаждении компрессоров и другого оборудования, получении пара, используется при заправке вагонов, реостатных испытаниях тепловозов, часть потребляемой воды расходуется безвозвратно (заправка пассажирских вагонов, получение пара, приготовление льда). Объём оборотного и повторного использования воды на предприятиях железнодорожного транспорта пока составляет лишь около 30 % (проценты от числа отделяются пробелом) [1]. Большая же часть используемой воды сбрасывается в поверхностные водные объекты – моря, реки, озёра и ручьи.

К основным мероприятиям по охране водоёмов от загрязнения относятся строительство и реконструкция очистных сооружений в узлах, внедрение оборотного водоснабжения, нормирование расхода воды и уменьшение сброса неочищенных стоков, создание более совершенных и экономичных средств и методов очистки производственных и бытовых сточных вод, сокращение потерь воды, совершенствование лабораторного контроля.

Несложные флотационные установки успешно эксплуатируются на подавляющем большинстве железнодорожных мероприятий. Они хорошо зарекомендовали себя при очистке сточных вод от наиболее распространённого вида загрязнений – нефтепродуктов. Эти установки обеспечивают в 5–10 раз лучший эффект очистки, чем нефтеловушки, и позволяют удалять из стоков до 95 % загрязнений. Внедрение флотаторов позволило значительно сократить загрязнение водоёмов нефтепродуктами, улучшить систему оборотного водопользования.

Для очистки производственных и бытовых сточных вод сооружают также биологические пруды. Устройство и эксплуатация таких прудов не требуют больших затрат, в то же время их применение возможно в различных климатических условиях.

Источники загрязнения атмосферного воздуха

На железнодорожном транспорте источниками выбросов вредных веществ в атмосферу являются объекты производственных предприятий и подвижного состава. Они подразделены на стационарные и передвижные. Из стационарных источников наибольший вред окружающей среде наносят котельные, в зависимости от применяемого топлива при его сгорании выделяют различные количества вредных веществ. При сжигании твёрдого топлива в атмосферу выделяются оксиды серы, углерода, азота, летучая зола, сажа. Мазуты при сгорании в котельных агрегатах выделяют с дымовыми газами, оксиды серы, диоксид азота, твердые продукты неполного сгорания ванадия.

Приготовление в депо сухого песка для локомотивов, его транспортировка и загрузка в тепловозы сопровождается выделением воздушную среду пыли и газообразных веществ. Нанесение лакокрасочных покрытий сопровождается выделением в атмосферу паров растворителей, аэрозоля краски. При использовании растворителей, шпатлёвок, грунтовок, лаков, эмалей, поступающие в воздух пары содержат ацетон, бензол, ксилол, бутиловый спирт, толуол, уайт-спирит, формальдегид в концентрациях от 10 до 150 мг/м³,

При обмывке подвижного состава в воздух выделяется пыль до 1,5–20 мг/м³, карбоната натрия – до 1,0–5,0 мг/м³. Путевая техника, тепловозы при сжигании топлива с выхлопными газами выделяют: оксид серы, углерода, азота, альдегиды [4].

Выбросы в атмосферу подлежат очистке. Под очисткой понимают отделение выбросов вредных веществ. В настоящее время используют механические, физические, физико-

химические методы удаления из воздуха вредных примесей. Газоочистные установки очищают от твердых, жидких примесей и аэрозолей, газообразных веществ.

Источники загрязнения водных объектов

Вода употребляется во многих технологических процессах железнодорожного хозяйства. В целях экономии этого ценного природного ресурса разработаны нормы потребления и отведения воды. После использования на предприятиях вода загрязняется различными примесями и переходит в разряд производственных сточных вод. Многие вещества, загрязняющие стоки предприятий, токсичны для окружающей природной среды. Качественный и количественный состав стоков, а также их расход зависят от характера технологических процессов предприятия.

Производственные сточные воды локомотивного депо образуются в процессе наружной обмывки подвижного состава, при промывке узлов деталей, аккумуляторов, мытье смотровых канав, стирке спецодежды. Сточные воды в основном содержат взвешенные частицы, нефтепродукты, бактериальные загрязнения, кислоты, щёлочи, поверхностно-активные вещества.

Поверхностно-активные вещества – химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела термодинамических фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения.

Производственные сточные воды железнодорожных предприятий представляют собой сложные системы, содержащие органические и минеральные вещества, состав которых определяется характером техногенных процессов.

Очистка сточных вод предприятий железнодорожного транспорта осуществляется механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и другими методами. Для предварительной очистки сточные воды пропускают через решетки, затем отстойники для осаждения из сточных вод примесей в песколовках, отстойниках, гидроциклонах и осветителях. Песколовки применяют для предварительного выделения минеральных и органических загрязнений. Эффективность отстаивания достигает 60 %. Для очистки сточных вод от основной массы нефтепродуктов применяются нефтеловушки. Всплывающую нефть собирают поворотными трубами, а твердый осадок удаляют через донный клапан. Для выделения из сточных вод жидких веществ, применяется фильтрование с сетчатыми элементами. Для механической очистки сточных вод от нефтепродуктов применяются гидроциклоны и центрифуги. Гидроциклоны применяются взамен песколовок или отстойников при недостатке площади их размещения. Сущность биологической очистки заключается в окислении органических загрязнителей микроорганизмами [5].

В локомотивном депо работают локальные очистные флотаторы, главная задача которых состоит:

- снижение капитальных затрат на очистку сточных вод;
- организация замкнутых систем водоснабжения;
- вторичное использование утилизированных отходов.

Сточные воды поступают в общий канализационный колодец, а затем на очистные сооружения.

Замкнутые системы на железнодорожном транспорте решают вопросы рационального использования водных ресурсов и защиты окружающей среды и водоёмов от загрязнения. Внедрения технологических процессов повторного и обратного использования воды позволяет сократить ее расход на 20 %. Кроме того, качество воды в оборотных системах ниже, чем при сбросе в водоемы.

Источники загрязнения территорий предприятий

Наиболее распространёнными загрязнителями территорий предприятий железнодорожной отрасли является нефть, нефтепродукты, мазут, топливо, смазочные материалы. Причиной загрязнения железнодорожных путей нефтепродуктами является утечка их из цистерн, неисправных котлов, при заправке колесных букс. Количество загрязнений колеблется от 5 до 20 г на 1 кг грунта. Предприятия железнодорожного транспорта занимают территории от 2 до 50 га (локомотивные и вагонные депо - 4–5 га, территории промывочных стан-

ций, железнодорожные станции, пункты подготовки пассажирских вагонов, шлакоприточные заводы – 12 га). Загрязнение территорий отрицательно сказывается на состоянии окружающей природной среды. Утилизация – употребление отходов с пользой. Этот процесс представляет собой совокупность технологических операций, в результате которых из отходов производится один или несколько видов продукции или используется для получения тепла и энергии [3].

На железнодорожном транспорте значительная часть образующихся отходов содержит нефтепродукты. Они могут быть горючие и негорючие, жидкие, пастообразные, твердые [2].

Наиболее эффективным является процесс пиролиза. В этом случае получается около 50 % порошкообразного продукта, практически не содержащего нефтепродукты. Выход газообразных продуктов достигает 10 %, что позволяет использовать их в качестве топлива, твердый конденсат так же используется в качестве топлива. Наибольшим удельным весом среди производственных отходов обладает шлаки, зола. Шлаковые отходы являются ценным сырьем для промышленного и дорожного строительства.

Кустовый шлак используют как наполнитель бетона, искусственных заполнителей, добавки в производстве кирпича [2].

Источники шума и вибрации

Основными источниками шума на железнодорожном транспорте являются движущие поезда, путевые машины, производственное оборудование.

Интенсивное движение поездов вблизи линий жилой застройки, в черте города, посёлка заметно ухудшает акустический климат населённых пунктов и жилых помещений. Распространённым источником шума, является локомотив. Общий шум дизельного тепловоза на расстоянии 0,5 м от корпуса и аэродинамического шума выхлопа на расстоянии 1 м от выхода патрубка достигает 120 дБ.

Источниками интенсивного шума являются локомотивные, вагонные депо.

Шумы технологического оборудования можно ориентировочно разделить на три категории:

- умеренно шумное с суммарным уровнем звука не более 75 дБ;
- шумное 75–100 дБ;
- особо шумовое с уровнем более 100 дБ.

Источниками вибрации на железнодорожном транспорте являются такие технологические процессы как укладка бетонных смесей, производство крупнопанельных конструкций. А также движущиеся поезда, механические колебания, которые они возбуждают. Так при следовании поезда через мост вибрации передаются через его основание, реку и рядом находящиеся объекты [1].

Работники железнодорожного транспорта при выполнении служебных обязанностей постоянно подвергаются воздействию интенсивного шума, который помимо вредного действия маскирует информационные звуковые сигналы. Это затрудняет восприятие подаваемых подвижным составом сигналов и сообщений диспетчера и повышает опасность производственного процесса. Поэтому снижение шума является одной из задач охраны труда и окружающей среды.

Источником шума на локомотиве является система «колесо-рельс», вентиляторы, система охлаждения, компрессор. Самым эффективным средством борьбы является применение глушителей. Для этих целей используют огнестойкие и звукопоглощающие материалы. При распространении шума на территории города следует предусматривать специальные градостроительные меры: в зоне, примыкающей к железной дороге следует располагать здания, сооружения с ненормированным шумовым режимом – гаражи, автостоянки, склады, защитные полосы озеленения, далее учреждения бытового обслуживания, площадки в зоне, удаленной от железной дороги располагаются больницы, места отдыха.

Заключение

В целом, факторы воздействия объектов железнодорожного транспорта на окружающую среду можно классифицировать по следующим признакам:

- механическое воздействие (твердые отходы, воздействие дорожной техники на почву);

- физическое (тепловое излучение, электромагнитные поля, вибрация, шум, радиация);
- химическое (кислоты, щелочи, углеводороды, краски и растворители, пестициды);
- биологическое (макро и микроорганизмы, бактерии, вирусы);
- эстетическое (нарушение природных ландшафтов долговременно, сравнительно недолго, кратковременно и мгновенно) [5].

Как следствие, уровень общего воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду, включая атмосферный воздух, достаточно велик.

Значимыми источниками влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду являются объекты производственных предприятий и подвижного состава, осуществляющие выбросы и сбросы, землеотвод под размещение железнодорожных путей, а также жидкие и твердые отходы, выбрасываемые из пассажирских вагонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов О. А. Экономика и экология железнодорожного транспорта в современных реалиях. М.: УМС ЖДТ, 2006. 801 с.
2. Влияние железнодорожного транспорта на здоровье [Электронный ресурс]: <http://www.medroad.ru/zdorovie/vlianie-zhd-transporta-na-zdorovie.html> (дата обращения: 07.05.2017).
3. Воздействие железных дорог на планетарную экосистему [Электронный ресурс]: <http://uniskyway.com/2016/03/vozdjestvie-zheleznyh-dorog-na-planetarnuyu-ekosistemu.html> (дата обращения: 21.03.2017).
4. Выбросы от железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]. URL: <http://forum.integral.ru/viewtopic.php?t=2143> (дата обращения: 03.03.2016).
5. Тетиор А. Н. Экологическая инфраструктура. М.: КолосС, 2005. 272 с.

УДК 504.03:330.15+502.52

Энергетическая оценка функционирования агроэкосистем с насыщением и задачи исследования

А. В. Поздняков (synergeia.pol@gmail.com)

Т. Ш. Фузелла (fts10@yandex.ru)

К. А. Семенова (ksenia_ska@mail.ru)¹

Институт мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС) СО РАН, г. Томск

Аннотация. Представлены принципы и положения методологии самоорганизации геосистем, предложен энергетический анализ геосистем, приведены результаты энергетической оценки агроэкосистем, функционирующих в разных климатических условиях, позволяющие оценивать и сопоставлять энергетическую эффективность природно-климатических и экономических ресурсов. Так, при научно обоснованном и рациональном управлении агрофирма в Томской области способна к самообеспечению энергетическими ресурсами на 36 % от суммарных затрат за счет внедрения безотходных биогазовых технологий. Для степной зоны Казахстана определена естественная экономия энергии, создаваемая за счет выпадения атмосферных осадков, что составляет $16,4 \cdot 10^9$ Дж/га. Приводится алгоритм исследования геосистем, функционирующих с насыщением, определены задачи для дальнейших исследований.

Ключевые слова: агроэкосистема, энергетическая оценка, системный подход, самоорганизация геосистем, обратные связи, функционирование геосистемы с насыщением.

Введение

Современная методология экономики природопользования практически не учитывает вклад природы в производство материальных ценностей. Их стоимость, в лучшем случае, увязывается с трудом, затрачиваемым на изъятие природного ресурса, и спросом на рынке. Между тем все практические результаты человеческой деятельности одновременно являются и результатами деятельности природы. Более того, доля вкладываемой Человеком собственной энергии в производство того или иного продукта несравнимо меньше доли энергетиче-

ских затрат экосистем. Весь опыт развития цивилизации подтверждает ставший очевидной истиной факт – ВВП государств возрастает пропорционально затрачиваемой на свое развитие энергии. В промышленно развитых странах расходы энергии на одного человека в сутки достигают $1,5 \cdot 10^9$ Дж. А суммарные затраты энергии на поддержание достигнутого в настоящее время состояния неравновесности колоссальны – суммарное потребление энергии человечеством, по разным источникам, оценивается величиной от 2,7 до $3,3 \cdot 10^{20}$ Джоулей в год и продолжает возрастать.

Есть только одна универсальная научно обоснованная мера затрат труда, в том числе и «труда природы» в различных формах его проявления, – это энергетическая мера (энергия), жизненная значимость которой является неизменной и не зависящей ни от конъюнктуры рынка, ни от политических пристрастий. Энергетическая мера является единственной из всех известных, которая объективно отображает вклады в производство продукции человеческого труда, применяемой им техники и вклад природы. Она позволяет оценить реальную стоимость природных ресурсов, например, почвы и растительности, дождя и пр., и только с помощью энергетической меры можно сравнить эффективность функционирования разнородных систем – и природных, и промышленных, и сельскохозяйственных.

Энергетический анализ обеспечивает возможность не только сравнивать вклады природы с вкладами человека в производство материальных ценностей, но и определять энергетические потоки в различных системах, сопоставлять их по эффективности использования ресурсов, оценивать устойчивость функционирования любых систем (биологических, экономических, социальных и пр.). Энергетическая оценка позволяет также сверять экологическую емкость экосистем, функционирующих в разных природно-климатических условиях, проследить их пространственную изменчивость, а также количественно определять вносимую в производство конечной продукции долю антропогенной и природной энергии. В зависимости от изменения климатических условий, вклад антропогенной и природной энергии варьирует, и эти значения особенно важны для анализа потоков внутри экосистемы. Сравнение выходного и входного энергетических потоков позволяет выявить потери в процессе природопользования, установить действительные показатели расхода энергоресурсов.

Базисные положения методологии энергетического анализа самоорганизации геосистем

Основоположником энергетического подхода к анализу динамики геосистем, включая и хозяйственную социально-экономическую деятельность, является выдающийся американский ученый-эколог Говард Одум, изложивший методологию этого подхода в фундаментальных трудах «Энергетический базис человека и природы» [6] и «Бухгалтерия окружающей среды» [18]. Методологические подходы Г. Одума основаны на оценке всех энергетических потоков в системе. Определенный независимый вклад в развитие этой методологии внесен российскими учеными, прежде всего В. Г. Горшковым [3], О. В. Фельдман, Д. О. Логофет, Е. А. Денисенко [14], А. С. Миндриным [4; 5], Г. А. Булаткиным [1] и др. Делаются попытки применения данной методологии и для оценки эффективности функционирования разного рода социально-экономических систем.

Первые результаты энергетического анализа агроэкосистем (АГЭС)

В основе методологии лежит анализ потоков природной и антропогенно преобразованной энергии с целью составления энергетического бюджета геосистемы. Потоки природной энергии подразделяются на постоянно действующие (солнечная энергия, тепловая энергия Земли, энергия приливов и отливов), возобновляемые (энергия атмосферных осадков, энергия текучих вод, кинетическая энергия ветрового потока, энергия биомассы, энергия почвенного плодородия), невозобновляемые (энергия углеводородного и ядерного сырья) и пр. В отдельную группу выделены альтернативные источники энергии (преимущественно отходы производства и растительность), использование которых увеличивает общий энергетический потенциал геосистемы.

Каждый выделенный вид потока энергии геосистемы (например, биомасса, горючие ископаемые, почвенное плодородие, водная и ветровая энергия и др.) количественно и каче-

ственно анализируются, приводятся к единой энергетической единице измерения, и на этой основе составляются карты пространственного изменения плотности энергии [2; 11; 13]. Такие карты являются основой для количественного районирования территории по пространственному изменению плотности природной энергии, что позволяет регламентировать природопользование по ее энергетической емкости [12].

Наиболее существенный задел в теоретическом и прикладном аспектах в исследовании проблемы функционирования агроэкосистем (АГЭС) на основе энергетической оценки, внесен Т. Ш. Фузелла [15; 16] и К. А. Шуркиной (Семеновой) [8–10] под руководством профессора А. В. Позднякова [8; 10; 19].

В частности, на примере анализа энергетической эффективности функционирования агрофирмы Томской области была построена потоковая модель агроэкосистемы как операционально замкнутой структуры [15]. В основу модели положена система объектов с определенными свойствами и функциям, а также концептуальное положение о том, что блоки АГЭС (растениеводство, животноводство и др.) связаны между собой, а также с внешней средой потоками энергии, вещества и информации. Особенности модели заключаются в том, что изменение параметров любой части модели влечет за собой изменение параметров, связанных с ней элементов, и энергии на выходе; другой особенностью является введение элемента переработки побочных продуктов и получения дополнительного количества энергии внутри системы.

Для основных отраслей исследуемого хозяйства были посчитаны суммарные энергетические затраты, а также эффект использования в этих отраслях побочного продукта и более оптимального распределения посевных площадей. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что хозяйство в большинстве случаев способно к самообеспечению энергетическими ресурсами на 36 % от суммарных энергетических затрат.

Автором [16] также проведено исследование энергопотенциала почвенного покрова и показано, что в серых лесных и подзолистых почвах таежной зоны (Томская область) накапливается от 1,2 до 10,5 ТДж/га солнечной энергии.

Интересные научно-теоретические и практические результаты получены в другом исследовании, проведенном К. А. Семеновой [9] (на примере анализа энергетической эффективности функционирования агроэкосистемы степной зоны Казахстана). Установлено, что применение энергетической оценки в сочетании с экономической объективно отображает суть происходящих социально-экономических процессов и раскрывает истинные затраты труда на производство продукции, по существу являющиеся неразделимым результатом деятельности Человека и Природы. Помимо теоретических результатов, проведенная энергетическая оценка позволила решить и практические задачи. В частности, был проведен энергетический анализ функционирования агроэкосистемы, занимающей площадь 2000 Га, получающей солнечную энергию в количестве $5,2 \cdot 10^{13}$ Дж/га/год или 12500 тонн в нефтяном эквиваленте. Таким образом, экономия энергии, создаваемая за счет выпадения атмосферных осадков, составляет $16,4 \cdot 10^9$ Дж/га;

Проведенный анализ позволил определить оптимальную величину внесения органических удобрений для поддержания плодородия темно-каштановых почв, в энергетическом измерении составляющую $3,7 \cdot 10^9$ Дж/га. В исследовании была обоснована энергетическая и экономическая эффективность внедрения биогазовых технологий в функционирование хозяйства на основе использования органических отходов хозяйства с одновременным производством органо-минеральных удобрений.

Постановка задач дальнейших исследований

Различные типы геосистем необходимо рассматривать как самоорганизующиеся операционально-замкнутые структуры, развивающиеся с насыщением [19], в которых сравниваются основные техногенные и природные затраты энергии с получаемыми ими на выходе. В базис задачи ставится сравнительный анализ функционирования и динамики геосистем в двух вариантах:

1) функционирование на основе существующих экономических принципов структурной организации (и самоорганизации) с позиций энергетической их эффективности, с преобладающим действием рекурсивных положительных связей, объективно предполагающих несдерживаемый рост экономики;

2) функционирование на основе операциональной замкнутости с переменным действием отрицательных и положительных обратных связей, предполагающими достижение оптимального уровня затрат при производстве продукции, а также оптимальных затрат на возобновление и восстановление природной среды.

Предварительные результаты сравнительного анализа дают основание утверждать преимущества второго варианта экономического развития, к которому современное мировое общество не готово.

Алгоритм проведения исследований в кратком изложении предполагает выполнение нескольких обязательных операций.

Определение инварианта структуры функциональных отношений (ИСФО)

Инвариант представляет собой минимально необходимую совокупность элементов, необходимую для формирования и развития структуры геосистем, в данном случае АГЭС, необходимой и достаточной для приобретения ею свойств эмерджентности развития в автоматическом режиме. Составными частями ее являются элементы экосистемы, характеризующейся экологической емкостью и площадью. Самоорганизующиеся системы в условиях невозможности формирования такой структуры формироваться не могут. При отсутствии хотя бы одного из составляющих ИСФО элементов, система теряет устойчивость, способность к самовосстановлению, самовоспроизведению и разрушается. Применительно к агроэкосистемам ИСФО представляет собой неаддитивное (эмерджентное) объединение в целостность элементов экосистемы, социально-экономической системы с ее инфраструктурой. В таком случае система не может устойчиво функционировать без действия рекурсивных связей, состоящих из обратных потоков энергии, вещества и информации (МЭИ), благодаря чему она приобретает качества самоорганизующейся операционально-замкнутой системы.

Сателлиты ИСФО

Согласно нашим данным [8,10] в структурах всех без исключения ГС в функциональных взаимодействиях находятся три типа подсистем: геосистема-донор, подсистема сателлит-партнер и подсистема сателлит-паразит, во всех случаях образующие бинарную структуру ГС [19].

ГС-донор является основным поставщиком МЭИ для обоих типов сателлитов. Однако, если для первого типа отношений, ГС донор и ее сателлит-партнер обмениваются МЭИ на взаимовыгодных условиях, то сателлит-паразит использует МЭИ безвозвратно, нанося вред всей геосистеме. Таким образом, АГЭС по отношению к экосистемам, в одних случаях выполняют функции сателлита-партнера (второй вариант динамики, см. выше) и тогда наблюдается их прогрессивный коэволюционный процесс; а в других – сателлита-паразита, принцип отношения с которым во всех случаях ведет к деградации конгломерата геосистем (первый вариант динамики).

Принципы самоорганизации агроэкосистем

Согласно предложенной нами классификации [10], агроэкосистемы относятся к самоорганизующимся структурам типа «человек-машина». Как любое созданное человеком автоматическое устройство, они организуются человеком и могут устойчиво функционировать только при его непосредственном участии в обмене веществом и энергией, в определении набора животных и растительных видов. Без участия человека самоорганизация и саморегулирование агроэкосистемы невозможны. Но вместе с тем, в отличие от искусственных экосистем (фитокамер, теплиц, оранжерей), они не могут функционировать и без участия Природы. Прямые и косвенные затраты, в том числе и труд человека, выступают в роли своего рода катализатора, повышающего естественный коэффициент полезного действия фотосинтеза и продуктивности животных и микроорганизмов. Таким образом, АГЭС по существу являются социальными эколого-экономическими системами, на примере организации и

функционирования которых разрабатывается методология оптимального будущего развития всего общества.

Отличительной особенностью АГЭС, как и других типов социально-экономических систем, в силу исторически сложившегося мировоззрения, является отсутствие у них управляющих процессов, ограничивающих рост продуктивности. Входные управляющие параметры в абсолютном большинстве организуемых человеком систем, включая АГЭС, направлены на увеличение выходных параметров, осуществляющихся на основе действия обратных положительных связей. Если этого не происходит, то считается, что предприятие работает неудовлетворительно (первый вариант). В изложенной постановке исследования проблемы, ее конкретные задачи сводятся к следующим:

1) количественная оценка основных потоков энергии, создаваемых природными процессами, и потоков энергии, создаваемых человеком с использованием техногенных процессов (в т. у. т. /год и Дж/год);

2) аналитическая обработка статистического материала по производству и использованию энергии в генетически разнородных источниках и накопителях энергии, определение эффективности ее использования в территориально-производственных комплексах, в том числе в агроэкосистемах;

3) характеристика энергетического бюджета экосистем по основным природным компонентам для количественной оценки экологической емкости территории (по количеству населения, животных, запасам энергии в Дж/год);

4) картографическое отображение плотности пространственного распределения потенциальной энергии (аккумулируемой экосистемами), Дж/год/м²;

5) карты плотности используемой энергии Дж/год/м² социально-экономической системой в результате совокупной производственной деятельности.

Первая и последние две из поставленных задач относятся к числу наиважнейших и трудоемких фундаментальных научных исследований. Важность ее решения состоит в том, что не имея данных о скорости аккумуляции и расходов энергии, невозможна сравнительная характеристика эффективности ее использования в процессах создания материальных ценностей (например, по абсолютной величине накопленной энергии в Дж/м² лесная экосистема превосходит степную или любую луговую). Тогда как в сравнении их по относительным величинам, в Дж/год·м², луговая экосистема по своей энергетической производительности превышает лесную. Самым главным выводом из данных положений следует, что человек в своей деятельности, увы, не накапливает энергию, как это полагается [7; 17]. Предлагаемый план исследований по сложности и трудоемкости, объему анализируемого фактического материала, теоретическому обобщению, наконец, по научно-теоретической и практической значимости, требует значительных затрат времени, финансовых и материальных средств. Тем не менее он того стоит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булаткин Г. А. Эколого-энергетические основы воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроэкосистем : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2007. 45 с.
2. Волкова Е. С., Мельник М. А. Энергетическая характеристика возобновляемых природных ресурсов региона средствами ГИС (на примере Томской области) // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 148–153.
3. Горшков В. Г. Физические и биологические основы жизни. М. : ВИНТИ, 1995. 470 с.
4. Миндрин А. С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. М. : ЦНИИМ, 1997. 294 с.
5. Миндрин А. С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции : дис. ... д-ра экон. наук. М., 2003. 294 с.
6. Одум Г., Одум Э. Энергетический базис человека и природы : пер. с англ. М. : Прогресс, 1978. 380 с.
7. Подолинский С. А. Труд человека и его отношение к распределению энергии. М. : Ноосфера, 1991. 89 с.
8. Поздняков А. В., Шуркина К. А. Новый методологический подход к анализу функционирования агроэкосистем // Вестн. Том. гос. ун-та. 2008. № 316. С. 206–212.
9. Семенова К. А. (Шуркина К. А.) Анализ функционирования агроэкосистем с позиции энергетического подхода: на примере крестьянского хозяйства «СО Мер-2» : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2009. 150 с.

10. Семенова К. А., Поздняков А. В. Энергетический анализ эффективности функционирования агроэкосистем на примере крестьянского хозяйства «СоМер-2». Саарбрюккен : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010. 132 с.
11. Семенова К. А. Особенности построения карты пространственного изменения плотности природной энергии // Проблемы геологии и освоения недр : тр. XVI Междунар. симпо. имени акад. М. А. Усова студентов и мол. ученых, посвящ. 110-летию со дня основания горно-геол. образования в Сибири. Т. 1. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2012. С. 633–634.
12. Семенова К. А. Количественная оценка биоэнергетического потенциала Томской области // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2013. Т. 323, № 4. С. 179–185.
13. Семенова К. А. Количественная оценка и пространственный анализ биоэнергетического потенциала Томской области // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 4, № 2. С. 48–53.
14. Фельдман О. В., Денисенко Е. А., Логофет Д. О. Энергетический подход при оценке эффективности использования ресурсов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. М. : ВИНТИ, 1998. С. 66–81.
15. Фузелла Т. Ш. Энергетическая оценка функционирования агроэкосистемы (на примере СПК «Нелюбино») // Вестн. ТГУ. 2009. № 326. С. 203–207.
16. Фузелла Т. Ш. Пространственная дифференциация энергетического потенциала почвенного покрова Томской области // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015 : материалы XI междунар. науч. конф. 2015. Т. 2. С. 246–249.
17. Чесноков В. С. С. А. Подолинский: концепция социальной энергетики // Век глобализации. 2010. № 2. С. 181–187.
18. Odum Howard T. Environmental accounting: EMERGY and environmental decision-making. N. Y., 1996. 370 p.
19. Pozdnyakov A. V. Self-regulation of the floodplain geosystem – dynamics with saturation // Journal of Wetlands Biodiversity / Museum of Braila Department of Natural Sciences – Istros Publishing House of the Museum of Braila. 2013. Vol. 3. P. 77–89.

УДК 502.057:502.53-504

Состояние водоохранных зон рек

М. Е. Пшеничникова¹

Е. В. Потапова (e.v.potapova.isu@mail.ru)²

¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

² Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Статья посвящена исследованию структуры и состояния прибрежных защитных полос рек в границах городов, выявлению основных нарушений положений Водного кодекса РФ. Представлена информация о структуре защитных прибрежных полос водоохранных зон рек – Обь (Новосибирск), Волга (Нижний Новгород), Нева (Санкт-Петербург), Москва (Москва), Клязьма и Рпень (Владимир) в пределах городских территорий. Для трех из шести рек (Волга, Нева и Москва) основным компонентом организации прибрежной территории являются участки с искусственным покрытием. К основным зафиксированным нарушениям регламента водоохранных зон относятся: возведение ограждений на примыкающих к водным объектам территориях; размещение промышленных предприятий; размещение автомобильных стоянок, в том числе не имеющих твердого покрытия; размещение автозаправочных станций.

Ключевые слова: водный кодекс, реки, прибрежная защитная полоса, нарушения, режим содержания; категория участка.

Введение

Водоохранная зона рек относится к озеленённым территориям специального назначения. Её основная экологическая роль – регулирование поверхностного стока с окружающей территории. Выполнение этой задачи возможно лишь при сохранении определённой, частично регламентируемой структуры. Согласно Водному кодексу РФ, водоохранная зона – это территория, которая примыкает к береговой линии (границе) водного объекта и на которой устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения и истощения вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. В гра-

ницах водоохранной зоны устанавливается защитная прибрежная полоса с ещё более строгим регламентом хозяйствования. Преимущественно, водоохранная зона и особенно защитная прибрежная полоса должны быть озеленены.

В крупных развивающихся городах изменения происходят очень быстро: ведется интенсивное строительство, как жилых комплексов и автомагистралей, так и крупных промышленных и торговых зон, в связи с чем, под эксплуатацию вводится все большее число территорий, в том числе и законодательно запрещённых к застройке, например, санитарно-защитных и водоохранных зон. Актуальность данной работы определяется необходимостью своевременного сбора материалов о состоянии прибрежных территорий для выявления и ликвидации нарушений.

Методы и материалы

Для исследования современного состояния прибрежных защитных полос водоохранных зон были выбраны случайным образом 6 рек в пяти городах Российской Федерации. Материалы получены в ходе полевых работ лета 2015 г. и данным дистанционного зондирования территорий указанных объектов программы Google Earth. Для выполнения исследования объектами были выбраны участки водоохранных зон рек шириной 20 м от уреза водотоков. Для определения компонентно-организационной структуры использовалась авторская методика [3] с выделением следующих категорий участков непосредственно на месте и по спутниковому снимку: с искусственным покрытием (более 70 %) – участки заасфальтированные, забетонированные, оформленные камнем, засыпанные обломочным, строительным материалом и т. д.; заболоченный – различной степени заболоченности участки, со специфичной растительностью, прохождение по которым из-за переувлажнения затруднено; недоступный – находящиеся за ограждением, таких участков согласно законодательству РФ на водных объектах быть не должно; оголённый – участки, на которых древесно-кустарниковая растительность отсутствует, а травянистая составляет менее 10 %; растительная группировка.

В ходе полевых работ был составлен эколого-морфометрический ценоспектр для каждого берега реки, в который были включены данные по структуре изученных территорий (длина и категория каждого отдельного участка), нарушениям, а также некоторым другим характеристикам.

Результаты

Водоохранная зона – это один из видов экологических зон, создаваемых для предупреждения вредного воздействия хозяйственной деятельности на водные объекты [1; 2]. Федеральные нормативные и правовые документы, регламентирующие правовой режим анализируемых участков, указывают, что с 1 января 2007 г. на всей территории РФ, водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы должны устанавливаться органами государственной власти субъектов РФ в соответствии со ст. 65 Водного кодекса РФ. При этом не учитываются региональные особенности водных объектов, такие как гидрологический режим, рельеф, ландшафтная структура и хозяйственное использование прибрежных территорий.

Река Обь является главным водным объектом на территории г. Новосибирска, в пределах городской территории имеет протяженность 39 км. Общая длина водотока составляет 3650 км [2]. Нормативная ширина водоохранной зоны реки – 200 м. Суммарная длина участков каждой из выделенных категорий представлена в табл. 1.

Таблица 1

Итоговая матрица структуры водоохранной зоны р. Оби

Объект	Длина обследованной территории, м	Количественные показатели участков по категориям				
		С искусственным покрытием шт./м	Заболоченный шт./м	Недоступный шт./м	Оголенный шт./м	Растительная группировка шт./м
Правый берег	32221	7/4086	9/2627	15/6841	18/3245	33/15422
Левый берег	30314	3/158	3/1012	19/8690	17/2998	84/17456
Итого	62535	10/4244	12/3639	34/15531	35/6243	117/32878

Участки с искусственным покрытием составляют 7 %, из них 6 % – это оформленные набережные, а 1 % занимают заасфальтированные автомобильные дороги и автостоянки. Заболоченные участки составляют 6 % от общей протяженности исследованной территории. Среди недоступных участков, составляющих 25 %, основная часть приходится на частный сектор застройки (9 %) и промышленные зоны (8 %). Оставшиеся 8 % приходятся на участки, где ведутся строительные работы, лодочные гаражи, зоны отдыха и отдельные постройки. Оголенные участки составляют 10 %, из которых только 1 % приходится на естественные каменистые пляжи, а остальная часть на территории, образовавшиеся в результате изреживания и вытаптывания растительности, наездов автомобилей и строительных работ.

Исследование структуры и состояния водоохранной зоны р. Волги проводилось в границах г. Н. Новгорода. Общая длина Волги равна 3531 км [2], а в пределах города она имеет протяженность около 30 км. Нормативная ширина водоохранной зоны реки составляет 200 м. Была обследована территория прибрежной защитной полосы реки протяженностью 18,3 км вдоль правого берега реки, так как именно здесь расположен г. Н. Новгород. Всего было выделено 74 участка различных категорий (таблица 2).

Таблица 2

Итоговая матрица структуры водоохранной зоны р. Волги

	Длина обследованной территории, м	Количественные показатели участков по категориям				
		С искусственным покрытием шт. /м	Заболоченный шт. /м	Недоступный шт. /м	Оголенный шт. /м	Растительная группировка шт. /м
Всего	18341	9/6031	0/0	7/4722	26/3750	32/3838

Основная часть территории приходится на участки с искусственным покрытием, которые занимают 33 %, и недоступные (26 %). Первые включают в себя оформленные набережные (14 %), заасфальтированные автомобильные дороги и автостоянки (16 %) и 3 % приходится на застройку. Среди недоступных участков промышленные зоны составляют 23 %, и еще 3 % – это лодочные гаражи и частные постройки. Доля оголенных участков равна 20 %, из них 13 % – это естественные песчаные пляжи, а 7 % – участки, лишенные растительности в результате береговых строительных работ, частых наездов автомобилей с формированием грунтовых дорог и вытаптывания, вследствие рекреации.

Клязьма – главный водный объект г. Владимира. Город преимущественно расположен на левом берегу реки, поэтому для обследования была выбрана именно эта территория. Общая длина водотока, согласно Государственному водному реестру, составляет 686 км [2]. Нормативная ширина водоохранной зоны реки равна 200 м. В пределах г. Владимира была исследована территория протяженностью 8,9 км. Всего при изучении структуры объекта выделено 40 участков различных категорий (табл. 3).

Таблица 3

Итоговая матрица структуры водоохранной зоны р. Клязьмы

	Длина обследованной территории, м	Количественные показатели участков по категориям				
		С искусственным покрытием шт. /м	Заболоченный шт. /м	Недоступный шт. /м	Оголенный шт. /м	Растительная группировка шт. /м
Всего	8886	0/0	4/1088	1/29	8/333	27/7436

От общей протяженности исследованной территории 84 % составляют растительные группировки. Доля заболоченных участков равна 12 %. Оголенные участки занимают 4 % и представляют собой естественные пляжи. Недоступный участок, на который приходится менее 1 %, занят постройкой в районе железной дороги. Участки с искусственным покрытием отсутствуют.

Река Рпень – это левый приток р. Клязьмы, длиной 44 км [2]. Нормативная ширина водоохранной зоны реки равна 100 м. Длина исследованной территории в границах г. Владимира составляет 7,6 км вдоль правого и 7,4 км вдоль левого берега. При определении

структуры было выделено 83 участка, из них 39 на правом и 44 на левом берегу реки. Количество участков, их суммарная протяженность и соотношение по категориям для данной территории представлены в табл. 5.

Таблица 4

Итоговая матрица структуры водоохранной зоны р. Рпени

Объект	Длина обследованной территории, м	Количественные показатели участков по категориям				
		С искусственным покрытием шт./м	Заболоченный шт./м	Недоступный шт./м	Оголенный шт./м	Растительная группировка шт./м
Правый берег	7568	8/186	1/162	1/253	2/201	27/6766
Левый берег	7425	6/228	4/782	2/921	5/140	27/5354
Итого	14993	14/414	5/944	3/1174	7/341	54/12120

Основная часть исследованной территории (81 %) приходится на растительные группировки. Участки с искусственным покрытием составляют 3 % и представлены заасфальтированными автомобильными дорогами и автостоянками. Доля недоступных участков составляет 8 %, к ним относятся промышленные зоны предприятий. Оголенные участки, на долю которых приходится 4 %, заняты территориями, образовавшимися в результате изреживания и вытаптывания растительности.

Река Нева является главной водной артерией г. Санкт-Петербурга. В границах города она имеет протяженность 32 км, а её общая длина составляет 74 км [2]. Нормативная ширина водоохранной зоны реки равна 200 м. В пределах г. Санкт-Петербурга исследована территория водоохранной зоны реки протяженностью 18 км вдоль правого берега и 16,4 км вдоль левого берега. Всего при изучении структуры территории выделено 45 участков различных категорий: 19 на правом и 26 на левом берегу реки. Обобщенные данные о компонентно-организационной структуре исследованной территории по всем категориям участков приведены в табл. 5.

Таблица 5

Итоговая матрица структуры водоохранной зоны р. Невы

Объект	Длина обследованной территории, м	Количественные показатели участков по категориям				
		С искусственным покрытием шт./м	Заболоченный шт./м	Недоступный шт./м	Оголенный шт./м	Растительная группировка шт./м
Правый берег	18013	9/14578	0/0	7/2620	0/0	3/815
Левый берег	16435	3/7833	0/0	7/3573	1/1147	15/3882
Итого	34448	12/22411	0/0	14/6193	1/1147	18/4697

Структура береговой полосы реки имеет свою специфику. Так, большую часть составляют участки с искусственным покрытием – 65 %, это оформленные набережные и заасфальтированные автомобильные дороги. На долю недоступных участков приходится 18 %, к ним относятся исключительно промышленные зоны и речные порты. Оголенный участок, который составляет 3 %, представлен территорией, образовавшейся в результате проведения строительных работ.

Исследованная часть прибрежной защитной полосы реки Москвы в границах г. Москвы, составляет 65,1 км. Общая длина водотока равна 473 км [2]. Нормативная ширина водоохранной зоны – 200 м. Всего при изучении структуры объекта было выделено 93 участков различных категорий (табл. 6).

Таблица 6

Итоговая матрица структуры водоохранной зоны р. Москвы

	Длина обследованной территории, м	Количественные показатели участков по категориям				
		С искусственным покрытием шт./м	Заболоченный шт./м	Недоступный шт./м	Оголенный шт./м	Растительная группировка шт./м
Всего	64 753	13/26660	0/0	19/15392	2/358	59/22343

Значительную часть территории занимают участки с искусственным покрытием (41 %), из них 30 % – это оформленные набережные, а остальные 11 % – заасфальтированные автомобильные дороги и автостоянки. Недоступные участки составляют 24 %. Они включают в себя промышленные зоны (17 %), а также автостоянки, лодочные гаражи и частные постройки (7 %). На долю оголенных участков приходится 1 %, представленный естественным пляжем. Растительные группировки составляют 34 %.

Непосредственная структура водоохранных зон в границах населённых пунктов преимущественно занята застройкой (более 80 % анализируемых территорий). Из них, на жилую приходится около 55 %. Несмотря на то что Водным кодексом предусмотрено уменьшение размеров водоохранных зон в поселениях, совмещение с парапетом набережных при наличии ливневых канализаций, отведённых в систему городской канализации, именно отведение ливнёвок на большей части исследованных участков и отсутствует. Необходимое, рекомендуемое озеленение древесно-кустарниковыми насаждениями немногочисленно, даже на участках условно озеленённых. В связи с чем, насаждения не в состоянии выполнять функцию регулирования поверхностного стока, смыва с территории населённого пункта.

Заключение

В качестве одного из основных механизмов улучшения экологической обстановки, гидрологического режима и санитарно-гигиенического состояния водных объектов, рассматривается выделение водоохранных зон и прибрежных защитных полос, с установлением в их границах специального режима хозяйствования.

В ходе работы, по данным полевых работ и дистанционного зондирования Земли были исследованы на предмет структуры и состояния прибрежные защитные полосы водоохранных зон шести рек в границах пяти городов Российской Федерации. Общая протяженность изученной территории объектов составляет 204 км. Площадь – 39 км².

Для трех из шести рек (Волга, Нева и Москва) основным компонентом организации прибрежной территории являются участки с искусственным покрытием. Растительные группировки преобладают в структуре водоохранных зон рек Обь, Клязьма и Рпень. Недоступные и оголенные участки присутствуют в различной степени на всех объектах.

В результате анализа собранных материалов, были выявлены и подтверждены нарушения режима водоохранных зон рек согласно Водному кодексу РФ. К основным нарушениям, характерным для каждой из рек, относятся:

- 1) возведение ограждений на примыкающих к водным объектам территориях;
- 2) размещение промышленных предприятий;
- 3) размещение автомобильных стоянок, в том числе не имеющих твердое покрытие;
- 4) размещение автозаправочных станций;
- 5) замусоривание территорий, в том числе строительными материалами;
- 6) отсутствие крупномерных насаждений на значительных площадях и изреживание травянистой растительности.

Отмечены некоторые единичные нарушения режима водоохранных зон и прибрежных защитных полос, в виде мойки автотранспортных средств, стирки, обычно ковровых покрытий, распашки земель и выпаса сельскохозяйственных животных и др.

Большая часть представленных структурных особенностей и нарушений отмечена на многих других водных объектах нашей страны, в более чем сотне городов и населённых пунктов других категорий. Были обследованы со схожими итоговыми показателями и несколько рек в странах Европы и Азии. В результате таких условий содержания водоохранных зон и прибрежных защитных полос во всём мире отмечается серьёзная деградация водных ресурсов, повсеместное ухудшение качества вод. И лишь в последние годы началось движение во многих странах, в том числе под эгидой ООН, по ревитализации прилегающих к водным объектам территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков А.Г. Принципы организации прибрежных территорий как экологического каркаса города // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2011. Т. 4. С. 3–11.

2. Государственный водный реестр [Электронный ресурс]. URL: www.sur-base.ru.

3. Потапова Е. В. Общая экология. В 3 ч. Ч. 2. Методы полевых исследований : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. 155 с.

УДК 551.510.42(571.53)

Оценка выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от автотранспорта, на участке дороги и регулируемом перекрестке г. Иркутска

А. В. Русин (rusin_andrei@mail.ru)

С. Ж. Вологжина (svologzhina@gmail.com)

Иркутский государственный университет»

Аннотация. Статья посвящена влиянию автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха г. Иркутска. Рассчитываются выбросы загрязняющих веществ, поступающих от различных категорий автотранспорта.

Ключевые слова: выхлопные газы, автотранспорт, Иркутск

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является одной из острых экологических проблем современности. В больших городах основным источником загрязнения наряду с промышленными предприятиями является автотранспорт.

Согласно данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», на середину 2014 г. в России насчитывалось более 48 млн транспортных средств, из которых 40,2 млн составляли легковые автомобили, 3,87 млн легкие коммерческие, 3,75 млн грузовые и 393 тыс. автобусы. Таким образом, на 1000 россиян в среднем приходится около 340 автомобилей [1].

Несмотря на свои преимущества, автотранспорт негативно влияет на окружающую среду и на человека. Наибольший вред получает атмосферный воздух, в который выбрасывается большое количество токсичных веществ, таких как оксиды азота, оксид углерода, бенз(а)пирен, сажа и др.

Многие годы главной экологической проблемой г. Иркутск является загрязнение окружающей среды выбросами и сбросами стационарных источников предприятий. Однако в настоящее время все большую актуальность приобретают проблемы воздействия выбросов автомобильного транспорта на качество атмосферного воздуха. Несоответствие автотранспорта экологическим требованиям, продолжающееся увеличение автотранспортных потоков, создающих автомобильные заторы на дорогах, неудовлетворительное качество автомобильных дорог приводит к постоянному ухудшению экологической обстановки в городе. Таким образом, проблема автомобильного транспорта в г. Иркутске стоит довольно остро и нуждается в подробном изучении.

Методы исследования и результаты

Для определения выбросов загрязняющих веществ движущимся автотранспортом использовалась «Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчётов загрязнения атмосферы городов» ОАО «НИИ Атмосфера» и фирмы «Интеграл». Выбранная методика соответствует стандарту ГОСТ Р 56162–2014 [2].

При расчете вычисляются выбросы таких загрязняющих веществ, как оксид углерода, диоксид азота, углеводороды, сажа, диоксид серы, формальдегид и бенз(а)пирен.

Расчёт выбросов на участке автодороги с фиксированной протяженностью определяется по формуле:

$$M_{L_i} = \frac{L}{1200} M_L \cdot G_k \cdot r_v, \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Суммарный разовый выброс загрязняющего вещества i автотранспортным потоком в одном направлении движения за 20-минутный период в районе перекрестка определяется по формуле:

$$M_c = \frac{1}{1200} (M_z + M_p), \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Для расчета M_z используется следующая формула:

$$M_z = \frac{P_{\text{ц}}}{60} \cdot \sum_1^{N_z} (M_{\text{п}} \cdot G_{k_z}), \text{г}$$

Для расчета M_p используется следующая формула:

$$M_p = L_{\text{п}} \cdot \sum_1^{N_p} (M_L \cdot G_{k_p}), \text{г}$$

Для исследования был выбран участок дороги вдоль улицы Лермонтова от остановки «Технический университет» до остановки «Институт МВД». Длина данного участка 530 метров (рис. 1) и перекресток улицы Лермонтова с улицей Улан-Баторская (рис. 3).

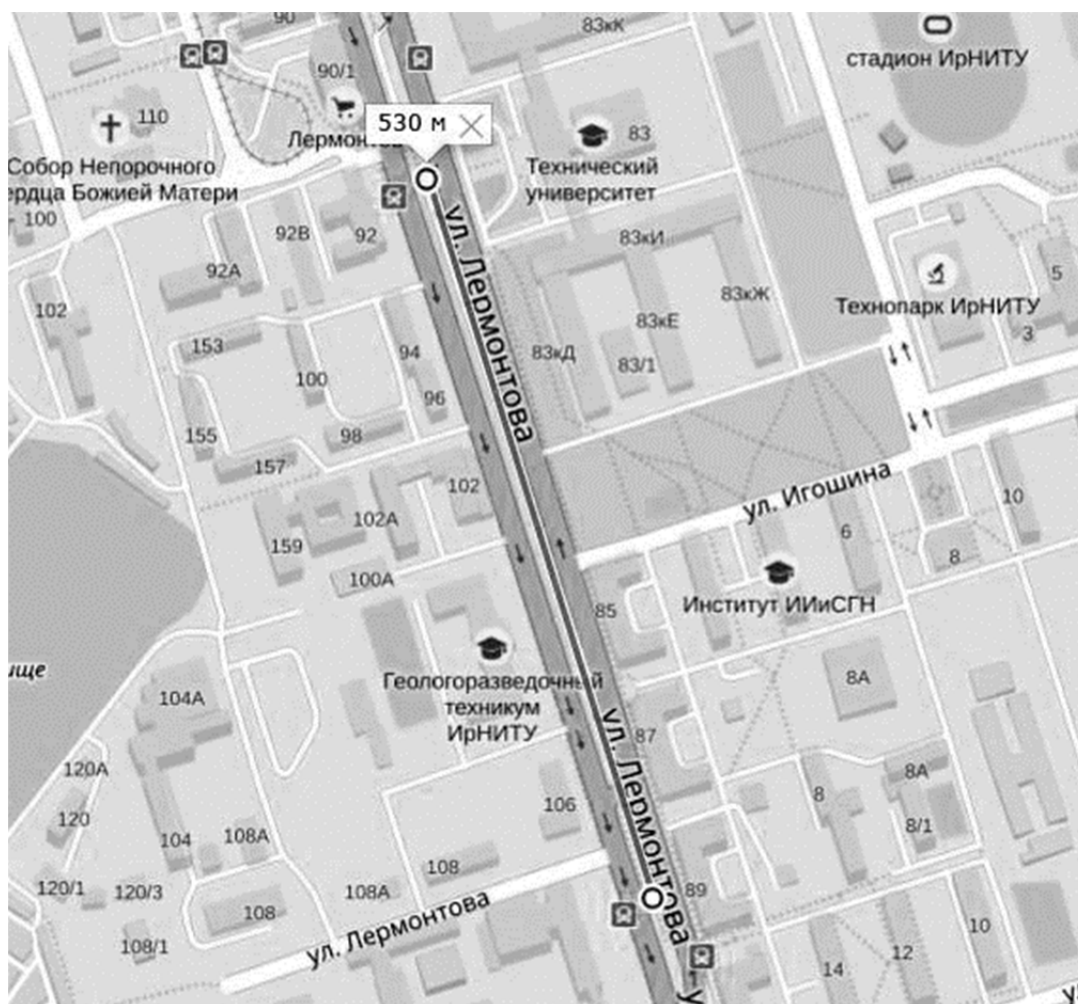


Рис. 1. Карта участка исследования №1

Натурные наблюдения на участке исследования №1 проводились с 25 февраля по 10 марта 2017 года в 8:00 и 17:00 в будние дни и в 10:00 и в 17:00 в выходные дни.

Наибольшее количество транспортных средств за наблюдаемый период зафиксировано 10 марта в 17:00 – 1061 автомобиль, а наименьшее – 1 марта в 8:00 – 897 автомобилей (рисунок 2).

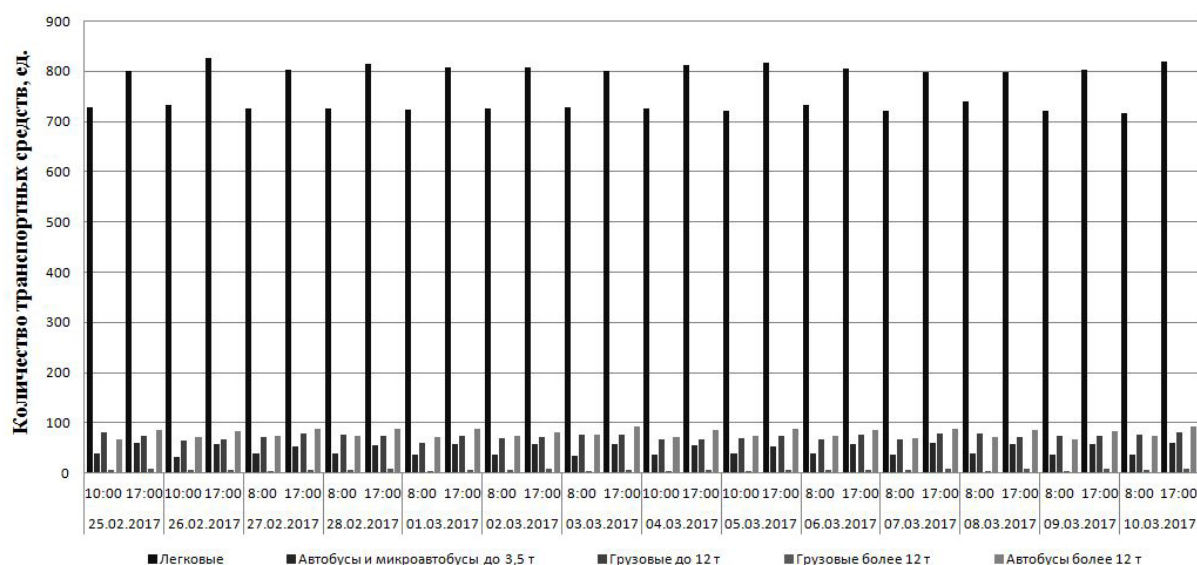


Рис. 2. Общее количество автотранспортных средств, прошедших через исследуемый участок

По данным проведенных расчётов, наибольший выброс оксида углерода зафиксирован вечером 10 марта и составил 0,798 г/с; для легковых автомобилей на вечер 26 февраля – 0,383 г/с; для микроавтобусов на вечер 10 марта – 0,147 г/с; для грузовиков до 12 т на утро 25 февраля и на вечер 10 марта – 0,122 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 7 и 9 марта – 0,015 г/с; для автобусов на вечер 3 марта – 0,137 г/с.

Наибольший выброс диоксида азота пришелся на вечер 10 марта и составил 0,0174 г/с; для легковых автомобилей на вечер 26 февраля – 0,328 г/с; для микроавтобусов на вечер 10 марта – 0,057 г/с; для грузовиков до 12 т на утро 25 февраля и вечер 10 марта – 0,247 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 7 и 9 марта – 0,034 г/с; для автобусов на вечер 3 марта – 0,251 г/с.

Наибольший выброс углеводородов зафиксирован вечером 10 марта и составил 0,35 г/с; для легковых автомобилей на вечер 26 февраля – 0,087 г/с; для микроавтобусов на вечер 10 марта – 0,042 г/с; для грузовиков до 12 т на утро 25 февраля и вечер 10 марта – 0,093 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 7 и 9 марта – 0,013 г/с; для автобусов на вечер 3 марта – 0,12 г/с.

Наибольший выброс сажи пришелся на вечер 10 марта и составил 0,0174 г/с; для легковых автомобилей на вечер 26 февраля – 0,00077 г/с; для микроавтобусов на вечер 10 марта – 0,00067 г/с; для грузовиков до 12 т на утро 25 февраля и вечер 10 марта – 0,00716 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 7 и 9 марта – 0,001 г/с; для автобусов на вечер 3 марта – 0,0174 г/с.

Наибольший выброс диоксида серы зафиксирован вечером 10 марта и составил 0,0043 г/с; для легковых автомобилей на вечер 26 февраля – 0,00164 г/с; для микроавтобусов на вечер 10 марта – 0,00049 г/с; для грузовиков до 12 т на утро 25 февраля и вечер 10 марта – 0,00091 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 7 и 9 марта – 0,00015 г/с; для автобусов на вечер 3 марта – 0,00112 г/с.

Наибольший выброс формальдегида пришелся на вечер 10 марта и составил 0,0014 г/с; для легковых автомобилей на вечер 26 февраля – 0,00035 г/с; для микроавтобусов на вечер 10 марта – 0,00014 г/с; для грузовиков до 12 т на утро 25 февраля и вечер 10 марта – 0,00039 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 7 и 9 марта – 0,00005 г/с; для автобусов на вечер 3 марта – 0,00047 г/с.

Наибольший выброс бенз(а)пирена зафиксирован вечером 10 марта и составил 0,000000136 г/с; для легковых автомобилей на вечер 26 февраля – 0,000000033 г/с; для микроавтобусов на вечер 10 марта – 0,000000014 г/с; для грузовиков до 12 т на утро 25 февраля и вечер 10 марта – 0,000000038 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 7 и 9 марта – 0,000000052 г/с; для автобусов на вечер 3 марта – 0,000000048 г/с.

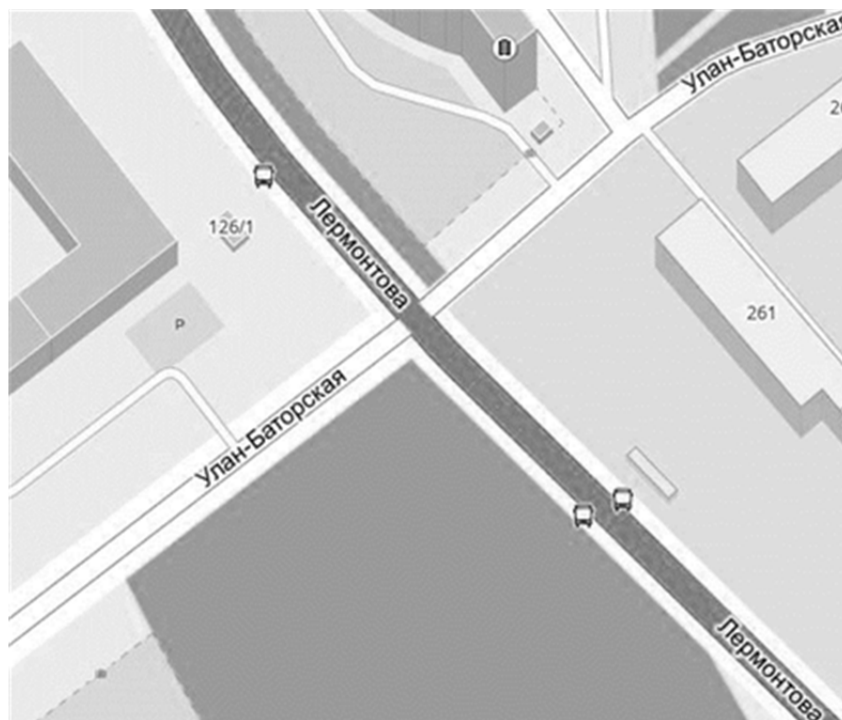


Рис. 3. Карта участка исследования № 2

Натурные наблюдения на участке исследования № 2 проводились с 11 по 24 марта 2017 года в 8:00 и 17:00 в будние дни и в 10:00 и в 17:00 в выходные дни.

Наибольшее количество транспортных средств за наблюдаемый период зафиксировано 24 марта в 17:00 – 999 автомобилей, а наименьшее – 11 марта в 10:00 – 724 автомобиля (рис. 4).

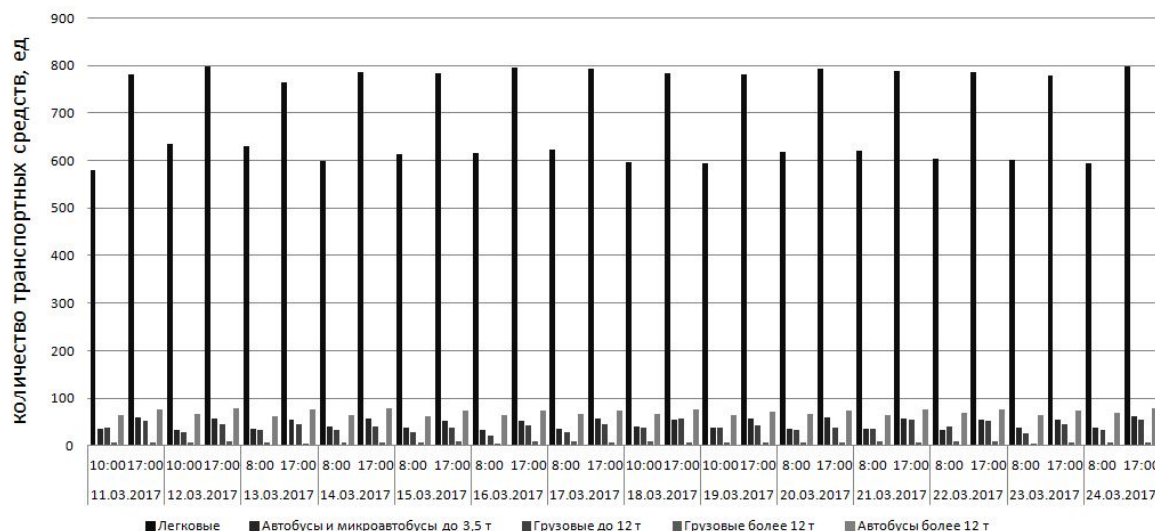


Рис. 4. Общее количество автотранспортных средств, находящихся в районе перекрестка

Согласно проведенным расчётам, наибольший выброс оксида углерода пришелся на вечер 24 марта и составил 5,36 г/с; для легковых автомобилей на вечер 12 марта – 2,86 г/с; для микроавтобусов на вечер 24 марта – 0,76 г/с; для грузовиков до 12 т также на вечер 24 марта – 0,77 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 12 марта – 0,14 г/с; для автобусов на вечер 24 марта – 0,86 г/с.

Наибольший выброс диоксида азота пришелся на вечер 24 марта и составил 0,73 г/с; для легковых автомобилей на вечер 12 марта – 0,29 г/с; для микроавтобусов на вечер 24 мар-

та – 0,054 г/с; для грузовиков до 12 тонн также на вечер 24 марта – 0,155 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 12 марта – 0,032 г/с; для автобусов на вечер 24 марта – 0,2 г/с.

Наибольший выброс углеводородов пришелся на вечер 24 марта и составил 1,38 г/с; для легковых автомобилей на вечер 12 марта – 0,6 г/с; для микроавтобусов на вечер 24 марта – 0,137 г/с; для грузовиков до 12 т на вечер 21 марта – 0,266 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 12 марта – 0,055 г/с; для автобусов на вечер 24 марта – 0,336 г/с.

Наибольший выброс сажи пришелся на вечер 24 марта и составил 0,57 г/с; для легковых автомобилей на вечер 12 марта – 0,0077 г/с; для микроавтобусов на вечер 24 марта – 0,024 г/с; для грузовиков до 12 т также на вечер 24 марта – 0,242 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 22 марта – 0,049 г/с; для автобусов на вечер 24 марта – 0,264 г/с.

Наибольший выброс диоксида серы пришелся на вечер 24 марта и составил 0,04 г/с; для легковых автомобилей на вечер 12 марта – 0,023 г/с; для микроавтобусов на вечера 11 и 24 марта – 0,0032 г/с; для грузовиков до 12 т на вечер 24 марта – 0,0054 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 12 марта – 0,0013 г/с; для автобусов на вечер 24 марта – 0,0068 г/с.

Наибольший выброс формальдегида пришелся на вечер 24 марта и составил 0,0187 г/с; для легковых автомобилей на вечер 12 марта – 0,0132 г/с; для микроавтобусов на вечер 24 марта – 0,00058 г/с; для грузовиков до 12 т на вечер 18 марта – 0,00236 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 12 марта – 0,00049 г/с; для автобусов на вечер 24 марта – 0,0023 г/с.

Наибольший выброс бенз(а)пирена пришелся на вечер 12 марта и составил 0,00000156 г/с; для легковых автомобилей на вечер 12 марта – 0,00000066 г/с; для микроавтобусов на вечер 24 марта – 0,00000013 г/с; для грузовиков до 12 т на вечер 18 марта – 0,00000034 г/с; для грузовиков свыше 12 т на вечер 12 марта – 0,000000064 г/с; для автобусов на вечер 24 марта – 0,00000039 г/с.

Выводы

Согласно данным наблюдений, количество автомобилей существенно отличается для каждого типа транспортных средств. Так доля легковых автомобилей составляла 74–77 %, доля микроавтобусов 4–6 %, доля грузовых автомобилей до 12 т 6–9 %, доля автобусов 8–11 %, доля грузовых автомобилей свыше 12 т не превышала 1 %.

Из данных, полученных при расчёте выбросов, можно сделать следующие выводы:

1) на участке дороги по выбросам таких загрязняющих веществ, как CO, NO₂, SO₂ и формальдегид лидируют легковые автомобили, что связано с преобладанием данного типа транспорта;

2) наибольшая доля выбросов сажи как на участке дороги, так и на перекрестке, приходится на автобусы. Это связано с особенностями дизельных двигателей, которые установлены на автобусах;

3) в районе перекрестка по выбросам всех веществ, кроме сажи, лидируют легковые автомобили. Связано это, опять же, с преобладанием этого типа транспорта;

4) в районе перекрестка автомобилями выбрасывается большее количество загрязняющих веществ, нежели на участке дороги.

Для снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом предлагаются следующие меры:

1) увеличение количества электрического общественного транспорта (троллейбусы, трамваи) и строительство соответствующих путей;

2) увеличение числа зелёных насаждений вдоль дорог;

3) строительство надземных и подземных пешеходных переходов;

4) применение в качестве топлива природного или попутных нефтяных газов (пропан, бутан);

5) использование электрических и гибридных двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобилизация России: 340 ТС на тысячу жителей. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/news/18017/> (дата обращения 18.03.2017).
2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов [Электронный ресурс]. URL: http://allgosts.ru/13/020/gost_r_56162-2014 (дата обращения: 06.02.2017).

УДК 551. 587(571. 5)

Потенциал самоочищения атмосферного воздуха г. Ангарска

Е. В. Сафонова (safonovae14@yandex.ru)¹

С. Ж. Вологжина (svologzhina@gmail.com)²

¹Управление Росприроднадзора по Иркутской области

²ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»

Аннотация. По данным многолетних наблюдений в г. Ангарске на основе построения климатических эллипсов рассеяния дается характеристика потенциала самоочищения атмосферы.

Ключевые слова: наблюдения, скорость ветра, направление ветра, температура воздуха, самоочищение атмосферы, потенциал.

Введение

Уровень загрязнения воздуха в приземном слое атмосферы определяется количеством поступающих в нее веществ и реальной повторяемостью метеорологических условий, влияющих на природную самоочищающую способность атмосферы [1]. Самоочищение атмосферы – частичное или полное удаление примеси вследствие удаления примесей под воздействием природных процессов. Природный потенциал самоочищения атмосферы во многом обусловлен такими природно-климатическими условиями, как особенности подстилающей поверхности (растительность, рельеф), температурный режим, количество выпадающих осадков, циркуляционные процессы в атмосфере и другие [2].

Для того, чтобы оценить потенциал самоочищения атмосферы были отобраны и обработаны методом математической статистики данные восьмисрочных метеорологических наблюдений за температурой воздуха, направлением и скоростью ветра с 2010 по 2015 гг.

Наблюдения на гидрометеостанциях и постах за скоростью ветра проводятся в полярной системе координат. Поэтому полученные многолетние массивы данных были обработаны по специальной авторской компьютерной программе с разложением вектора скорости ветра на скалярные компоненты декартовой прямоугольной системы координат с последующей статистической обработкой полученной информации.

Методы исследования и результаты

Потенциал самоочищения атмосферы над Ангарском для наглядности был представлен в виде климатических эллипсов рассеяния (рис. 1). Расчеты проводились по многолетним восьмисрочным метеорологическим наблюдениям за температурой, направлением и скоростью ветра. Основываясь на полученных результатах (табл. 1 и 2), в локальной декартовой системе координат (U_0V_0) с последующим ее параллельным переносом в точку с началом координат, совпадающим со средними значениями составляющих векторов скорости ветра (центры эллипсов рассеивания) и поворотом на расчетный угол построены эллипсы рассеяния.

Полуоси эллипсов для каждого месяца рассчитаны из соображений вероятности попадания конца вектора скорости ветра в площадь эллипса.

Наибольшие площади эллипсов соответствуют весенне-осеннему периоду. Весной и осенью осуществляется смена режима циркуляции с зимних форм на летние, и наоборот, сопровождающееся активизацией циклонической деятельности, что увеличивает радиус рассеивания примеси, тем самым повышая потенциал самоочищения атмосферы.

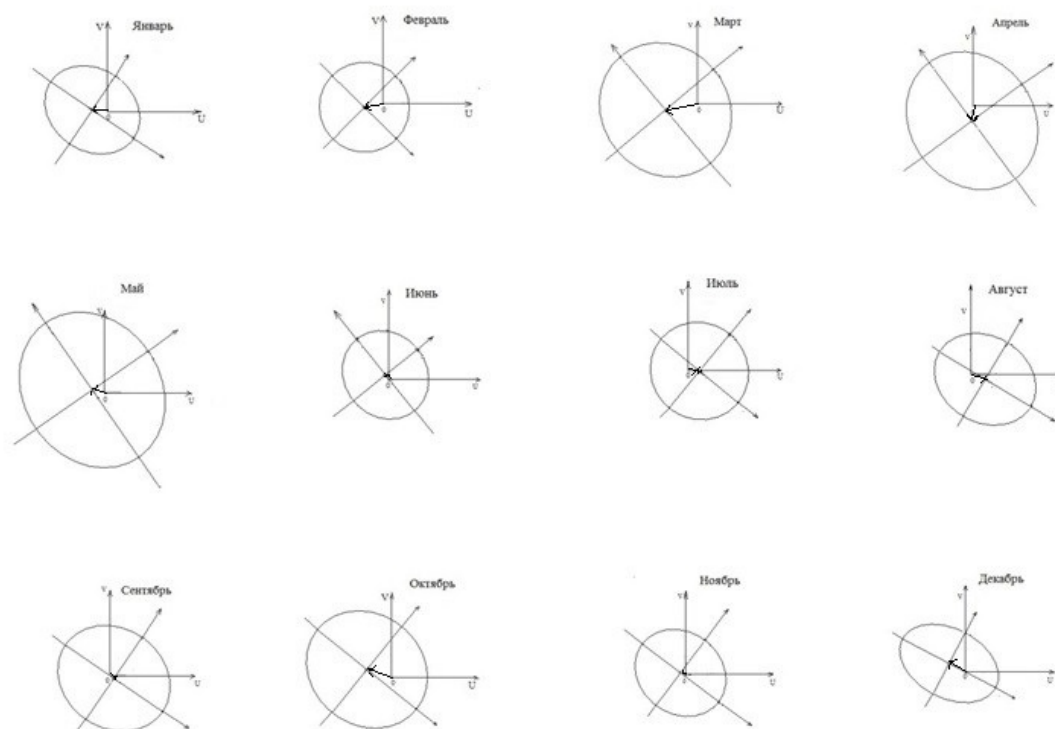


Рис. 1. Климатические эллипсы рассеивания ветрового потока для г. Ангарска

Таблица 1

Статистические климатические характеристики Ангарска

Месяцы	$T_{\text{ср}}$	$U_{\text{ср}}$	$V_{\text{ср}}$	σ_u	σ_v	A_u	A_v	Ex_u	Ex_v	r_{uv}
Январь	-22,2	-0,37	0,06	1,24	1,01	-1,21	-1,67	3,86	14,43	-0,52
Февраль	-19,9	-0,47	-0,08	1,15	1,14	-0,17	-1,11	0,11	4,43	-0,52
Март	-8,15	-0,84	-0,16	1,67	1,85	-0,05	-0,62	0,44	3,27	-0,59
Апрель	3,2	-0,02	-0,40	1,71	2,00	-0,26	-0,35	2,30	4,54	-0,52
Май	9,3	-0,31	0,07	1,75	2,09	-0,27	-0,08	1,60	4,25	-0,48
Июнь	15,3	-0,07	0,17	1,46	1,63	-0,40	-0,15	0,72	2,70	-0,49
Июль	17,8	0,28	-0,01	1,22	1,16	-0,67	-0,23	0,84	1,64	-0,23
Август	17,4	0,36	-0,14	1,32	1,06	-1,05	-0,02	2,25	1,66	-0,41
Сентябрь	7,6	0,11	-0,07	1,56	1,31	-0,40	-0,57	1,64	3,98	-0,44
Октябрь	0,5	-0,64	0,22	1,66	1,44	-0,14	-0,20	0,48	3,00	-0,63
Ноябрь	-5,1	-0,15	0,04	1,25	1,06	-0,46	-1,19	0,26	3,14	-0,58
Декабрь	-13,7	-0,41	0,20	1,34	0,89	-1,21	-0,63	3,65	2,21	-0,62

Наименьшие площади эллипсов характерны для зимнего периода. В это время на территории области господствует обширный Азиатский антициклон. Антициклональный тип погоды сопровождается частыми штилями, что приводит к накоплению примеси в приземных слоях атмосферы. Значительные концентрации вредных ингредиентов скапливаются на относительно небольшой территории.

Результаты расчетов показали, что практически во все месяцы в Ангарске наблюдается близкое к круговому рассеиванию, что неблагоприятно для рассеивания примеси.

Таблица 2

Характеристики эллиптичности рассеивания атмосферы г. Ангарска

Месяцы	L	tg2α	α(Раднаны)	α(градусы)	S _{эл}
Январь	0,84	-2,47	-0,59	-33,8 °	3,93
Февраль	0,85	-50,57	-0,78	-44,7 °	4,12
Март	0,80	5,85	0,70	40,1 °	1,85
Апрель	0,84	3,27	0,64	36,7 °	2,00
Май	0,86	2,67	0,61	35,0 °	2,09
Июнь	0,87	4,45	0,67	38,4 °	1,63
Июль	0,97	-5,05	-0,69	-39,5 °	1,16
Август	0,89	-1,88	-0,54	-30,9 °	1,06
Сентябрь	0,89	-2,57	-0,60	-34,4 °	1,31
Октябрь	0,77	-4,52	-0,68	-39,0 °	1,44
Ноябрь	0,81	-3,50	-0,65	-37,2 °	1,06
Декабрь	0,72	-1,44	-0,48	-27,5 °	0,89

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линевиц Н. Л., Сорокина Л. П. Климатический потенциал самоочищения атмосферы: опыт разно-масштабной оценки // География и природные ресурсы. 1992. № 4. С. 160 – 165.
2. Анализ природного потенциала самоочищения атмосферы на территории и России [Электронный ресурс] // Ecolocate Экология : сайт. URL: <http://www.ecolocate.ru/locats-680-1.html>. (дата обращения: 3.05. 2016).

УДК 504.3.064(571.54)

Загрязнение атмосферного воздуха г. Улан-Удэ стационарными и передвижными источниками

М. О. Топоркова (toporkova2606@mail.ru)

С. Ж. Вологжина (svologzhina@gmail. com)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Статья посвящена влиянию автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха г. Иркутска. Рассчитываются выбросы загрязняющих веществ, поступающих от различных категорий автотранспорта.

Ключевые слова: выхлопные газы, автотранспорт, Иркутск

Введение

Приземная атмосфера является одной из наиболее важных жизнеобеспечивающих составляющих природной среды. Загрязнение атмосферы является активным и постоянно действующим фактором, оказывающим влияние на состояние окружающей среды и непосредственно на здоровье человека.

Город Улан-Удэ является одним из наиболее загрязненных городов России. В основном загрязнение атмосферного воздуха обусловлено поступлением значительного количества выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта. При выхлопе в атмосферный воздух выбрасываются токсичные вещества, такие как диоксид серы, оксид углерода, углеводорода, сажа, дым, бенз(а)пирен, оксиды азота, альдегиды и другие вещества [1].

Исходя из положений Федерального закона «Об охране атмосферного воздуха», для эффективного решения проблемы обеспечения чистоты воздушного бассейна необходим более комплексный подход, предусматривающий проведение сводных расчетов загрязнения воздушного бассейна городов (регионов) выбросами промышленности, разработку и создание систем контроля и управления качеством воздушного бассейна в масштабах района, города, области и т. д.

Методы исследования и результаты

Стационарные источники

В данном исследовании были проведены расчеты загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий города Улан-Удэ. Эти расчеты проводились по «Методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)» [2]. Это расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ по данным об их выбросах, в которых используется информация о выбросах всех источников загрязнения атмосферы, расположенных на территории рассматриваемого города (региона).

В исследовании учтены выбросы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от промышленных предприятий, рассредоточенных на всей территории города. В городе Улан-Удэ расположены 3 467 промышленных источников загрязнения атмосферы.

Самыми значимыми предприятиями г. Улан-Удэ, с точки зрения выбросов загрязняющих веществ, являются (рис. 1):

1. Улан-Удэнская ТЭЦ-1 (вклад данного предприятия в суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников составляет более 33 %);
2. Улан-Удэнская ТЭЦ-2 (вклад – почти 19 %);
3. Улан-Удэнский энергетический комплекс (вклад отопительных котельных энергетического комплекса, расположенных на 30 площадках в черте г. Улан-Удэ, в суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников составляет около 17,5 %);
4. ОАО «Улан-Удэнский авиационный завод» (вклад – более 5 %);
5. ЗАО «Улан-Удэстальмост» (вклад – 4,4 %);
6. Улан-Удэнский локомотиворемонтный завод (ЛВРЗ) (вклад – 2,1 %);
7. ООО «Бурят-Терминал» (вклад – 1,7 %);
8. Муниципальное автономное учреждение (МАУ) «Горсвет» (вклад – 1,3 %);
9. ООО «Буржелезобетон» (вклад менее 1 %);
10. ООО «Бурстрой» (вклад менее 1 %).

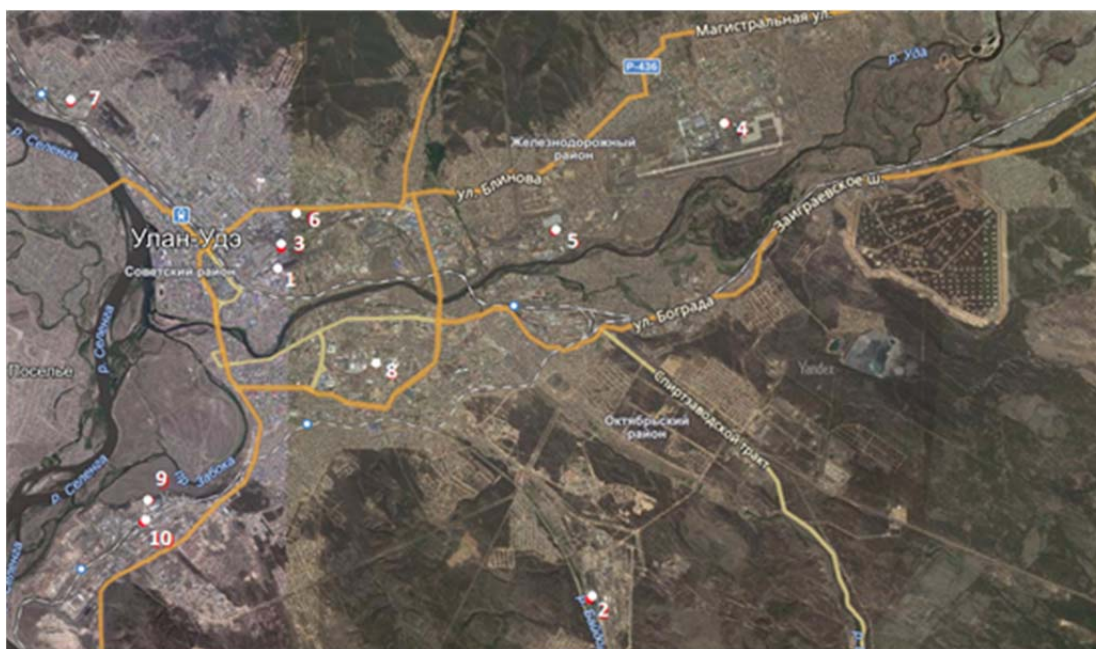


Рис. 1. Предприятия г. Улан-Удэ, выбрасывающие наибольшее количество загрязняющих веществ

Обозначения: 1 – Улан-Удэнская ТЭЦ-1; 2 – Улан-Удэнская ТЭЦ-2; 3 – Улан-Удэнский энергетический комплекс; 4 – ОАО «Улан-Удэнский авиационный завод»; 5 – ЗАО «Улан-Удэстальмост»; 6 – Улан-Удэнский локомотиворемонтный завод (ЛВРЗ); 7- ООО «Бурят-Терминал»; 8 – Муниципальное автономное учреждение (МАУ) «Горсвет»; 9 – ООО «Буржелезобетон»; 10 – ООО «Бурстрой».

В качестве входной информации в расчетах использовались инвентаризационные данные промышленных предприятий г. Улан-Удэ.

Инвентаризационные данные:

- координаты источников выбросов;
- высота источника;
- диаметр трубы;
- скорость выброса;
- мощность выброса;
- температура выбрасываемой газовой смеси.

Результаты детальных расчетов загрязнения атмосферы г. Улан-Удэ по 122 веществам и 32 группам суммации, поступающих от 158 промышленных предприятий показали, что:

- по 97 примесям и по 12 группам суммации из них уровни концентраций загрязняющих веществ в жилых районах не превышают 0,3 ПДКс. с.;
- по 18 примесям и 8 группам суммации из них уровни концентраций загрязняющих веществ в жилых районах составляют от 0,3 до 1,0 ПДКс. с.;
- по 7 веществам и 12 группам суммации значения максимальных концентраций превышают ПДКс. с. в жилой застройке.

Например, наибольшая концентрация диоксида серы в атмосферном воздухе сосредоточилась в центре города, где расположены предприятия: Улан-Удэнская ТЭЦ-1, Улан-Удэнский энергетический комплекс и Улан-Удэнский локомотиворемонтный завод (ЛВРЗ).

Максимальная концентрация диоксида серы достигает 1,5 ПДКс. с. Также имеются еще 2 выраженных эпицентра выбросов загрязняющих веществ, поступающих от Улан-Удэнской ТЭЦ-2 и ОАО «Улан-Удэнского авиационного завода».

Источники выбросов пыли неорганической рассредоточились почти на всей территории г. Улан-Удэ. Максимальная концентрация пыли неорганической с содержанием диоксида кремния 20–70 % достигает 25 ПДКс. с. Точек с максимальной концентрацией две, одна расположена юго-западнее от центра города, выбросы осуществляются такими предприятиями как: «Иркутский вторчермет» и «Производство бетонных блоков». Вторая точка с максимальной концентрацией пыли неорганической находится восточнее от центра города, где расположено предприятие «Улан-Удэстальмост».

Источники выбросов пыли неорганической рассредоточились по всей территории г. Улан-Удэ (рис. 2). Имеется 10 основных эпицентров с наибольшей концентрацией вещества, которая изменяется в пределах от 0,1 до 10 ПДКс. с. В центре города концентрация пыли неорганической с содержанием диоксида кремния до 20 % составляет 5 ПДКс. с.

Передвижные источники

Помимо исследования загрязнения атмосферного воздуха стационарными источниками были проведены натурные наблюдения за потоком автотранспорта. Для проведения наблюдений были выбраны два участка:

1. Улица Терешковой (Октябрьский район);
2. Проспект 50-летия Октября (Железнодорожный район).

На каждом участке дороги проводилась двадцатиминутная видеосъемка, после чего подсчитывалось количество транспортных средств, проезжающих отметку, полученные данные заносились в дневник наблюдений.

Натурные наблюдения проводились с 20 по 26 июня 2016 г. утром в 7:30 и вечером в 17:30. Все данные по количеству проезжающего автотранспорта были занесены в полевой журнал (табл. А.1, Б.1). На основе данных в таблицах производились расчеты выбросов загрязняющих веществ, где использовалась методика, разработанная ОАО «НИИ Атмосфера» г. Санкт-Петербурга с участием фирмы «Интеграл» и СПбГУ ГПС МЧС России, в которой указаны формулы для расчета выбросов [3].

По каждой таблице рассчитывалось количество выбросов загрязнителей, после чего данные суммировались, и получалось суммарное количество выбросов *i*-того загрязняющего вещества в единицу времени.

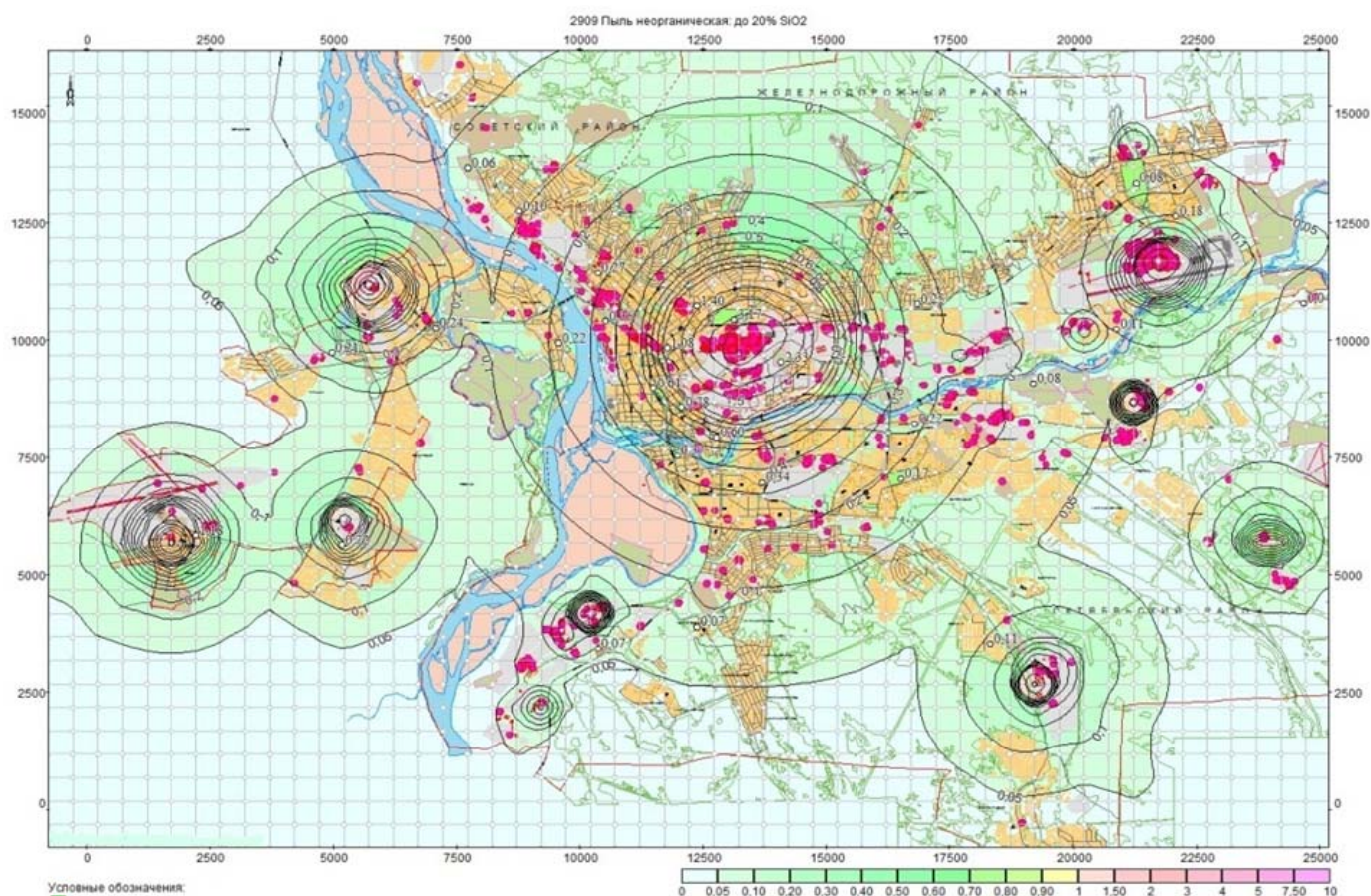


Рис. 2. Карта-схема распространения пыли неорганической с содержанием диоксида кремния до 20 % в атмосферном воздухе г. Улан-Удэ

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что в исследуемый период времени, по всем компонентам выбрасываемых веществ, кроме сажи, лидируют легковые автомобили, что связано с их большим числом в потоке автотранспорта. Двигатели грузовых автомобилей выбрасывают сажи больше, чем другие категории автомобилей, что связано с особенностями работы дизельных двигателей.

В качестве примера представлены диаграммы трех загрязняющих веществ: CO, NO₂, SO₂ на каждом участке дороги.

Проспект 50-летия Октября

Наибольший выброс оксида углерода, в исследуемый период времени, всеми категориями автомобилей, пришелся на 8:00–8:20 в четверг (23.06.2016) и составил 261,95 г/с. Отдельно по каждой категории: для легковых автомобилей на 17:00–17:20 в четверг (23.06.2016) – 155,46 г/с; для микроавтобусов на 8:00–8:20 в понедельник (20.06.16) – 97,37 г/с; для грузовых автомобилей на 8:00–8:20 в четверг (23.06.2016) – 17,43 г/с; для автобусов на 8:00–8:20 в среду (22.06.2016) – 3,9 г/с (рис. 3).

Наибольший выброс диоксида азота, в исследуемый период времени, всеми категориями автомобилей, пришелся на 8:00–8:20 в четверг (23.06.2016) и составил 121,93 г/с. Отдельно по каждой категории: для легковых автомобилей на 17:00–17:20 в четверг (23.06.2016) – 61,5 г/с; для микроавтобусов на 8:00–8:20 в понедельник (20.06.2016) – 37,45 г/с; для грузовых автомобилей на 8:00–8:20 в четверг (23.06.2016) – 23,58 г/с; для автобусов на 8:00–8:20 в среду (22.06.16) – 6,1 г/с (рис. 4).

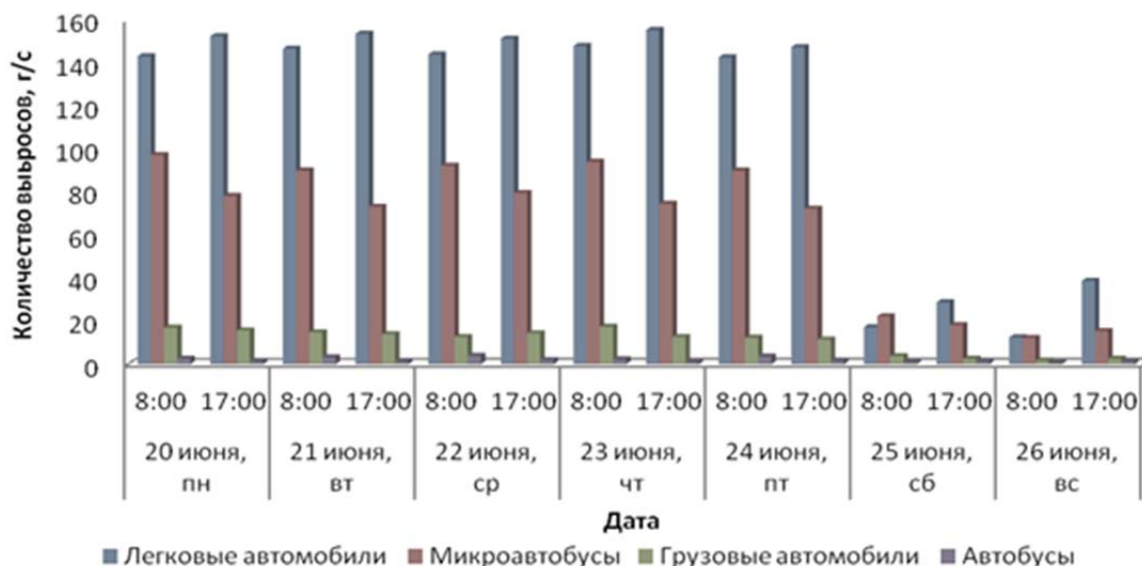


Рис. 3. Количество выбросов оксида углерода от автотранспорта на участке дороги на Проспекте 50-летия Октября

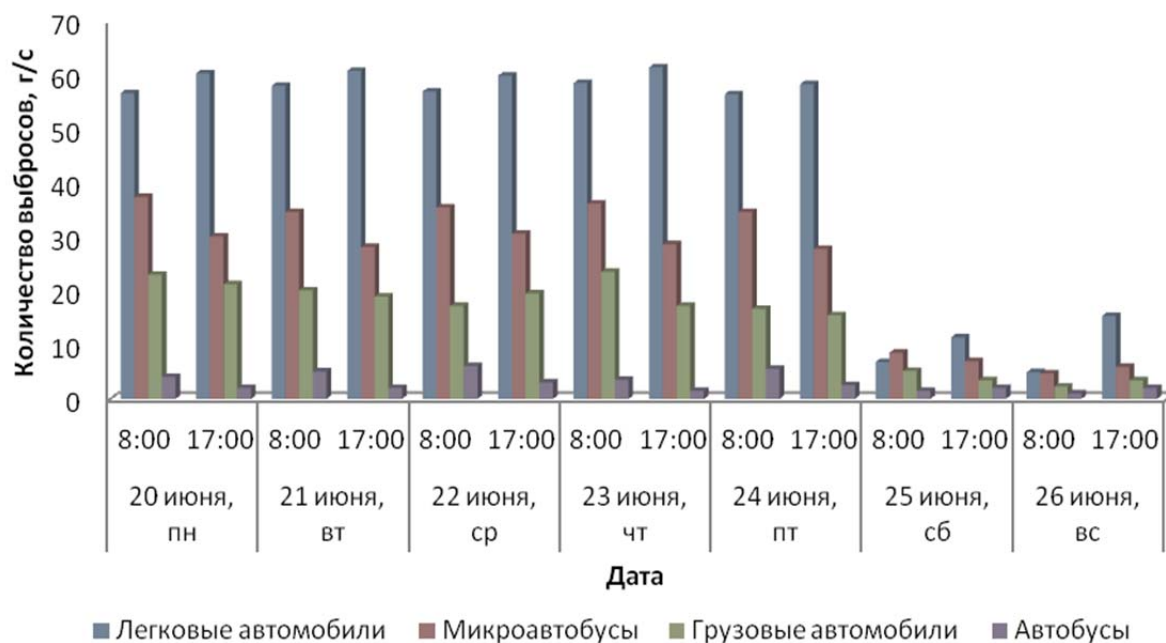


Рис. 4. Количество выбросов диоксида азота от автотранспорта на участке дороги на Проспекте 50-летия Октября

Наибольший выброс диоксида серы, в исследуемый период времени, всеми категориями автомобилей, пришелся на 8:00–8:20 в четверг (23.06.2016) и составил 1,1 г/с. Отдельно по каждой категории: для легковых автомобилей на 17:00–17:20 в четверг (23.06.2016) – 0,67 г/с; для микроавтобусов на 8:00–8:20 в понедельник (20.06.2016) – 0,33 г/с; для грузовых автомобилей на 8:00–8:20 в четверг (23.06.2016) – 0,13 г/с; для автобусов на 8:00–8:20 в среду (22.06.2016) – 0,03 г/с (рис. 5).

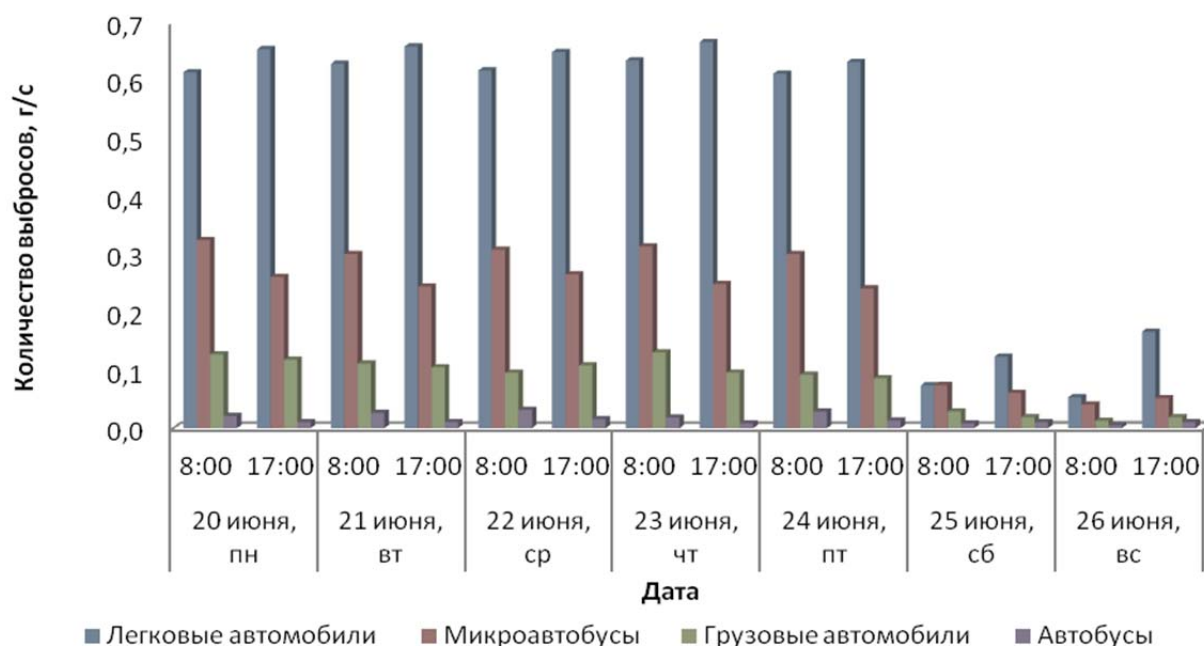


Рис. 5. Количество выбросов диоксида серы от автотранспорта на участке дороги на Проспекте 50-летия Октября

Улица Терешковой

Наибольший выброс оксида углерода, в исследуемый период времени, всеми категориями автомобилей, пришелся на 17:30–17:50 в понедельник (20.06.2016) и составил 208,34 г/с. Отдельно по каждой категории: для легковых автомобилей на 17:30–17:50 в среду (22.06.2016) – 125,31 г/с; для микроавтобусов на 7:30–7:50 в четверг (23.06.2016) – 83,27 г/с; для грузовых автомобилей на 17:30–17:50 в среду (22.06.2016) – 11,9 г/с; для автобусов на 7:30–7:50 в пятницу (24.06.2016) – 5,85 г/с (рис. 6).

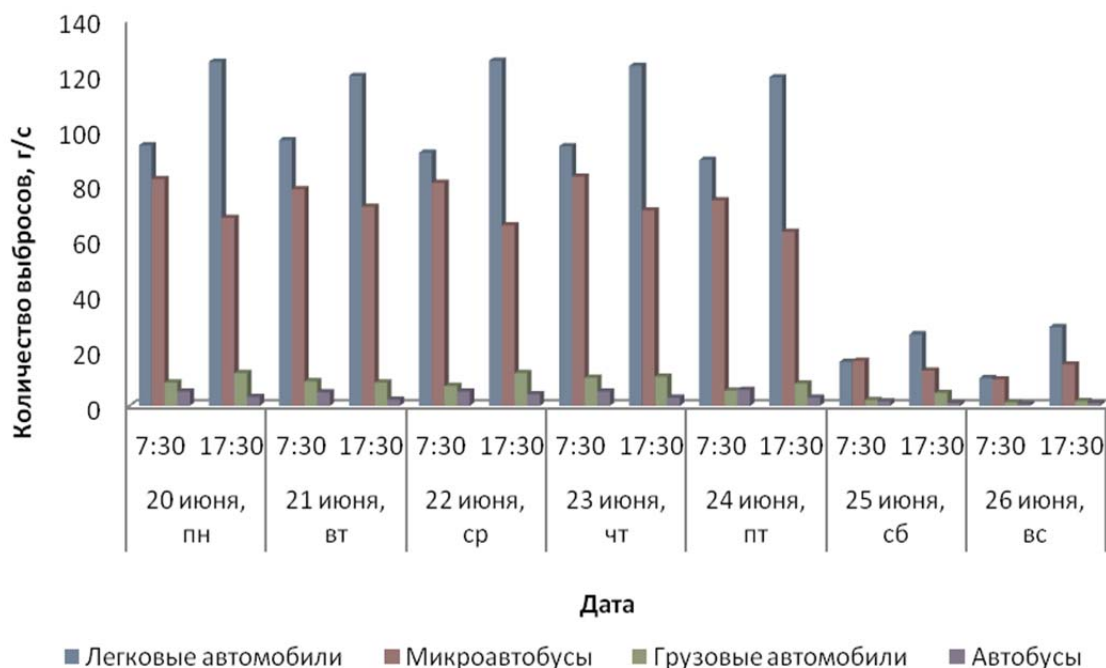


Рис. 6. Количество выбросов оксида углерода от автотранспорта на участке дороги по улице Терешковой

Наибольший выброс диоксида азота, в исследуемый период времени, всеми категориями автомобилей пришелся на 17:30–17:50 в среду (22.06.2016) и составил 97,48 г/с. Отдельно по каждой категории: для легковых автомобилей на 17:30–17:50 в среду (22.06.2016) – 49,58 г/с; для микроавтобусов на 7:30–7:50 в четверг (23.06.2016) – 32,03 г/с; для грузовых автомобилей на 17:30–17:50 в среду (22.06.2016) – 16,1 г/с; для автобусов на 7:30–7:50 в пятницу (24.06.2016) – 9,15 г/с (рис. 7).

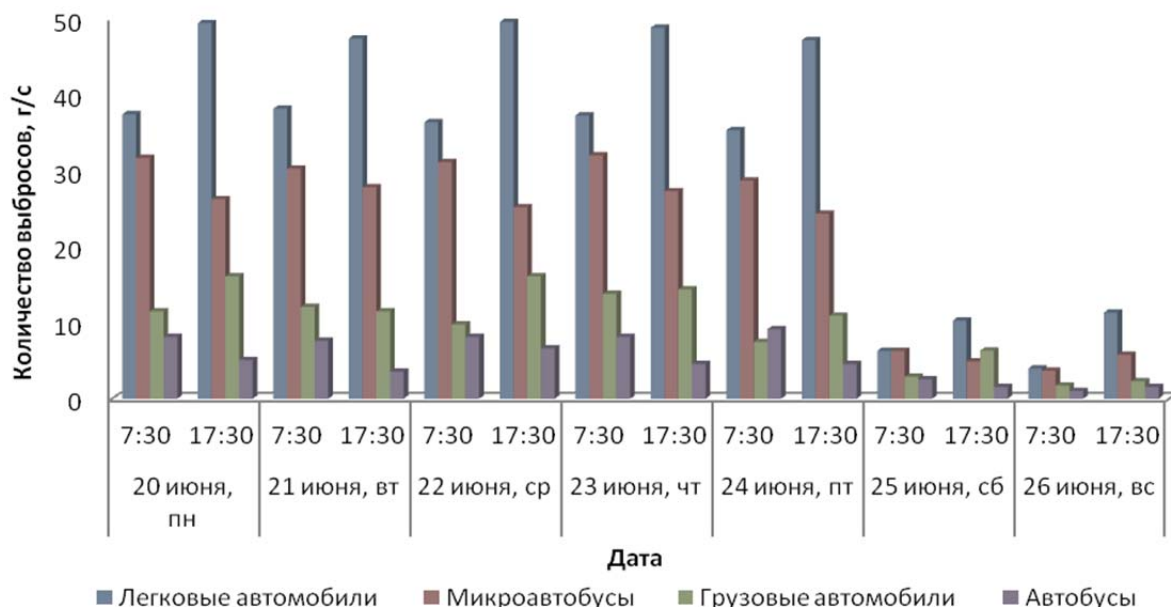


Рис. 7. Количество выбросов диоксида азота от автотранспорта на участке дороги по улице Терешковой

Наибольший выброс диоксида серы, в исследуемый период времени, всеми категориями автомобилей, пришелся на 17:30–17:50 в среду (22.06.2016) и составил 0,879 г/с. Отдельно по каждой категории: для легковых автомобилей на 17:30–17:50 в среду (22.06.2016) – 0,537 г/с; для микроавтобусов на 7:30–7:50 в четверг (23.06.2016) – 0,278 г/с; для грузовых автомобилей на 17:30–17:50 в среду (22.06. 16) – 0,089 г/с; для автобусов на 7:30–7:50 в пятницу (24.06.2016) – 0,047 г/с (рис. 8).

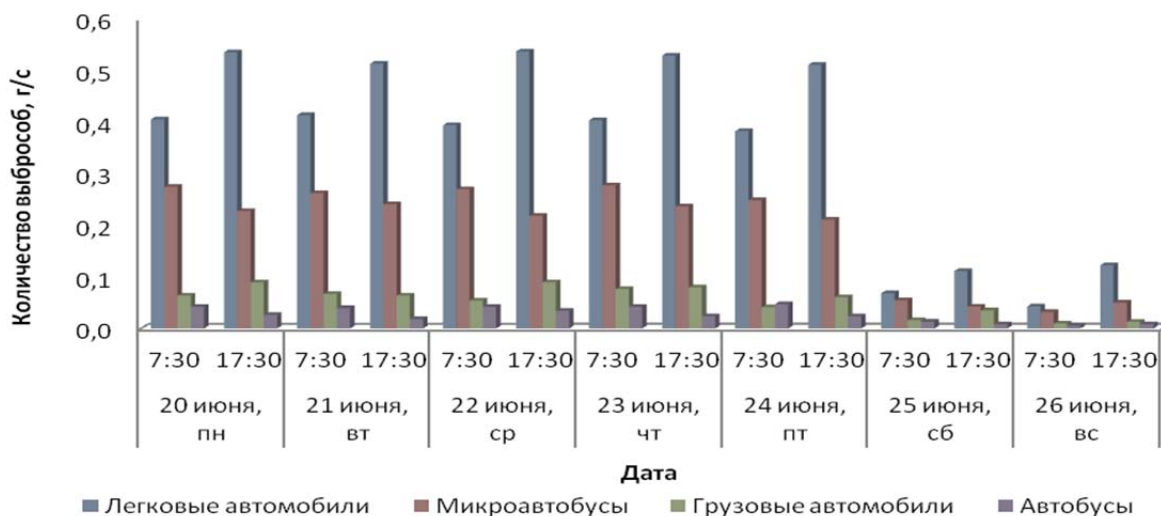


Рис. 8. Количество выбросов диоксида серы от автотранспорта на участке дороги по улице Терешковой

Выводы

В работе было рассмотрено загрязнение атмосферного воздуха города Улан-Удэ стационарными и передвижными источниками загрязнения атмосферы. Также были собраны данные мониторинга состояния атмосферного воздуха на территории города Улан-Удэ с двух автоматических постов наблюдений по Проспекту 50-летия Октября (Пост № 1) и улице Бабушкина (Пост № 2).

Расчет загрязнения атмосферного воздуха выбросами от 158 промышленных предприятий города Улан-Удэ, которые включают в себя 3467 источников загрязняющих веществ, показал, что:

- по 97 примесям и по 12 группам суммации из них уровни концентраций загрязняющих веществ в жилых районах не превышают 0,3 ПДКс. с. ;
- по 18 примесям и 8 группам суммации из них уровни концентраций загрязняющих веществ в жилых районах составляют от 0,3 до 1,0 ПДКс. с. ;
- по 7 веществам и 12 группам суммации значения максимальных концентраций превышают ПДКс. с. в жилой застройке.

Для расчета выбросов загрязняющих веществ от двигателей автотранспорта были выбраны 2 участка дороги: ул. Терешковой и Проспект 50-летия Октября, где проведены натурные наблюдения. Результат расчетов показал, что:

1) большая доля по выбросам таких загрязняющих веществ, как CO, NO_x, CH, SO₂, формальдегид, бенз(а)пирен приходится на легковой автотранспорт, что связано с их большим количеством;

2) большая доля по выбросам сажи приходится на грузовой транспорт, что связано с особенностями дизельных двигателей, которые установлены на грузовых транспортных средствах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об охране атмосферного воздуха : федер. закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 20.06.2017).
2. Унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы «ЭКО центр». Руководство пользователя. По методике ОНД-86. Воронеж, 2010. 28 с.
3. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов (дополненная и переработанная). СПб., 2010. 15 с.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 911. 9:576. 895. 42

Методика картографирования потенциальной опасности заражения клещевым энцефалитом с использованием геоинформационных технологий (на примере Иркутской области)

С. И. Лесных (tyara@irigs.irk.ru)

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. Представлена методика геоинформационного картографирования, основанная на принципе ландшафтной индикации по типам растительности как основы для интеграции различных факторов, отражающих локально-географические условия возникновения и распространения заболевания, в единую систему. Картографическое моделирование потенциальной опасности заражения клещевым энцефалитом в Иркутской области представлено на корреляционной оценочной карте.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, потенциальная опасность заражения, клещевой энцефалит.

Иркутская область на протяжении многих лет является эндемичной по клещевому вирусному энцефалиту [13]. На её территории зарегистрировано шесть видов иксодовых клещей, принадлежащих к трем родам: *Ixodes*, *Dermacentor* и *Haemaphysalis*. Наиболее многочислен и широко распространён *I. persulcatus* P. Sch., который является основным переносчиком клещевого вирусного энцефалита (КВЭ).

Уникальные географические условия области обеспечивают своеобразие процессов в природных очагах КВЭ и других «клещевых» инфекций [9]. Так сезонность заболеваний зависит как от инфекции, так и от территории. Максимальная активность клещей, инфицированных вирусом клещевого энцефалита, наблюдалась во второй неделе июня, хотя первые случаи присасывания имели место в конце марта (1997 г.). Членистоногие, инфицированные клещевым риккетсиозом, активизировались раньше прочих: первые укусы зафиксированы в середине апреля, а пиковое их количество в начале июня. Самые поздние сроки присасывания клещей отмечались при клещевом боррелиозе (КБ) – вторая декада июня. Первые случаи присасывания клещей и заболеваний КВЭ и КБ были зафиксированы в районе Мельничной пади и в Иркутске, последние – в Слюдянском районе, где все фенологические явления по сравнению с областным центром запаздывают на две-три недели.

Таким образом, в отношении клещевых инфекций на территории Иркутской области складывается присущая только ей медико-географическая ситуация, требующая всестороннего анализа на региональном и местном уровнях. Для этого необходима концентрация знаний по экологии возбудителя и носителей, профилактики заболеваний клещевыми инфекци-

ями и синтез этих знаний с географической информацией об условиях и факторах, благоприятствующих формированию устойчивых эпидемически активных очагов клещевого энцефалита за счет появления благоприятных условий их существования и трансформации уже существующих очагов.

Методы исследования. Долгое время картографические исследования в отношении природноочаговых инфекций проводились без учёта комплексной характеристики территории. Объектом изучения являлась не территория, а инфекция в связи с распространением и структурой её очагов [16]. Поэтому одним из актуальных направлений в медико-географическом картографировании является составление карт природноочаговых инфекций, учитывающих природные факторы, влияющие на пространственное (территориальное) распространение инфекции.

Любая исследуемая территория, рассматриваемая в медико-географическом аспекте, является системой со сложной структурой. Для решения проблем в такого рода системе, когда выбор альтернативы требует анализа сложной информации различной природы, целесообразно использование методов системного анализа [10]. Тесное сплетение алгоритмов системного анализа и ГИС-технологий позволит с максимальной эффективностью решить задачу интеграции разнородных данных в единую систему, на единую географическую основу.

ГИС-технология в данном случае является:

- 1) мощным средством моделирования, обеспечивающим атрибутивные и пространственные запросы к объектам и позволяющим проводить географический анализ, направленный на определение пространственных связей объектов, размещаемых на территории,
- 2) процессом организации работы с информацией по ее преобразованию и получению качественно новых знаний [11; 6].

Кроме того методической основой геоинформационных исследований являются принципы сравнительного географического и экологического анализа, прежде всего концепции медицинской географии и медико-географического картографирования, дополненные современными идеями и технологиями геоинформатики по синтезу пространственных данных. Так, заложенные Б. В. Вершинским (1962) основы теории применения картографических методов в изучении и отражении пространственного размещения животного населения, в частности клещевого, дополненные возможностями современных геоинформационных технологий дадут возможность оценить потенциальную опасность заражения населения КВЭ на территории Иркутской области и спрогнозировать появление новых возможных очагов трансмиссивных инфекций.

Синтез данных и знаний в медико-географическом аспекте предлагается проводить на ландшафтной основе, что предполагает использование методов ландшафтно-интерпретационного картографирования – научного подхода, основанного на переводе ландшафтной картографической информации в карты специального тематического содержания. Ландшафтная карта рассматривается как модель информационного поля деятельности человека и источник информации для прогнозно-аналитических моделей изучаемых процессов. Любая дополнительная информация, «преломляясь» через ландшафтную карту под текущую задачу, автоматически переходит ее в карту нового типа [3]. Именно географический ландшафт, согласно теории природной очаговости относится к числу важнейших компонентов географической среды, определяющих эпидемиологические черты и особенности территориального распространения природноочаговых инфекций [16].

Так используется принцип ландшафтной индикации по типам растительности как основы для интеграции разнородных данных в единую систему и моделирования потенциальной опасности заражения клещевым энцефалитом в Иркутской области. Это позволяет выявить основные связи распространения членистоногих со всеми остальными факторами географической среды на большей части картографируемой территории.

Факторы, определяющие риск заболевания клещевым энцефалитом. Распределение иксодовых клещей по территории подчиняется определенным закономерностям [1].

Клещи в своем распространении находятся в зависимости от двух основных групп факторов: биотических и абиотических, необходимых для нормальной жизнедеятельности клеща.

Основными из биотических факторов, по мнению разных ученых [1; 2; 14; 15] являются: наиболее частые места обитания (условия местообитания), наличие клещей-переносчиков, наличие прокормителей, вирусофорность клещей. Основные абиотические факторы: температура воздуха и теплообеспеченность; влажность воздуха и увлажнение. Отмечено, что ведущая роль в распределении иксодовых клещей принадлежит климатическим условиям (обеспеченность теплом и влагой), наличию прокормителей и характеру расселения последних [12].

Для изучения вероятности заражения необходимо введение факторов, значительно влияющих на вероятность заражения клещевыми инфекциями населения (социально-экономические факторы). К ним относятся: наличие населенных пунктов, плотность населения в населенных пунктах, низкий уровень доходов населения, наличие туристско-рекреационных комплексов за пределами территорий, подвергшихся акарицидной обработке и др. [5].

Территория исследования. На территории Иркутской области преобладает среднегорный рельеф, равнинные пространства невелики, низменности занимают небольшую площадь. Распространены межгорные котловины, существенно влияющие на перераспределении тепла и влаги, гидрологический режим, разнообразие природных комплексов. Климат характеризуется резкой континентальностью в силу удаления от морей и расположению в центре материка с господством западного переноса воздушных масс. Зима более длинная, более высокая амплитуда температур воздуха, значительное количество часов солнечного сияния по сравнению с другими регионами страны, лежащими в тех же широтах.

На юге область примыкает к оз. Байкал, что оказывает существенное влияние на прилегающие к нему районы, в которых зима мягче, а лето прохладнее. Речная сеть густая, основные реки – Ангара и Лена. Распределение осадков неравномерно как по территории области, так и по временам года. Максимум осадков приходится на июль-август, минимум на февраль-март. На равнинной территории в среднем за год выпадает 300–400 мм осадков, в горах – свыше 600 мм. Наибольшее количество на территории Иркутской области отмечается в горных районах Восточного Саяна, Хамар-Дабана и Северо-Байкальского нагорья (свыше 1000 мм); наименьшее — на о. Ольхон (около 100 мм) [4].

Методика использования ГИС-технологий для оценки опасности заражения клещевыми инфекциями. Существуют различные методики картографирования вероятности заражения клещевыми инфекциями [5; 8] и природных очагов инфекций на примере клещевого энцефалита с применением комплексирования природных факторов на одну географическую основу [16].

Нами разработана методика геоинформационного картографирования ситуации возникновения заболевания гриппом птиц в регионе [3], когда происходит дифференциация территории по степени опасности возникновения гриппа птиц, выраженная в баллах, процентах или относительных единицах (частота, вероятность). Для этого необходим набор медико-географической информации, комплексированной в характеристики риска с помощью математической или картографической модели, реализующей идею карты. Многослойная информация кодируется и синтезируется по каждому элементу геоизображения. Итоговая карта дает медико-географическую оценку возможности (риска) возникновения заболеваний населения птичьим гриппом и связанных с населением домашних птиц. Особенностью такого картографирования является учет местных ландшафтно-географических предпосылок вспышки заболевания.

Результаты. Используя вышеописанную методику [3] построена карта потенциальной опасности заражения клещевым энцефалитом на территории Иркутской области. Она определяется по характеру распространения клещей *Ixodes persulcatus*, обитающих в лесах различного типа от темнохвойной тайги до мелколиственных колков в лесостепи и степи и *Dermacentor nuttalli*, предпочитающих более теплые и влагодефицитные местоположения [12].

Для этого на основе цифровой карты «Ландшафты Юга Восточной Сибири» (где представлена дифференциация территории по группам фаций разных факторально-динамических рядов (классов фаций)) методом автоматического картографирования были выделены группы фаций, соответствующие благоприятным условиям для существования клещей (рис. 1):

- Сибирские елово-пихтово-кедровые и елово-пихтово-кедровые средне- и южнотаежные леса и соответствующие сибирские сосняки.
- Лиственничные и лиственнично-сосновые южнотаежные леса Средней Сибири.
- Темнохвойные, лиственничные и лиственнично-кедровые горные леса средне- и южнотаежного облика.
- Разнообразные пойменные насаждения, различного состава вторичные леса.

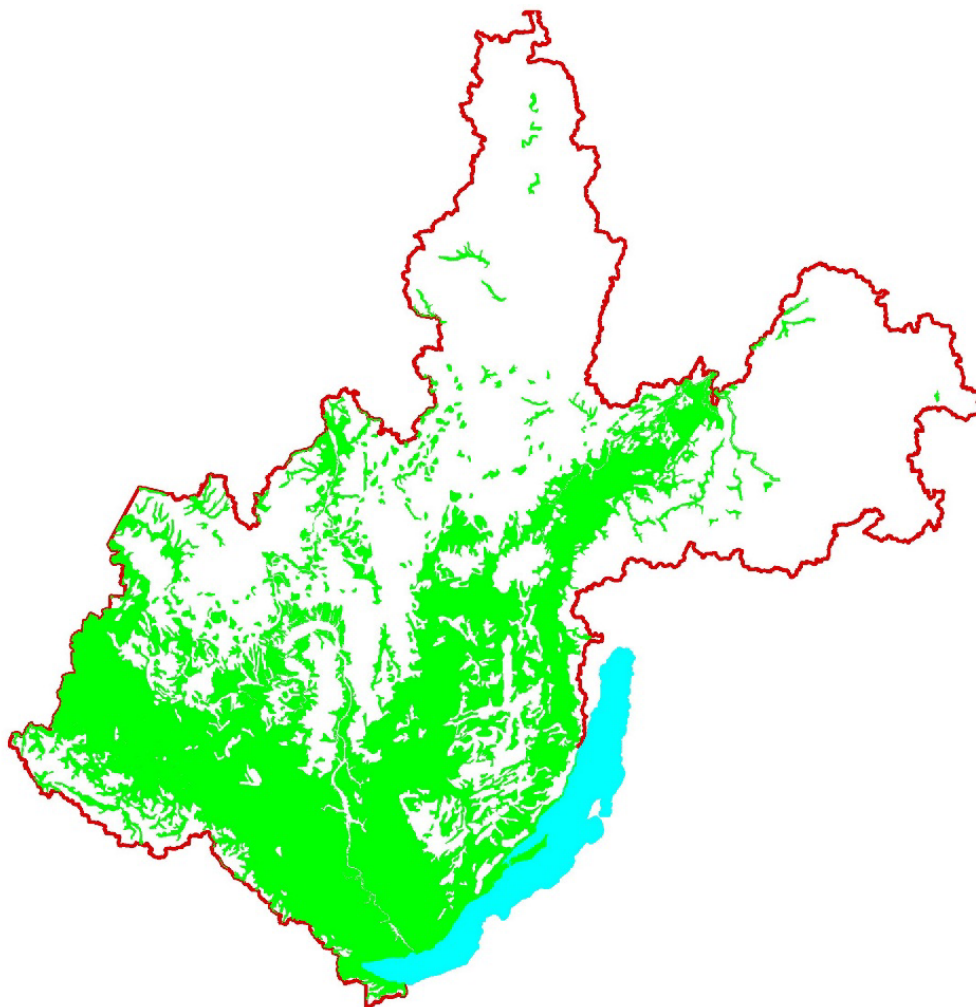


Рис. 1. Природные предпосылки для существования КЭ на территории Иркутской области.

Одним из главных факторов, отрицательно влияющих (ограничивающих) на распространение *Ixodes persulcatus*, является величина минимальной необходимой для таежного клеща теплообеспеченности ландшафта. Так, считается, что сумма температур в 1400–1500 гр. С. за период с устойчивой среднесуточной температурой выше 10 гр. С. является минимально необходимой для поддержания нормального цикла *Ixodes persulcatus* [17]. Однако исследования, проводимые сектором медицинской географии Института географии СО РАН в 1960–1975 годах [12] показали, что эта сумма температур может быть понижена до 1200 гр. С. для рассматриваемой территории.

Совмещение карты условий, благоприятных для существования клещей с картой изотерм дало возможность отсеять теплодефицитные территории, на которых клещам выживать сложно, а следовательно, опасность заражения для человека не высока. Так из дальнейшего

анализа исключены горные гольцовые территории на юге области и теплодефицитные северные.

Следующим фактором, положительно влияющим на опасность заражения, является количество населенных пунктов и плотность населения в них [9]. Так группу повышенного риска заражения КВЭ составляет незанятое население, посещающее природные очаги с целью сбора дикоросов. Низкий уровень жизни населения может являться фактором, способствующим росту заболеваемости этой природноочаговой инфекцией в связи с ростом частоты контакта с переносчиком.

Итоговая карта (рис. 2) отражает потенциальный риск заражения населения Иркутской области КВЭ и является продуктом графического соответствия факторальных ареалов и основывается на синтезе следующих электронных карт: 1) ландшафтов в разрезе групп фаций, отражающих благоприятные условия для существования членистоногих; 2) плотности населения Иркутской области, построенной на основе ГИС-данных о размещении и численности населенных пунктов; 3) суммы температур за период с устойчивой среднесуточной температурой больше 10 гр. С.

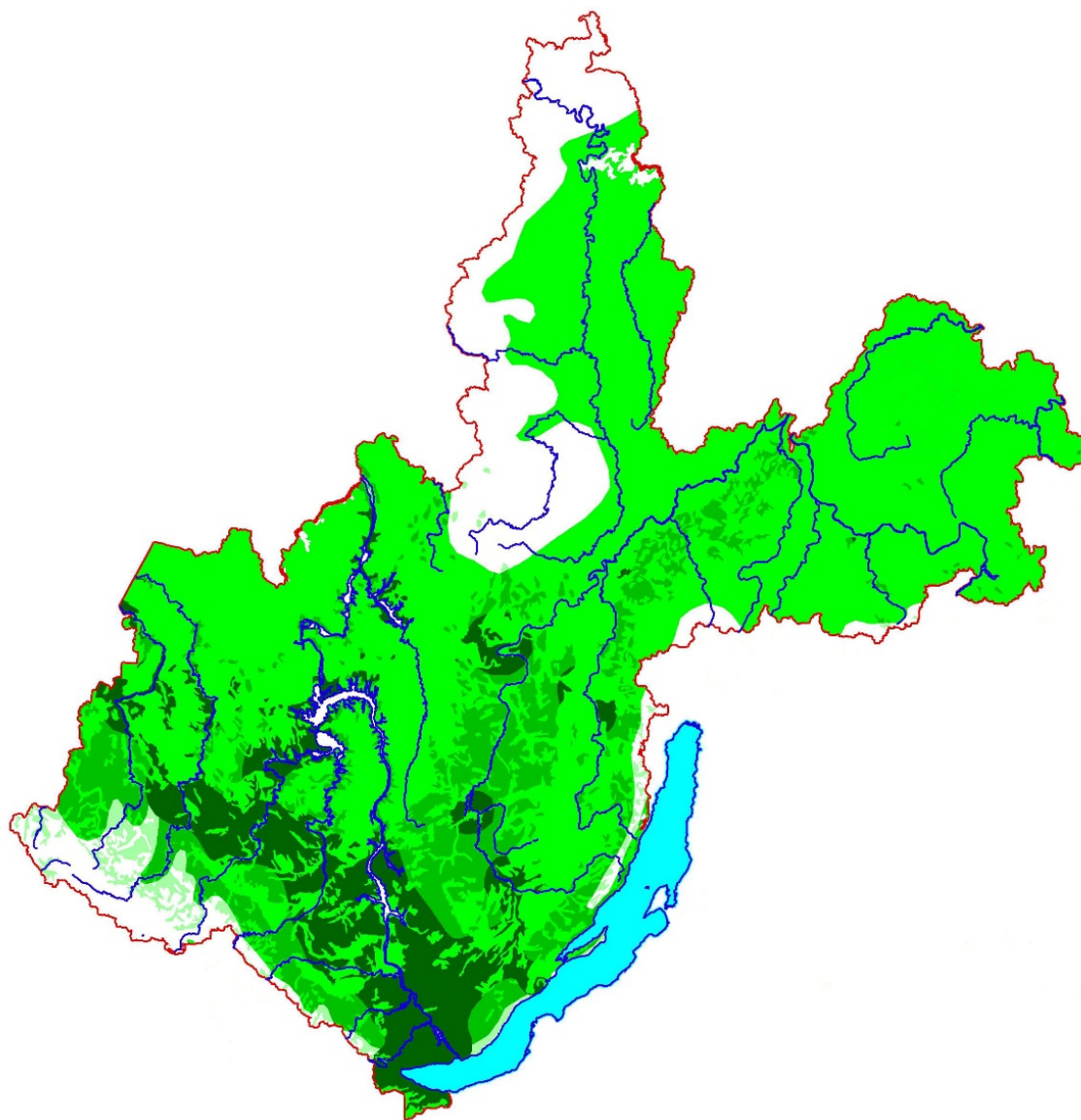


Рис. 2. Потенциальная опасность заражения клещевым энцефалитом в Иркутской области (интенсивность цвета говорит об интенсивности опасности).

Таким образом, устанавливаются определенные соотношения (рис. 3), отражающие локально-географические условия потенциальной опасности заражения КВЭ, а карта представляет собой корреляционную в этимологическом смысле слова, не подтвержденную количественной оценкой связей, но показывающую соответствие между изучаемым (картографируемым) явлением и влияющими на него факторами без применения методов математической статистики.

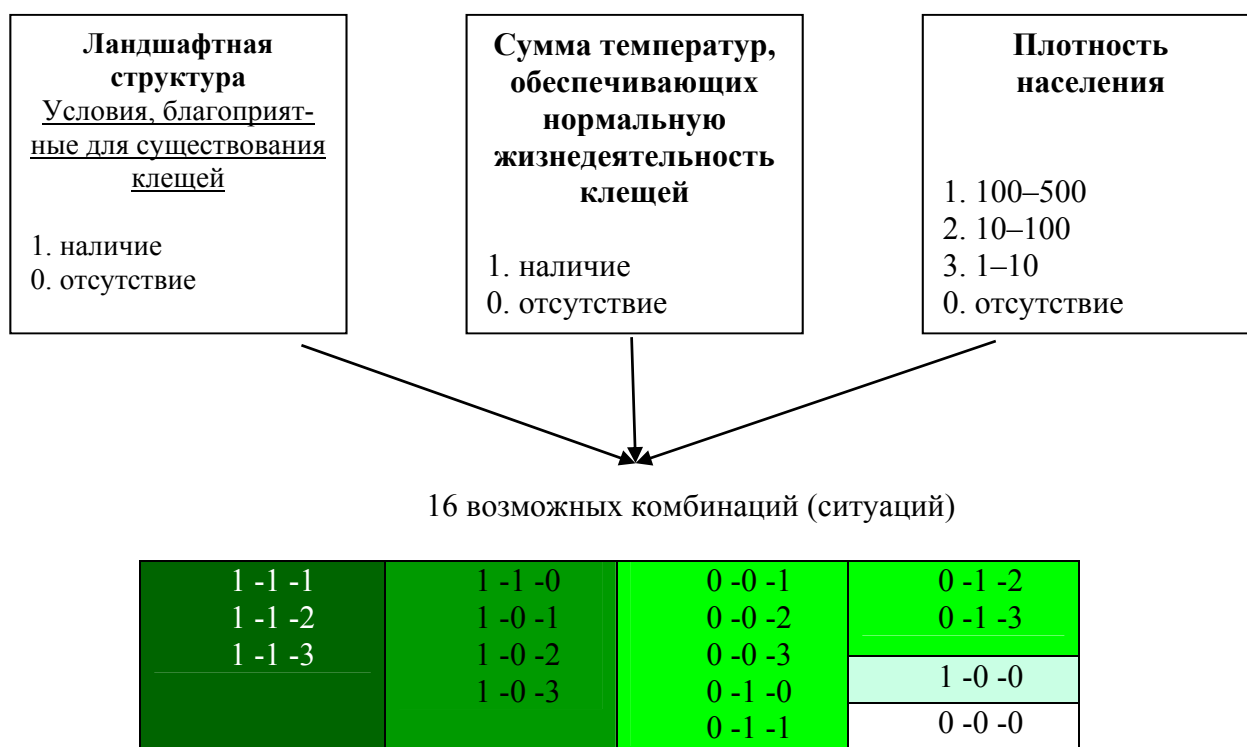


Рис. 3. Возможные комбинации сочетания факторов риска (цвета соответствуют легенде рис. 2).

Заключение

Количество случаев заражения КВЭ, тяжесть протекания заболевания и вовлечение в эпидемический процесс широких слоев населения говорят о необходимости разработки объективных и простых методов оценок опасности возникновения и заражения КВЭ для наблюдения за ситуацией и планирования профилактических мероприятий. Это требует заблаговременной подготовки информации об условиях и предпосылках распространения КВЭ, разработки новых методов автоматизированной обработки информации, геоинформационного картографирования развития ситуации, как в долговременном, так и в оперативном режиме.

Использование для оценки медико-географической ситуации ландшафтной основы позволяет прогнозировать развитие ситуации в изменяющейся природной среде. Появляется возможность не только отслеживать пути трансформации уже существующих очагов инфекции, но и выявлять условия, благоприятствующие формированию новых устойчивых эпидемически активных очагов клещевого энцефалита.

ГИС-технологии создают единое, оптимально организованное информационное пространство изучаемой территории. Они позволяют проводить интегрирование различных факторов, отражающих локально-географические условия возникновения и распространения заболевания. Интегральное значение факторов визуализируется в виде прогнозно-оценочной карты опасности заражения КВЭ и отражает возможность контакта и заражения населения, и в значительной степени зависит от плотности населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вершинина Т. А. Эколого-географический подход при картографировании населения иксодовых клещей // Опыт создания карты иксодовых клещей Азиатской России. Иркутск : Иркут. тип. №1, 1974. С. 9–10.
2. Вершинский Б. В. Картография природноочаговых болезней в связи с изучением их географии в СССР // Медицинская география. Итоги, перспективы : сб. Иркутск : Ин-т географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР, 1964. С. 62–104.
3. Владимиров И. Н., Мясникова С. И., Черкашин А. К. Геоинформационное обеспечение оценки заболевания птичьим гриппом в регионе // Изв. РАН. Серия геогр. 2008. № 2. С. 122–131.
4. Географический обзор Иркутской области [Электронный ресурс]. URL: <http://www.geografia.ru/irkut.html> (дата обращения: 10.07.2017).
5. Курепина Н. Ю. Геоинформационное нозогеографическое картографирование (на примере клещевых зооантропонозов Алтайского края) : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.33. Барнаул, 2010. 211 с.
6. Курепина Н. Ю. Использование ГИС с целью минимизации риска заражения населения Алтайского края природноочаговыми болезнями // Ползунов. вестн. 2011. № 4/2. С. 38–42.
7. Ландшафтно-интерпретационное картографирование / Т. И. Коновалова [и др.]. Новосибирск : Наука, 2005. 424 с.
8. Малхазова С. М. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз : дис. д-ра геогр. наук : 11.00.14. М., 1999. 394 с.
9. Применение ГИС-технологий в сравнительном анализе заболеваемости трансмиссивными клещевыми инфекциями (на примере города Иркутска) / О. В. Мельникова, Е. А. Вершинин, В. М. Корзун, С. И. Лесных, Е. А. Сидорова, Е. И. Андаев // География и природные ресурсы. 2014. № 3. С. 164–172.
10. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М. : Наука, 1981. 488 с.
11. Мясникова С. И., Черкашин А. К. Геоинформационные системы в реализации последовательности процедур системного анализа // ИнтерКарто/ИнтерГИС 10: устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт : материалы междунар. конф., Владивосток, Чанчунь(КНР), 12–19 июля 2004 г. Международная картографическая ассоциация, 2004. С. 36–43.
12. Опыт создания карты иксодовых клещей Азиатской России. Иркутск : Ин-т географии Сибири и Дальнего Востока, 1974. 84 с.
13. Перечень территорий РФ, эндемичных по клещевому энцефалиту (2009–2014 гг.). [Электронный ресурс]. URL: <http://encephalitis.ru/index.php?do=cat&category=spec> (дата обращения: 10.07.2017).
14. Прохоров Б. Б. Опыт медико-географического районирования горнотаёжных территорий // Медицинская география. Итоги, перспективы : сб. – Иркутск : Ин-т географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР, 1964. С. 43–61.
15. Прохоров Б. Б. Медико-географическая информация при освоении новых районов Сибири. Новосибирск : Наука, 1979. 204 с.
16. Сухорукова С. А. Разработка научно-методических основ картографирования природно-очаговых инфекций на примере карт распространения клещевого энцефалита : автореф. дис. канд. техн. наук. Новосибирск, 2006. 18 с.
17. Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): Морфология, систематика, экология, медицинское значение. Л. : Наука, 1985. Р. 416.

УДК 551.576.551.577

Особенности гроз на космических снимках облачного покрова в горных районах Восточных Саян

К. А. Лощенко (loshchenko@bk.ru)

А. М. Ошоров (oshorov_ayusha@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Проведено исследование гроз в горных районах Восточных Саян на основе космических снимков облачного покрова и их сопоставления с синоптическими картами. Выделена мезоструктура грозовых облаков, проанализирована динамика развития конвективных ячеек.

Ключевые слова: грозы, мезоструктура, горные районы, Восточные Саяны.

Введение

Грозы – опасное явление погоды, которое оказывает существенное влияние на различные сферы деятельности человека [9]. Важным инструментом в исследовании гроз, особенно в горных районах, слабо освещённых данными метеорологических наблюдений, являются спутниковые снимки облачного покрова.

Для выявления грозоопасных очагов в горных районах по спутниковым снимкам важно определить текстуру и мезоструктуру облачного поля. Принято выделять пять основных типов мезоструктуры облачного поля грозовых очагов: ячейки, гряды и полосы, крупные скопления Сб, отдельные яркие Сб и мелкие кучевообразные облака. Как правило, преобладают гряды – полосы, скопления Сб и отдельные Сб. В зависимости от занимаемой площади выделяют три группы мезомасштабных грозовых очагов: мезо- α (200–2000 км), мезо- β (20–200 км) и мезо- γ (2–20 км) [12].

Физико-географические условия горной области Восточного Саяна

Отличительной особенностью климата горных районов Восточных Саян являются повышенные суммы солнечной радиации, обусловленные высокой прозрачностью атмосферы, коэффициент которой изменяется от 0,82 (зимой) до 0,74 (летом) и более значительная турбулентность.



Рис. 1. Схема Западного и Восточного Саяна

Изменение атмосферного давления в горных районах Восточных Саян наряду с циркуляционными факторами существенно зависит от абсолютной высоты местности. Ветровой режим в высокогорных районах отличается большим разнообразием, что определяется с одной стороны, общими условиями циркуляции атмосферы, а с другой характером строения рельефа и направленностью хребтов и крупных речных долин.

На наветренных северо-западных склонах Восточного Саяна, ориентированных в направлении господствующих воздушных масс получают развитие восходящие потоки и волновые возмущения, что обуславливает большее количество атмосферной влаги по сравнению с подветренными склонами гор, где развиты нисходящие потоки и процессы размытия облачности.

В высокогорных районах Восточных Саян выделяется максимум числа случаев с грозой, которое по данным [16] в 2000–2013 гг. составило: в июле (21) – ст. Дабады, в августе (20) – ст. Сарам. В многолетней динамике числа дней с грозой в 1961–2013 гг. установлено преобладание циклов короткого периода (≤ 10 лет), среднего (9–16 лет) и длинного (17–32 лет) периодов. В последние годы в высокогорных районах Восточных Саян наблюдается снижение грозовой активности, которое хорошо согласуется с многолетней динамикой грозовой активности над Северным полушарием [7].

В настоящее время в условиях редкой сети данных метеорологических наблюдений возникают трудности в обеспечении полётов малой авиации над высокогорными районами Восточного Саяна фактической и прогностической информацией. Учитывая, что полёты в грозовых облаках категорически запрещены, актуальность исследования гроз на территории Восточного Саяна не вызывает сомнений.

Результаты исследования

В работе выполнено дешифрирование снимков облачности для случаев с грозами на территории Восточных Саян в 2011–2015 гг. Установлено, что в 37 % это были фронтальные грозы, которые на космических снимках имели вид сплошной облачности с вкраплениями кучево-дождевых облаков (рис. 2, в). В 36 % случаев это внутримассовые грозы, которые имели вид отдельных изолированных ячеек (рис. 2, а). Скопления кучево-дождевых облаков при грозах наблюдались в 18 % случаев (рис. 2, б), реже всего (9 %) на снимках облачности отмечалось сочетание ячейковой и грядовой мезоструктуры облаков (рис. 2, г). Размеры грозовых конвективных ячеек изменялись от 11×20 км (мезо- γ масштаб) (рис. 3, а) до 98×316 км (мезо- α масштаб) (рис. 3, б).

Анализ динамики развития конвективных ячеек при образовании гроз в летние месяцы 2014 и 2015 гг. показал следующее. Выявлено увеличение размеров конвективных ячеек в дневные и вечерние часы, что отражает вклад термической составляющей в развитии конвекции. В некоторых случаях происходил очень быстрый распад отдельных ячеек конвективного комплекса, в ряде случаев после затухания вновь возобновлялся конвективный рост облака. В большинстве рассмотренных случаев примерно за три часа размер конвективных ячеек увеличивался вдвое. Также в ряде случаев размеры конвективных ячеек долгое время практически не менялись.

На рис. 4 в качестве примера показано развитие конвективных ячеек 27 июня 2014 г. накануне схода селя в п. Аршан. Видно, как в течение менее 2 ч происходило быстрое развитие конвективного комплекса в северо-западной части горной системы Восточного Саяна.

Исследование высоты верхней границы грозовых облаков по космическим снимкам показал, что в большинстве случаев (≥ 70 %) она составляла 8800–9600 м (рис. 5, б). В середине лета грозовые облака нередко пробивали тропопаузу (рис. 5, г).

Таким образом, горные районы Восточного Саяна – уникальный регион для исследования грозовых процессов. Особенно актуальны такие работы в свете развития спутниковых данных, которые позволяют исследовать мезомасштабную структуру грозовых облаков, чего нельзя было сделать раньше, используя только синоптические карты.

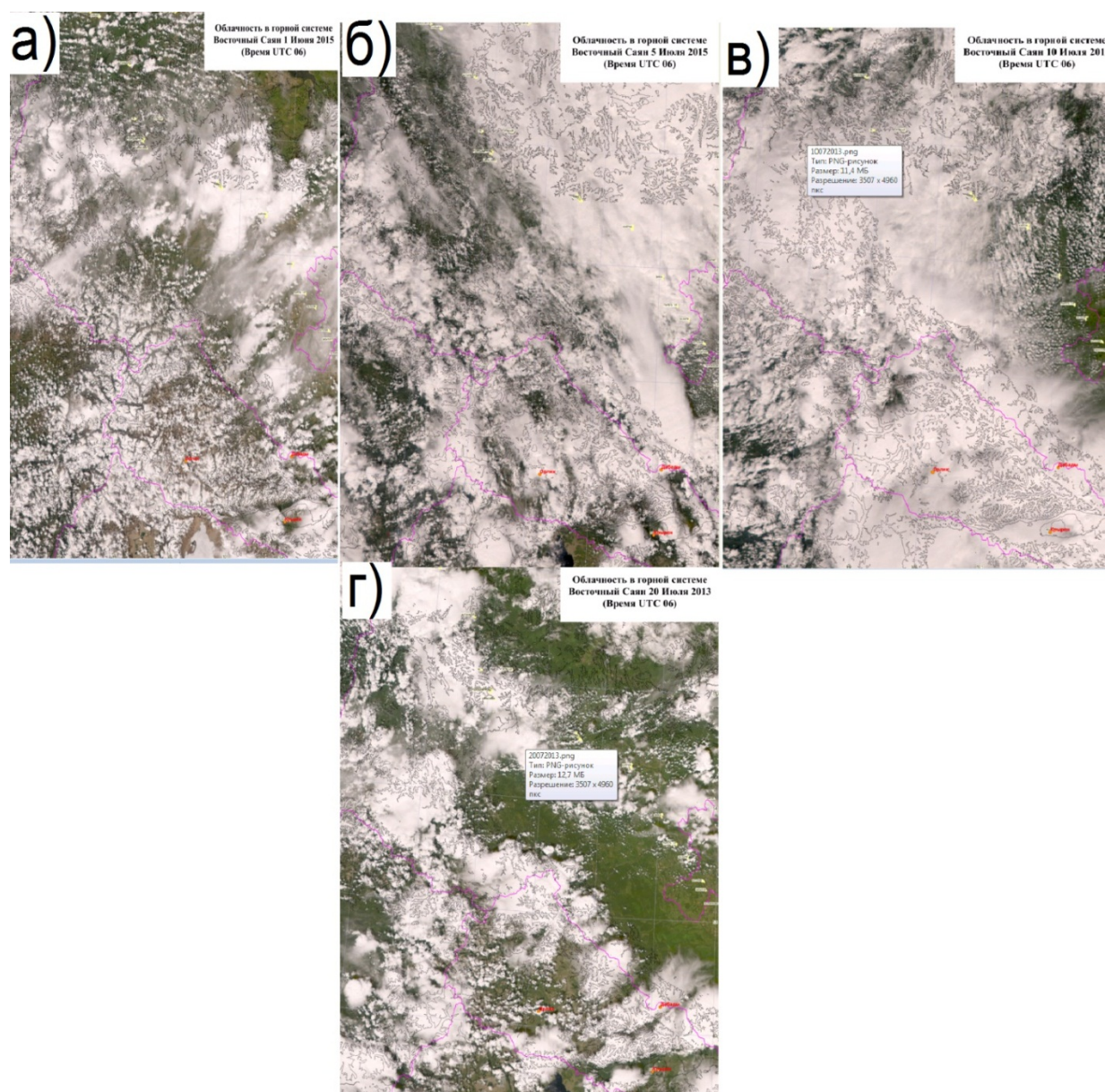


Рис. 2. Примеры мезоструктуры грозовых облаков на космических снимках «Тетра» в горных районах Восточных Саян

Примечание: Восточные Саяны обведены фиолетовым контуром

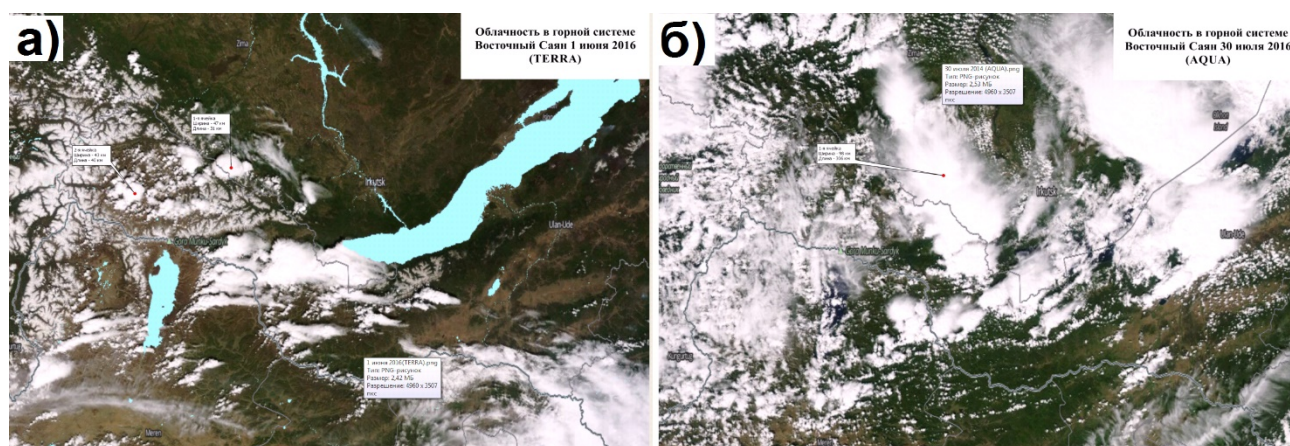


Рис. 3. Грозовые облака на территории Восточного Саяна
01.06.2016 (а) и 30.07.2016 (б)

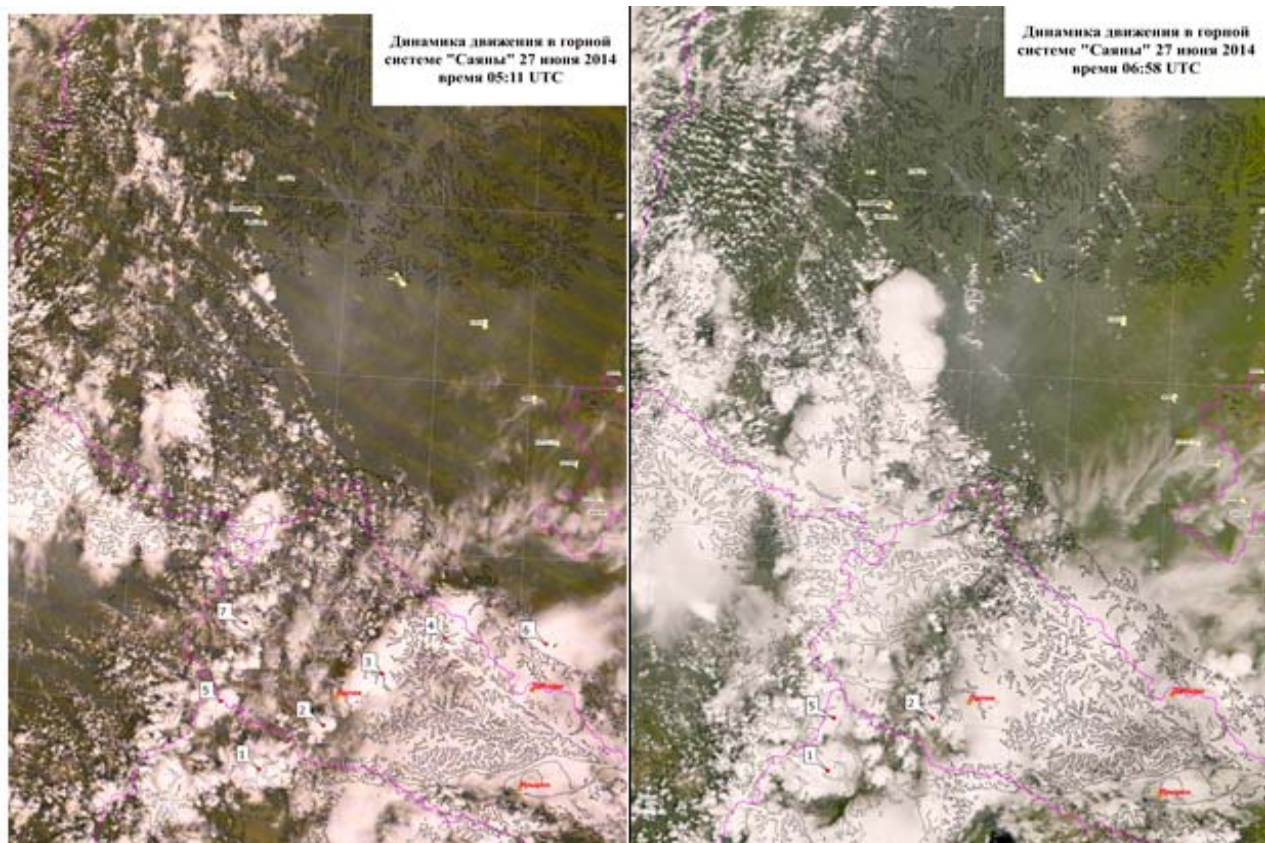


Рис. 4. Снимки облачности 27 июня 2014 г. в 05.11 и 06.58 всв

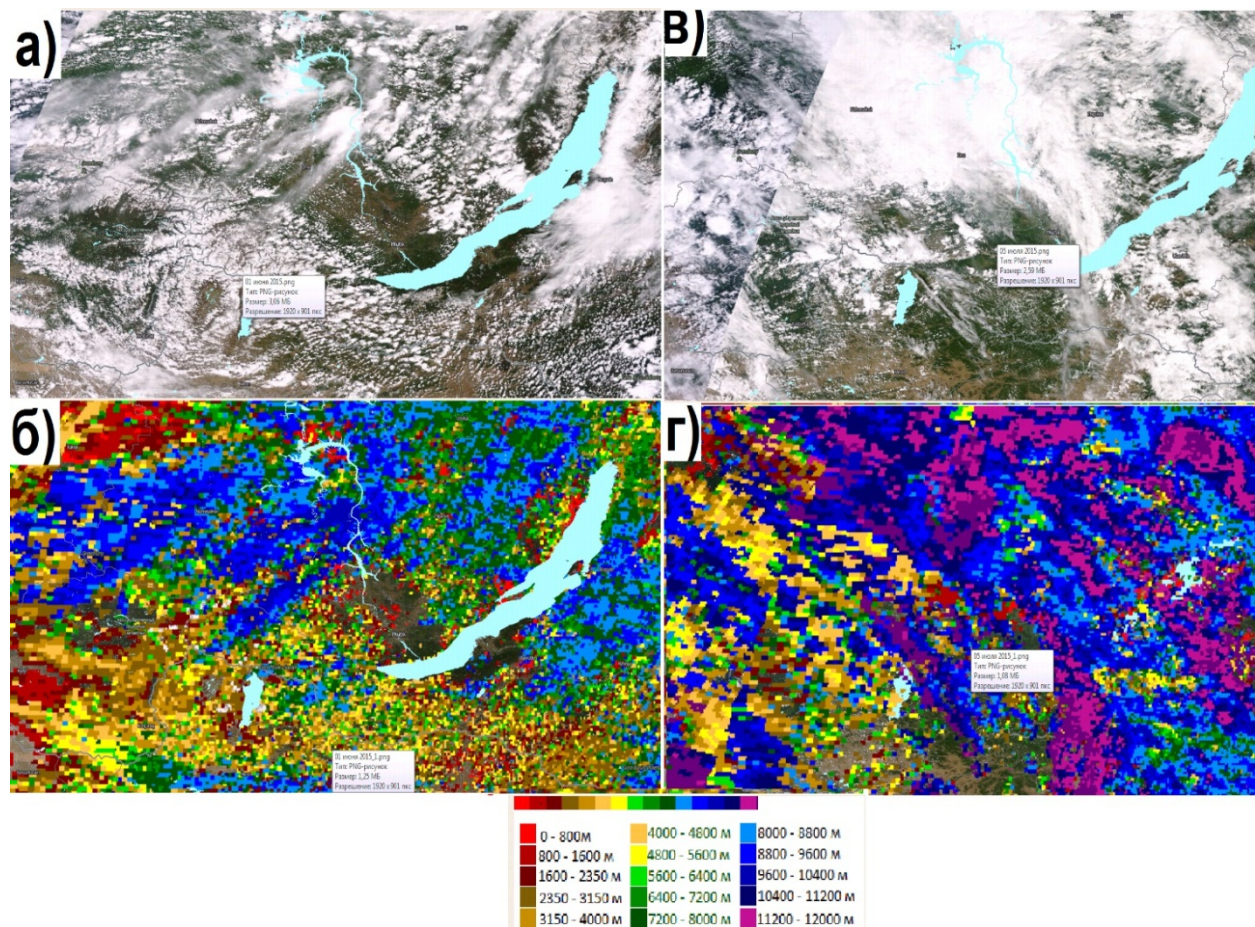


Рис. 5. Снимок облачности и высота её верхней границы 01.06.2015 (а, б) и 05.07.2015 (в, г)

Заключение

Использование космических снимков облачности позволяет проводить исследование мезоструктуры грозовых облаков в горных районах Восточных Саян, в образовании которых по данным летних месяцев 2014 и 2015 г. превалировало влияние орографии (64 %).

На территории Восточных Саян в 2011–2015 гг. преобладали грозовые очаги β (20–200 км) и γ (2–20 км) мезомасштабов.

Анализ динамики развития конвективных ячеек в дневные часы показал, что формирование конвективного комплекса может произойти в течение около часа. Интересно, что после затухания может вновь возобновиться конвективный рост облака.

Для прогноза сильных гроз в горных районах Восточных Саян важно учитывать не только интенсивный прогрев в дневные часы, но и адвекцию тёплого воздуха.

Установлена преобладающая градовая высоты облаков 8800–9600 м. Однако в дальнейшем необходимо проводить сопоставление полученных характеристик с данными непосредственных наблюдений на метеорологических станциях.

Данное направление исследований можно считать как одно из наиболее перспективных, учитывая редкую сеть метеорологических станций в горных районах и необходимость заблаговременного прогноза гроз, как явления, представляющего опасность для малой авиации и других сфер деятельности человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева А. А. Распознавание конвективных стихийных явлений погоды на основе цифровой информации с ИСЗ с целью их сверхкраткосрочного прогноза // Тр. Гидрометцентра России. 2000. Вып. 335. С. 59–73.
2. Амбрози П., Вельтищев Н. Ф. Использование данных о мезомасштабных особенностях облачности в анализе погоды. Л. : Гидрометеиздат, 1973. – 150 с.
3. Богаткин О. Г., Геворгян А. М. Расчёт параметров конвекции при обильных ливневых дождях в Армени // Проблемы лётной эксплуатации и безопасность полётов. 2009. Вып. 3. С. 74–79.
4. Василевский К. Д., Садоков В. П. Одномерная модель формирования кучевого облака // Тр. Гидрометцентра России. 2010. Вып. 344. С. 99–113.
5. Выркин В. В., Опекунова М. Ю. Строение рельефа речных долин Окинского плоскогорья (Восточный Саян) // География и природные ресурсы. 2015. № 2. С. 106–113.
6. Горбатенко В. П., Дульзон А. А. Влияние изменения подстилающей поверхности на грозовую активность // География и природные ресурсы. 1977. № 2. С. 142–146.
7. Горбатенко В. П., Константинова Д. А. Временная структура грозовой активности над Томской областью и Алтаем // VII Всероссийская конференция по атмосферному электричеству : сб. тр. СПб., 2012. № 12. С. 53–55.
8. Калинин Н. А., Фрик Л. В., Смирнова А. А. Исследования влияния рельефа Пермского края на распределение полей осадков // Геогр. вестн. Перм. гос. ун-та. 2008. № 2 (8). С. 117–125.
9. Опасные явления погоды юга России / под ред. Л. Н. Карлина. СПб. : Изд-во ВВМ, 2006. 216 с.
10. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды / под ред. И. В. Ветлова, Н. Ф. Вельтишева. М: Гидрометеиздат, 1982. 342 с.
11. Толмачева Н. И. Дистанционные методы исследования мезометеорологических процессов. Пермь : Перм. гос. ун-т, 2010. 200 с.
12. Толмачева Н. И., Ермакова Л. Н. Мезоструктурные особенности атмосферных фронтов по радиолокационной и спутниковой информации // Геогр. вестн. 2009. № 3 (11). С. 7–14.
13. Толмачева Н. И., Ермакова Л. Н. Восстановление метеорологических полей по спутниковым и радиолокационным изображениям облачности // Геогр. вестн. 2010. № 1 (12). С. 11–18.
14. Толмачева Н. И., Ермакова Л. Н. Динамика развития градовой облачности в Пермском крае // Геогр. вестн. 2011. №4 (19). С. 18–25.
15. Толмачева Н. И. Исследование динамики конвективной облачности по радиолокационной информации // Геогр. вестн. 2010. №4 (15). С. 22–34.
16. Шахаева Е. В. Конвективные явления на территории Иркутской области в 2000–2013 гг. // Изв. Иркут. гос. ун-та Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 12. С. 136–152.
17. Akaeda K., Reisner K., J. D. Parsons The role of mesoscale and topographically induced circulations initiating a flash flood

УДК 911.2 (571.531)

Природные катастрофы как фактор полихронности ландшафтной структуры Тункинской котловины

Ж. В. Атутова (atutova@mail.ru)

С. А. Макаров

Институт географии СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. Среди экзогенных процессов, активно проявляющихся в пределах Тункинской котловины и ее горного обрамления, в статье рассмотрено формирование селевых потоков. Представлена схема современной ландшафтной структуры северной части Тункинской котловины с отраженными на ней селевыми зонами, сформированными после природной катастрофы 2014 года. Детально проанализированы долины ряда рек, последствия схода селей по руслам которых имели разрушительный характер.

Ключевые слова: катастрофа, селевые потоки, последствия, ландшафтная структура.

Постановка проблемы

Основополагающее влияние на становление современной ландшафтной структуры Тункинской котловины (юго-западное Прибайкалье) оказали геолого-геоморфологические процессы, предопределившие формирование горно-котловинного рельефа, уникальность которого определяется сочетанием в сравнительно небольших границах разнообразных форм. Их многообразие и особенности строения обуславливают дифференциацию микроклиматических условий, сказывающихся, в свою очередь, на зонально-высотно-поясных различиях в распространении почвенно-растительного покрова, что, в целом, приводит к развитию гольцовых и подгольцовых, а также горно-таежных и подгорных таежных геосистем. Их функционирование протекает в условиях интенсивного воздействия современных экзогенных процессов, среди которых в пределах котловины наиболее развиты флювиальные, эоловые и эрозионные, а на склонах высокогорий – селевые и обвально-осыпные.

Проявление экзогенных процессов усиливает полихронность ландшафтной структуры Тункинской котловины и ее горного обрамления. Причиной последнего «обновления» ландшафтной дифференциации явилась природная катастрофа 28 июня 2014 г., когда в результате выпадения ливневых осадков по долинам горных рек, берущих начало со склонов Тункинских Гольцов, прошли паводки и сошли селевые потоки. В результате в пределах наклонных предгорных равнин и аллювиальной низины сформировались аккумулятивные комплексы наносов различного состава, внеся изменения в ландшафтный рисунок горно-таежных и подтаежных геосистем Тункинской котловины и ее горного обрамления. Анализ произошедших ландшафтных трансформаций в зонах воздействия селей является главной целью данной работы.

Объекты, территория и методы исследования

Основными объектами исследований выступают геосистемы, образованные в результате схода селевых потоков в пределах ключевого участка, включающего северную часть собственно Тункинской котловины и ее горное обрамление.

В пределах исследуемого участка переход поверхности днища котловины в склоны Тункинских Гольцов резкий и крутой; крутизна горных склонов превышает $30\text{--}35^{\circ}$ [2, 9]. Вертикальная амплитуда рельефа достигает 1740 м – от 2544 м в вершинной части Тункинских Гольцов северо-восточнее пос. Аршан до 804 м на урезе р. Кынгарга [2]. Ландшафтная структура в условиях переходной зоны от котловины к горам характеризуется распространением гольцовых альпинотипных, горно-таежных темнохвойных, горно-таежных лиственничных, а также подгорных и межгорных понижений подтаежных лугово-степных геомов, относящихся к североазиатским гольцовым и таежным геосистемам [6].

Данная территория является весьма репрезентативной с точки зрения проявления катастрофических природных явлений. Восточный Саян, в целом, и хребет Тункинские Гольцы, в частности, являются наиболее селеопасной зоной на юге Восточной Сибири; повторяемость схода катастрофических селевых потоков составляет 16–40 лет [2]. Первая задокументированная информация о селях относится к событию, произошедшему 2 августа 1903 г.; следующие селевые сходы произошли в 1912, 1952, 1962 и 1971 гг. [10]. По генезису формирования сели характеризуются как водограекаменные и граекаменные [2]. Кроме этого, в виду сильной залесенности территории довольно часто твердая составляющая селей насыщена деревьями – до 30 % от общей массы селевых отложений [7].

Для отражения достоверной информации об основных факторах ландшафтообразования нами в ходе полевых работ (2014–2016 гг.) в пределах различных геоморфологических поверхностей проведены комплексные физико-географические описания. На их основе совместно с материалами лесотаксации [4], топографическими и тематическими картами [6], а также совместно с результатами дешифрирования космических снимков Landsat ETM составлена ландшафтная карта ключевого участка в масштабе 1:100 000.

В основу положено учение о геосистемах В. Б. Сочавы, его структурно-динамическое направление [16; 17]. Опираясь на методику ландшафтного картографирования В. С. Михеева [12], мы в своей работе использовали 5-ступенчатую структуру легенды, объединяющую геосистемы трех порядков размерностей: тип природной среды – класс геомов – геом – класс фаций – группа фаций. Основой для их выделения послужила карта «Ландшафты юга Восточной Сибири» [6], согласно которой, планетарные и региональные комплексы территории ключевого участка представлены Североазиатскими гольцовыми и таежными геосистемами, состоящими из гольцового и подгольцового Восточно-Саянского, а также горно-таежного Южно-Сибирского классов геомов. В их пределах обозначены четыре геом – низшие подразделения региональной размерности, объединяющие сходные по структурно-динамическим показателям классы фаций. Обозначенные нами классы фаций территориально совпадают с границами морфологических элементов поверхности (крутосклоновые высокогорья Тункинских Гольцов, предгорная наклонная равнина и область молодых погружений, представленная многоозерьем), ландшафтные особенности которых составляет широкий спектр групп фаций, представляющих совокупность фаций с однотипными растительными сообществами в пределах генетически единых поверхностей [15].

Динамический критерий отражается через выделение групп фаций с естественным состоянием и групп фаций, характеризующих их производные состояния. Переменные состояния природного инварианта, отражающие типы использования земель, обозначены нами как геотехносистемы [16]. В результате выделено 4 класса фаций, в пределах которых обособлено 6 групп фаций и 5 антропогенно-преобразованных комплексов, отнесенных к геотехносистемам. В силу влияния антропогенного фактора некоторые группы фаций в естественном состоянии не находят своего проявления в ландшафтной структуре ключевого участка, поэтому на карте большая их часть представлена производными состояниями.

Решая задачу отражения влияния катастрофических экзогенных процессов на ландшафтный облик территории, нами при картографировании ключевого участка обособлены комплексы селевых геосистем, выделение которых осуществлено посредством дешифрирования разновременных космоснимков, а также с помощью снимков, полученным с применением БПЛА.

Результаты

Как было отмечено выше, дифференциация составляющих современной ландшафтной структуры Тункинской котловины и ее горного обрамления определяется сочетанием разнообразных форм рельефа – резко расчлененного высокогорья, предгорной наклонной равнины и озерно-болотной низины. С севера котловину окружают отроги Восточного Саяна – Тункинские Гольцы – ледниково-эрозионные горы, вертикальное расчленение которых составляет 600–1200 м, а абсолютная высота достигает 3284 м (пик Стрельникова) [19]. Горное обрамление круто (до 30–40°) обрывается к впадине [9]. Крутосклонный альпинотипный характер рельефа Тункинских Гольцов отражается на дифференциации почвенно-растительного покрова, что приводит к различиям в ландшафтной структуре, подчиненных высотной поясности. В пределах вершинного пояса получает развитие гольцовый и подгольцовый Восточно-Саянский класс геомов, в составе которого выделены гольцовые альпинотипные геомы [6]. Для данного пояса обособлен класс фаций резко расчлененного альпинотипного рельефа высокогорий с разреженным растительным покровом, развивающийся на горно-тундровых гольцово-дерновых почвах [1, 14].

Территория, лежащая ниже подгольцовой зоны, отнесена к горно-таежному Южно-Сибирскому классу геомов, в пределах которого склоны высокогорий принадлежат горно-таежным темнохвойным геомам ограниченного развития [6]. В лесном поясе Тункинских Гольцов до 1700 м доминируют кедровые леса, ниже которых на высоте 800–1000 м распространены лиственничники. Это позволило в пределах крутых горных склонов выделить лиственнично-кедровый класс фаций, развивающийся на горных мерзлотно-таежных почвах [1; 14] (рис. 1).

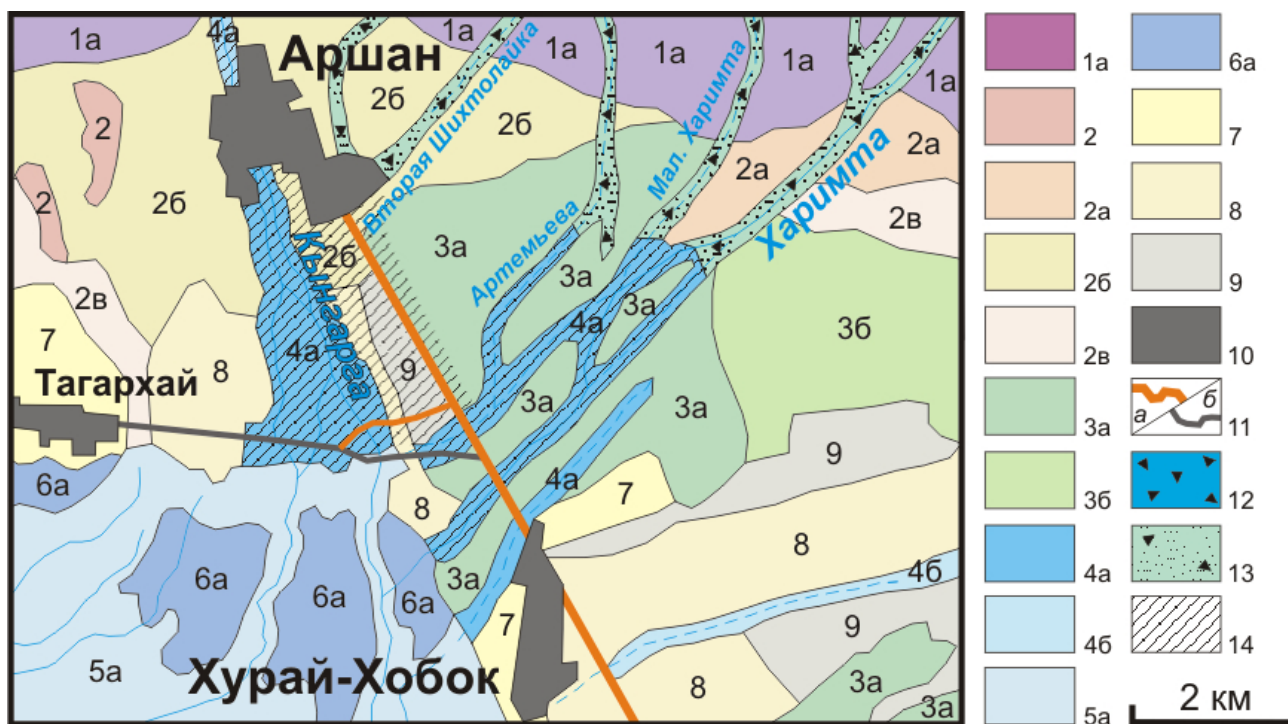


Рис. 1. Ландшафтная карта Тункинской котловины (фрагмент)

Легенда

СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ ГОЛЬЦОВЫЕ И ТАЕЖНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ**КЛАСС ГЕОМОВ: ГОРНО-ТАЕЖНЫЕ ЮЖНО-СИБИРСКИЕ****Геомы: Горно-таежные темнохвойные ограниченного развития**

Класс фаций: Крутых горных склонов лиственнично-кедровый на горных мерзлотно-таежных почвах

1 – крутых склонов кедровые с лиственницей кустарничково-зеленомошные, местами с бада-ном (нет на фрагменте)

1а – крутых склонов и склонов средней крутизны кедрово-сосново-лиственничные с примесью березы зеленомошно-травяные

Геомы: Горно-таежные лиственничные оптимального развития

Класс фаций: Предгорных наклонных равнин сосново-лиственничный на горно-таежных дерновых почвах

2 – пологих склонов и склонов средней крутизны лиственничные с участием кедра и сосны ку-старничково-травяно-зеленомошные

2 а – пологих склонов и склонов средней крутизны березово-кедрово-сосновые с примесью лиственницы зеленомошно-кустарничково-травяные

2 б – пологих склонов и склонов средней крутизны лиственнично-березово-сосновые с примесью кедра травяно-кустарничковые

2 в – пологих склонов и склонов средней крутизны осиново-сосново-березовые с примесью лиственницы и кедра кустарничково-травяные, местами кустарничково-травяно-зеленомошные

3 – пологих склонов лиственнично-сосновые травяно-кустарничковые (нет на фрагменте)

3 а – пологих склонов осиново-березово-сосновые с примесью лиственницы кустарничково-травяные, местами зеленомошно-травяно-кустарничковые

3 б – пологих склонов сосново-березовые с примесью осины и лиственницы кустарничково-травяные

4 – долин рек лиственнично-еловые зеленомошно-травяные (нет на фрагменте)

4 а – долин рек лиственнично-елово-сосновые с примесью березы зеленомошно-кустарничково-травяные

4 б – долин рек травяно-осоковые луга, местами заболоченные, с зарослями березы и ивы вдоль русел, задействованные под сенокосы и пастбища

Геомы: подгорные и межгорных понижений подтаежные лугово-степные

Класс фаций: Плоской озерно-аллювиальной равнины преимущественно лугово-болотный на лугово-черноземных и торфянисто-перегнойно-глеевых почвах

5 – озерно-болотной низины разнотравно-осоковые, местами разнотравно-хвощевые заболоченные луга (нет на фрагменте)

5 а – озерно-болотной низины разнотравные и разнотравно-злаковые заболоченные луга с зарослями ивы и ерника, задействованные под сенокосы и пастбища

6 – озерно-болотной низины пологие склоны лиственнично-еловые травяно-зеленомошные (нет на фрагменте)

6 а – пологих склонов долин березово-лиственнично-еловые травяно-зеленомошные, местами заболоченные

ГЕОТЕХНОСИСТЕМЫ

Плоского слабонаклонного рельефа шлейфов, конусов выноса и внутренних дельт сельскохозяйственные угодья на агроземах

7 – пашни

8 – пологих склонов остепненные разнотравно-вострецовые луга (залежь), местами с сосново-березовым и березово-сосновым подростом, используемые под сенокосы и пастбища

9 – пологих склонов разнотравные луга с колками сосново-березового и березово-соснового молодого леса (зарастающая пашня), используемые под сенокосы

Селитебные и транспортные объекты

10 – населенные пункты

11 – автомобильные дороги (а – шоссейные, б – грунтовые)

СЕЛЕВЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

(переменные состояния геосистем долинных комплексов)

12 – глубоковрезанных речных долин высокогорий зона зарождения и транзита грязекаменных потоков, а также зона аккумуляции валунных наносов (нет на фрагменте)

13 – речных долин предгорных территорий зона транзита водогрязевых потоков и аккумуляции влекомых (валунных и древесных) наносов

14 – пойм и речных долин равнинных территорий, а также линейных селитебно-транспортных объектов зона транзита водогрязевых потоков и аккумуляции взвешенных (песчано-глинистых) и древесных наносов

Северные краевые части котловины вдоль подножий Тункинских Гольцов – это своего рода переходная зона от гор к днищам впадин [19]. Наибольшее развитие здесь имеют горно-таежные дерновые почвы [11], образованные на аллювиально-пролювиальных отложениях [14]. Здесь получили распространение горно-таежные листовенные геомы оптимального развития [6]. Однако преимущественно южная экспозиция предгорий обусловила значительное распространение на их склонах сосновых лесов, что позволило выделить сосново-лиственничный класс фаций, в структуре которого в силу влияния антропогенного фактора повсеместное распространение получили трансформированные хвойно-мелколиственные комплексы.

Непосредственно в пределах котловины плоские поверхности зон современного тектонического опускания и их неполная компенсация осадками способствовали образованию уникального ландшафтного комплекса, сформированного болотами, озеровидными расширениями русел, а также многоозериями [3; 19]. Согласно карте «Ландшафты юга Восточной Сибири» [6] обозначенные территории находятся в области распространения подгорных и межгорных понижений подтаежных лугово-степных геомов, которые составляет лугово-болотный класс фаций на лугово-черноземных и торфянисто-перегнойно-глеевых почвах [3; 13].

Наряду с естественным ходом развития геосистем на формирование ландшафтной структуры оказывает влияние осуществление хозяйственной деятельности, что выразилось в образовании селитебных комплексов и расширении коммуникационно-транспортной инфраструктуры, в сведении лесов под сельскохозяйственные угодья, в увеличении площади производных мелколиственных лесов.

Выше перечисленные основные ландшафтные комплексы ключевого участка в той или иной степени подверглись воздействию от прошедшего паводка и схода селевых потоков. Высокогорный рельеф хребта Тункинские Гольцы, на склонах которого за летний период выпадает до 72 % годовой нормы осадков, создает идеальные условия для формирования селей, местом зарождения которых являются кары, выполняющие роль коллекторов сбора выпавших осадков. 28 июня 2014 г. ливневые осадки насытили водой склоновые отложения, которые, потеряв сцепление, пришли в движение. Грязекаменная масса начала спускаться из распадков временных и постоянных водотоков, вовлекая в движение пролювиально-аллювиальные отложения, а также древесную растительность, произрастающую в долинах.

Водонасыщенные отложения склонов и днищ каров сошли по глубоковрезанным долинам рек Артемьева, Первая и Вторая Шихтолайка, Харимта, Малая Харимта и трем безымянным ручьям. В пределах слабонаклонной части Тункинской котловины селевые грязекаменные потоки, снизив скорость, остановились, не дойдя нескольких сот метров до пос. Аршан. Исключением стал сошедший по долине р. Вторая Шихтолайка сель, который достиг северо-восточной части поселка, повредив значительную часть строений микрорайона и корпусов находящегося рядом центра медицинской реабилитации «Сагаан-Дали». Также достигли пос. Аршан грязекаменные отложения, снесенные водным потоком по долине безымянного ручья, который берет начало из второго кара Тункинских Гольцов.

Значительные изменения в природную картину внесли также наносоводные потоки, транзит и аккумуляция которых связаны как с природными (долины рек, ложбины стока), так и антропогенными (дороги, сельскохозяйственные угодья) объектами. Слоем песчано-глинистых отложений до нескольких десятков сантиметров покрыта долина р. Кынгарга, которая принесла основной объем паводковых вод в пос. Аршан. Мощный поток воды вызвал абразию берегов и днища речной долины, вследствие чего в массовом количестве в движение были вовлечены вывороченные с корнями деревья и кустарники, сформировавшие многочисленные завалы. В ряде мест отложился супесчаный материал мощностью до 45 см.

Для отражения произошедших изменений при картографировании ландшафтной структуры ключевого участка нами выделены комплексы селевых геосистем. В высокогорной зоне Тункинских Гольцов, представленной узкими скалистыми гребнями и пиками, которые разделены глубокими цирками, карами и троговыми долинами, распространение получили ложбинные крупноглыбовые комплексы, образованные оползнями-сплывами (рис. 2). Их сход в результате ливневых осадков 28 июня 2014 г. стал причиной трансформации в гольцовой зоне каменистых пустошей с мохово-лишайниковыми тундрами, а в подгольцовой – лиственнично-кедровых редколесий с дриадово-кобрезиевым травяным покровом.

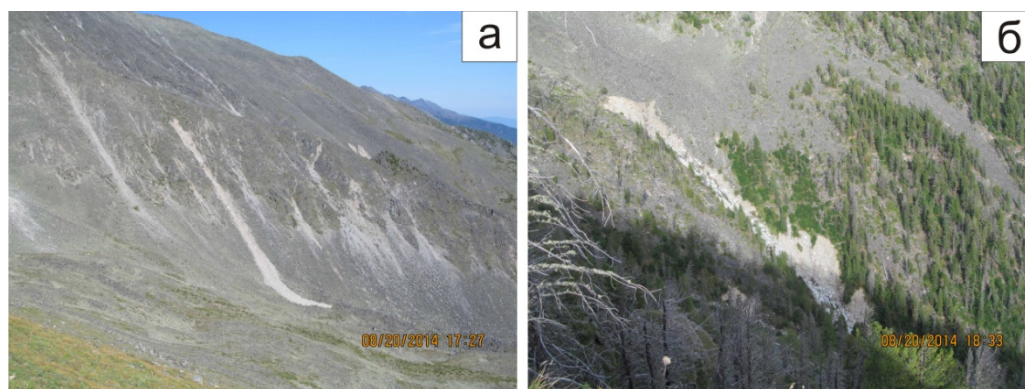


Рис. 2. Оползни-сплывы на склонах первого кара хребта Тункинские Гольцы:
а – гольцовый и подгольцовый ярусы, б – граница подгольцового и лесного ярусов

При анализе лесотаксационных материалов конца XX века выявлено широкое распространение в долинах горных рек глыбовых и валунно-галечных отложений, указывающих на их аккумуляцию в результате проявления гравитационных процессов, в том числе селевых. Учитывая масштабы распространения последних сошедших селевых потоков, в глубокоэрозанных речных долинах высокогорий выделены зоны зарождения и транзита грязекаменных потоков, а также зона аккумуляции валунных наносов, уничтожившие сосново-лиственничные с елью и кедром кустарничково-зеленомошные леса.

В пределах переходной зоны от равнины к горам сошедшие селевые потоки внесли наиболее масштабные изменения в ландшафтную структуру. Краевые части котловины вдоль подножий Тункинских Гольцов характеризуются наклонной поверхностью, крутизна которой у подножий достигает 8–10°, постепенно уменьшаясь вглубь озерно-аккумулятивной равнины [9]. Территория представляет собой слившиеся воедино древние конусы залповых и локальных выносов селей в Тункинскую котловину [7]. В долинах, врез которых достигает 10–20 м, преобладает грубообломочный материал – валунники и галечники [5]. После последнего селесобытия в ландшафтной структуре долин среднего и нижнего течений рек Артемьева, Первая и Вторая Шихтолайка, Харимта, Малая Харимта и трех безымянных ручьев, берущих начало из первого, второго и четвертого каров Тункинских Гольцов, обособляются зоны транзита водогрязевых потоков и аккумуляции влекомых валунных и древесных наносов.

Наиболее масштабными явились последствия селевого схода по долине реки Вторая Шихтолайка – мощность влекомого материала достигла 3–3,5 м; ширина фронтальной части в зоне аккумуляции составила 325 м, уничтожив лиственнично-березово-сосновые с примесью кедра кустарничково-травяные леса (рис. 3, а). Лиственнично-березово-сосновые с примесью ели зеленомошно-кустарничково-травяные леса долины безымянного ручья, берущего начало из второго кара Тункинских Гольцов, были повреждены древесно-каменными наносами, образованными по периметру грязекаменных селевых зон (рис. 3, б). Общая длина прохождения данного селя равняется 5,5 км. Зона зарождения от этого расстояния составила 71 %, транзита – 11 % и аккумуляции – 18 %.

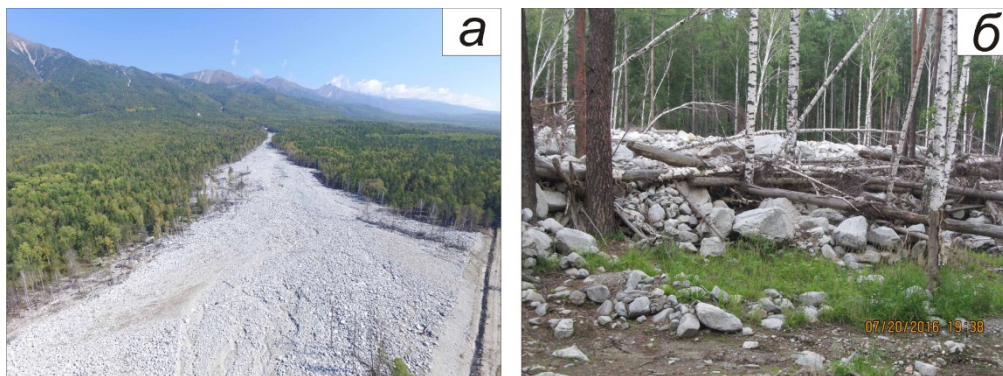


Рис. 3. Зоны аккумуляции влекомых валунных и древесных наносов:

- а – фронтальная часть грязекаменного селя, сошедшего по р. Вторая Шихтолайка;
 б – древесно-каменные наносы в долине безымянного ручья, берущего начало из второго кара хребта Тункинские Гольцы

Изменения в ландшафтный рисунок ключевого участка грязе- и водокаменные потоки внесли также и за счет своего влияния в перестройку речной сети рек. Так в результате закупорки русла р. Харимта селевыми отложениями в нескольких сотнях метров выше развилки рек Харимта и Малая Харимта (рис. 4 а) водный поток сместился левее и продолжил свое движение по ранее сухой безымянной ложбине, склоны которой покрыты сосново-березовыми с примесью осины и лиственницы кустарничково-травяными лесами (4 б).



Рис. 4. Долина реки Харимта после прохождения селевого потока:

- а – грязекаменные отложения, закупорившие русло р. Харимта;
 б – новое место прохождения постоянного водотока р. Харимта

В районе контакта с озерно-аллювиальной равниной обособлена зона транзита водогрязевых потоков и аккумуляции взвешенных песчано-глинистых, а также древесных наносов, в область воздействия которой после прохождения последних селевых потоков попали долины рек Кынгарга (рис. 5, а), Харимта и Малая Харимта (рис. 5, б) с распространенными в их пределах лиственнично-елово-сосновыми зеленомошно-кустарничково-травяными лесами. Кроме этого основными направляющими потоков паводковых вод явились линейные объекты хозяйственной структуры (улицы поселков, автодороги), что привело к подтоплению частных подворий, подмыву дорожного полотна, аккумуляции наносов в лесных массивах и сельскохозяйственных угодьях, прилегающих к автодороге (рис. 5, в).

Наибольшие изменения в результате произошедших катастрофических явлений претерпели биотические компоненты геосистем. Селевые потоки, а также потоки паводковых вод негативно отражаются на растительном покрове, уничтожая его на площадях в десятки гектаров [8]. Так, например, в результате создания берегоукрепительных валов в долине реки Кынгарга в окрестностях с. Тагархай были истреблены долинные комплексы, представленные елово-сосновой растительностью с ивовыми зарослями (рис. 6).



Рис. 5. Зоны аккумуляции песчано-глинистых и древесных наносов в долинах рек после прохождения паводка, спровоцированного ливневыми осадками и сходом селевых потоков 28 июня 2014 г.: а – аккумуляция взвешенных песчаных наносов на пойменной террасе левобережья реки Кынгарга; б – аккумуляция взвешенных песчано-глинистых, а также древесных наносов в низовьях долины реки Малая Харимта; в – поток взвешенных наносов в лесном массиве вдоль автодороги к пос. Аршан



Рис. 6. Селезащитные мероприятия в долине р. Кынгарга в окрестностях с. Тагархай: панорамный снимок БПЛА (а), показывающий нарушенность долинных ландшафтных комплексов в результате создания берегоукрепительных валов выше моста через реку (б), которые уничтожили елово-сосновые с ивой травяные леса (в), сохранившиеся в долине ниже моста (стрелками указаны места, отраженные на врезках б и в)

Произошедшие изменения, вероятно, будут иметь долговременный характер, учитывая, что для зарастания древесными породами селевых конусов, сложенных валунно-галечниковым материалом, требуется порядка 100–150 лет [18]. Однако восстановление травяно-кустарниковой растительности происходит с гораздо более высокой скоростью. Так, например, в долине р. Кынгарага в окрестностях с. Хурай-Хобок спустя два года после паводка наблюдается зарастание 20–40-сантиметрового слоя песчано-глинистых наносов ивой и пятилистником кустарниковым (рис. 7).



Рис. 7. Восстановление ивы и пятилистника кустарникового в составе разнотравно-злаковых групп фаций, нарушенных песчано-глинистыми наносами селевого паводка в долине р. Кынгарга в окрестностях с. Хурай-Хобок: а – июнь 2014 г. (до прохождения паводка), б – август 2014 г. (спустя два месяца после паводка), в – июль 2016 г. (спустя два года после паводка)

Заключение

Таким образом, активизация экзогенных процессов, вызванная селевой активностью, как нельзя лучше подтверждает взаимосвязь катастрофических природных явлений и динамики ландшафтов. Прошедшие селевые потоки явились своеобразным звеном в пространственно-временной динамике геосистем, усилив полихронность ландшафтной структуры. Отмеченные изменения в ландшафтной структуре Тункинской котловины и ее горного обрамления имеют долговременный характер функционирования. Для исследования особенностей восстановления ландшафтных комплексов необходимо мониторинговое наблюдение. Кроме этого целесообразно изучение собственно селевых геосистем в виду того, что уничтожение растительного покрова, увеличение площади незадернованных склонов, сложенных рыхлыми и крупноглыбовыми отложениями, являются причиной активизации опасных экзогенных процессов.

Полученные материалы могут быть использованы при анализе устойчивости территории к опасным экзогенным процессам, в том числе с оценкой селеопасности; материалы применимы при зонировании территории для планировочных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В. М., Будэ И. Ю., Радзиминович Я. Б. Физико-географическая характеристика и проблемы экологии юго-западной ветви Байкальской рифтовой зоны : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 160 с.
2. Борисова Т. А., Волошин А. Л. Чрезвычайные ситуации природного характера в Байкальском регионе. Сели [Электронный ресурс] // CYBERLENINKA. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chrezvychaynye-situatsii-prirodnogo-haraktera-v-baykalskom-regione-seli> (дата обращения: 08.06.2017).
3. Выркин В. Б., Кузьмин В. А., Снытко В. А. Общность и различия некоторых черт природы Тункинской ветви котловин // География и природные ресурсы. 1991. № 4. С. 61–68.
4. Карта-схема лесонасаждений Тункинского национального парка Республики Бурятия. Лесоустройство 1996 г. М-б 1:100000. Рослесхоз: Государственное специализированное лесоустроительное предприятие «Воронежлеспроект» предприятие, 1997.
5. Катастрофические селевые потоки, произошедшие в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г. / С. А. Макаров, А. А. Черкашина, Ж. В. Атутова и др. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2014. – 111 с.
6. Ландшафты юга Восточной Сибири (карта м-ба 1:1 500 000) / В. С. Михеев, В. А. Ряшин. М. : ГУГК, 1977.
7. Причины и последствия катастрофических селевых потоков 28 июня 2014 г. в окрестностях пос. Аршан, Республика Бурятия / В. К. Лапердин, К. Г. Леви, А. М. Лехатинов, А. В. Кадетова, В. А. Пеллинен, А. А. Рыбченко // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5, вып. 3. С. 799–816.
8. Лехатинов А. М., Лехатинова Э. Б. Состояние лесов и краснокнижных видов сосудистых растений Тункинской долины // Биоразнообразие, проблемы экологии горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее : материалы 2-й междунар. конф. Горно-Алтайск : РИО ГАГУ, 2010. С. 201–206.
9. Логачев Н. А., Галкин В. И., Голдырев Г. С. Впадины Байкальской системы // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья / отв. ред. Н. А. Флоренсов. М. : Наука, 1974. С. 21–56.
10. Макаров С. А., Черкашина А. А. Катастрофические селевые потоки в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия, 28 июня 2014 г. // География и природные ресурсы. 2014. № 4. С. 184–185.

11. Мартянова Г. Н., Снытко В. А., Щипек Т. Признаки современных эоловых процессов в Тункинских котловинах (Юго-Западное Прибайкалье). Иркутск : Ин-т географии СО РАН, 1998. 56 с.
12. Михеев В. С. Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири. Новосибирск : Наука, 1987. 208 с.
13. Николаев И. В., Ногина Н. А., Уфимцева К. А. Степень изученности и характер почвенного покрова Бурят-Монгольской АССР // Природные Богатства и народное хозяйство Бурят-Монгольской АССР. М. : Изд-во АН СССР, 1953. – С. 201–215.
14. Почвенно-географическое районирование СССР (в связи с сельскохозяйственным использованием земель) / отв. ред. П. А. Летунов. М. : Изд-во АН СССР, 1962. 424 с.
15. Семенов Ю. М. Ландшафтное картографирование для целей рационального природопользования // География и природные ресурсы. 1985. № 2. С. 22–27.
16. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1978. 320 с.
17. Сочава В. Б. Структурно-динамическое ландшафтоведение и географические проблемы будущего // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. 1967. Вып. 16. С. 18–31.
18. Ступин В. П., Пластинин Л. А., Сыренов Д. Г. Картографирование и морфодинамический анализ селевых процессов Тункинской котловины // CYBERLENINKA [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kartografirovaniye-i-morfodinamicheskiy-analiz-selevykh-protsessov-tunkinskoy-kotloviny> (дата обращения: 08.06.2017).
19. Щетников А. А., Уфимцев Г. Ф. Структура рельефа и новейшая тектоника Тункинского рифта (Юго-Западное Прибайкалье). М. : Научный мир, 2004. 160 с.

УДК 581.55

Сукцессионные стадии пирогенных ландшафтов Байкальского региона

М. А. Жарникова (zharnikova@binm.ru), Ж. Б. Алымбаева

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ

Аннотация. Пирогенный фактор наряду с эдафическими условиями, температурным режимом и увлажнением играет первостепенную роль в нарушении растительного покрова лесостепной зоны и приводит к значительному изменению экологических условий. Наиболее существенной причиной, определяющей динамику сообщества, является степень пирогенного нарушения фитоценоза. В работе представлены результаты геоботанических исследований растительности на пирогенных ландшафтах Байкальского региона. В качестве объектов исследований были изучены лесные пожары разной интенсивности и различной давности. Для выявления экологических факторов разнообразия растительности применен метод ординации. Установлено, что, формирующиеся растительные сообщества на пирогенных участках различаются по структуре согласно элементам рельефа. В целом же сукцессионный процесс протекает, подчиняясь общим закономерностям.

Ключевые слова: пирогенные ландшафты, стадии сукцессии, Байкальский регион.

Наиболее существенной причиной, определяющей динамику сообщества, является степень пирогенного нарушения фитоценоза. В 2015–2016 гг. проводились мониторинговые исследования влияния пожаров на сообщества сосновых лесов на выбранных модельных полигонах: в окрестностях с. Новоильинск, п. Ташелан и с. Шулута Заиграевского района, с. Куорка Кижингинского района и с. Ключи Иволгинского района. В качестве объектов исследований были изучены лесные пожары различного периода и разной интенсивности. Описание структуры и состава фитоценозов на гарях выполнялось при проведении маршрутных и стандартных методов геоботанических исследований, проводились геоботанические описания. Для изучения эколого-географической и эколого-биоморфологической структуры применялись методы аналитических исследований. Анализ биоморф проведен в соответствии с основными положениями биоморфологической классификации И. Г. Серебрякова [1; 2]. Отнесение растений к той или иной экологической группе дано по классификации Е. П. Прокопьева [3]. Для выявления экологических факторов, с которыми связано разнообразие расти-

тельности, был применен метод ординации. Для каждого описания вычислялось его положение на градиентах увлажненности и богатства-засоленности почв.

На всех исследуемых участках присутствует подрост *Pinus sylvestris*. Возраст подроста соответствует давности последнего пожара, средняя высота подроста достигает 1,5–2 м. На гари наблюдаются значительное количество валежа. Древостой существенно пострадал от огня, что привело к гибели 90 % деревьев. На исследуемых гарях около 15 % сухих деревьев остаются на корню, часть поврежденных сосен (до 35–40 %) вываливаются.

Общее проективное покрытие (ОПП) травостоя варьирует в пределах 40–45 %. В восстанавливающемся на гарях напочвенном покрове наблюдается разрастание разнотравных гаревых, лесостепных и степных видов растений (*Chamaenerion angustifolium*, *Corispermum sibiricum*, *Artemisia frigida* и др.). Обилием видов выделяются лесостепная (*Phleum phleoides*, *Polygonatum obovatum* и др.) и горно-степная (*Festuca sibirica*, *Diantus versicala* и др.) группы, что связано с особенностью растительности горной экспозиционной лесостепи. Мохово-лишайниковый ярус отсутствует, что объясняется их чувствительностью к огню и медленным восстановлением.

В более горелых участках разрастаются кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium*), из разнотравья (*Veronica incana*, *Lupinaster pentaphyllum*), рыхлокустовые и корневищные злаки (*Cleistogenes squarrosa*, *Carex duriuscula*).

Флористический состав ценокомплекса включает 52 вида сосудистых растений, относящихся к 42 родам и 19 семействам.

Распределение состава по главнейшим таксонам надсемейственных рангов высших сосудистых растений (табл. 1) показывает, что основу флоры составляют покрытосеменные – 98 % от общего числа видов, из них 80,7 % приходится на долю двудольных, на однодольные приходится 17,6 %. Это объясняется приуроченностью исследуемой флоры к склонам южной экспозиции в полосе горной лесостепи и степной зоне.

Расположив слагающие флору семейства в порядке убывания видового богатства, можно выделить 4 ведущих семейства *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Poaceae*, *Fabaceae* флоры. Отмечается высокое обилие растений из семейства *Fabaceae* (*Trifolium lupinaster*, *Vicia cracca*, *Medicago falcata* и др.), которые в естественных условиях слабо конкурируют со злаковыми растениями за элементы питания.



Рис. 1. Контрольный участок с. Новоильинск



Рис. 2. Контрольный участок п. Ташелан



Рис. 3. Контрольный участок с. Шулуца

Таблица 1

Систематический состав флоры

Систематическая группа	Число			% от общего числа видов
	семейств	родов	видов	
Голосеменные	1	1	1	2
Покрытосеменные	18	40	50	98
В том числе:				
Однодольные	3	7	9	17,3
Двудольные	15	34	42	80,7
Всего	19	42	52	100

Экологическая структура флоры отражает количественное распределение видов по норме реакции на влияние прямодействующих экологических факторов, определяющихся особенностями климата, рельефа, почв и т. п. (Дидух, 1998) и отражает местные условия, в которых существует флора на современном этапе развития.

Экологическая структура выявлена нами на основе анализа групп растений по отношению к фактору увлажнения почвы, одному из важнейших лимитирующих факторов в жизни распространении растений. Анализ литературных и собственных данных по распространению видов позволил выделить 3 группы – эуксерофиты, эумезофиты и группу ксеромезофитов, которая включает в себя мезоксерофиты как экологически близкие виды.

Соотношение видов по экологическим группам показало значительное преобладание ксеромезофитов, обладающих повышенной физиологической устойчивостью к засухе. К ним относятся *Scorzonera radiata*, *Serratula centauroides*, *Plomoides tuberosa*, *Sanguisorba officinale* и другие характерные для каменисто-щебнистых склонов и светлых лесов. К видам приспособившимся к постоянному или временному недостатку влаги в почве – ксерофитам – относятся такие виды, как *Cleistogenes squarrosa*, *Chamerion angustifolium*. 20 % от общего состава ценофлоры приходится на мезофиты (*Stellaria media*, *Geranium pseudosibiricum*, *Sanguisorba officinale*).

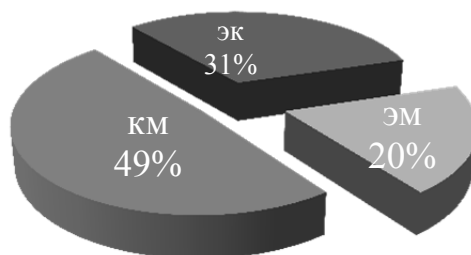


Рис. 4. Соотношение видов по экологическим группам:
ЭМ – мезофиты, КМ – мезоксерофиты, ЭК – ксерофиты

Как основу для биоморфологического анализа мы принимаем наиболее подробно разработанную для семенных растений классификацию И. Г. Серебрякова, с использованием литературных данных.

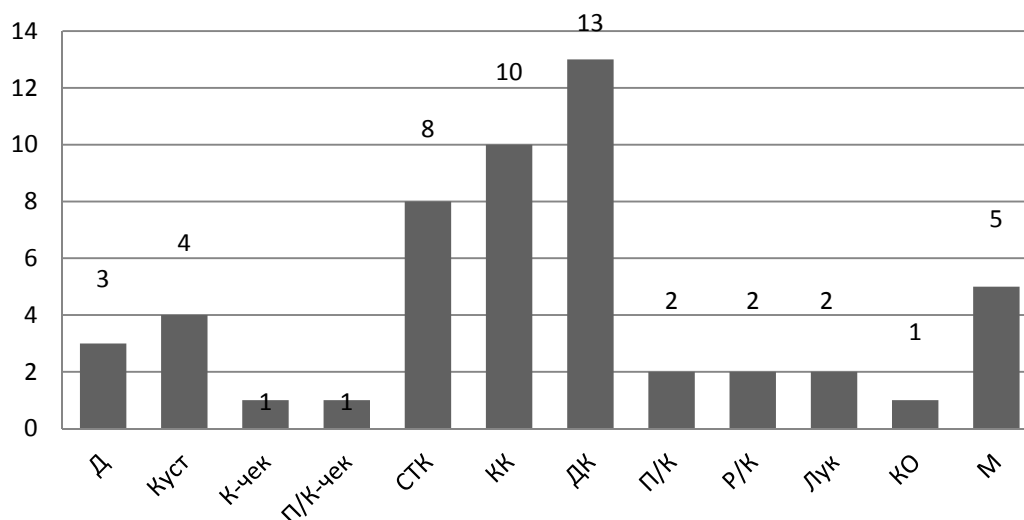


Рис. 5. Спектр жизненных форм:

Примечание: Д – дерево, Куст – кустарник, К-чек – кустарничек, П/Куст – полукустарник, П/К-чек – полукустарничек, СТК – стержнекорневые, КК – короткокорневищные, ДК – длиннокорневищные, П/К – плотнокустовые, Р/К – рыхлокустовые, Лук – луковичные, КО – корнеотпрысковые, КЛК – клубнекорневые, М – одно-двулетники. Числами дано количество видов

На открытых гарях разрастаются кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium*), доминируют рыхлокустовые и корневищные злаки (*Cleistogenes squarrosa*, *Carex duriuscula*), которые являются конкурентно более сильными видами. Корневищные травы быстрее осваивают свободную территорию, подавляя рост видов других биоморф. Преобладающие виды *Corispermum sibiricum* и *Chamerion angustifolium*, разрастаясь, образуют кольца вокруг сгоревших сосен.

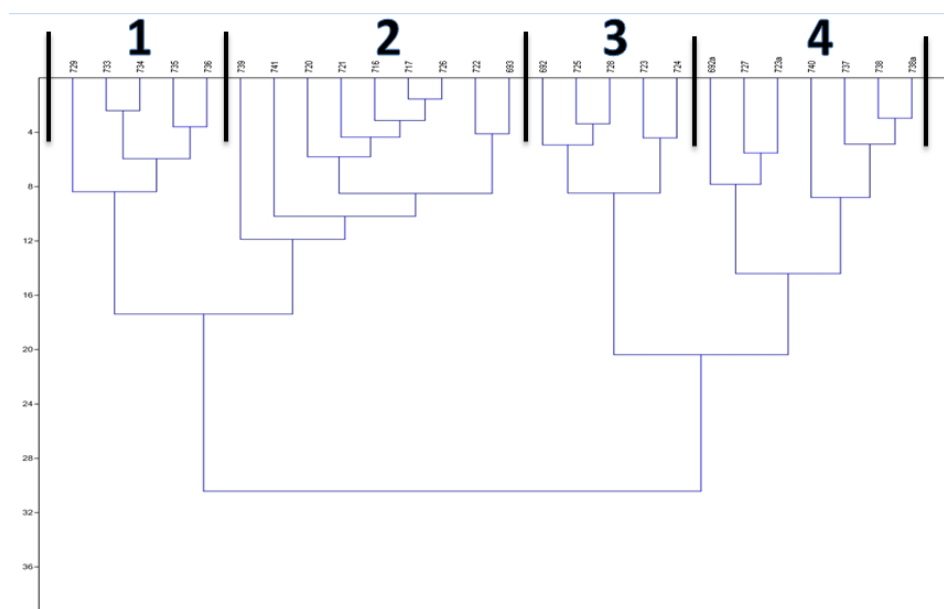


Рис. 6. Дендрограмма сходства первичных ценофлор по коэффициенту Жаккара.
Примечание: 1 – кустарниково-разнотравно-кипрейное сообщество, 2 – злаково-кипрейное, 3 – березово-осиново-кипрейное, 4 – разнотравно-кипрейное

Описания были дифференцированы по принципу однородности флористического состава, преобладающих видов горизонтального сложения сообществ и на основе построенной диаграммы по методу Уорда выделено 4 группы: кустарниково-разнотравно-кипрейное, злаково-кипрейное, березово-осиново-кипрейное, разнотравно-кипрейное формации.

Соотношение экологических особенностей растительности на гарях удалось получить ординацией (рис. 7). Первая ось ординации отражает распределение синтаксонов по степени увлажнения, вторая ось показывает положение сообществ относительно богатства-засоленности почв.

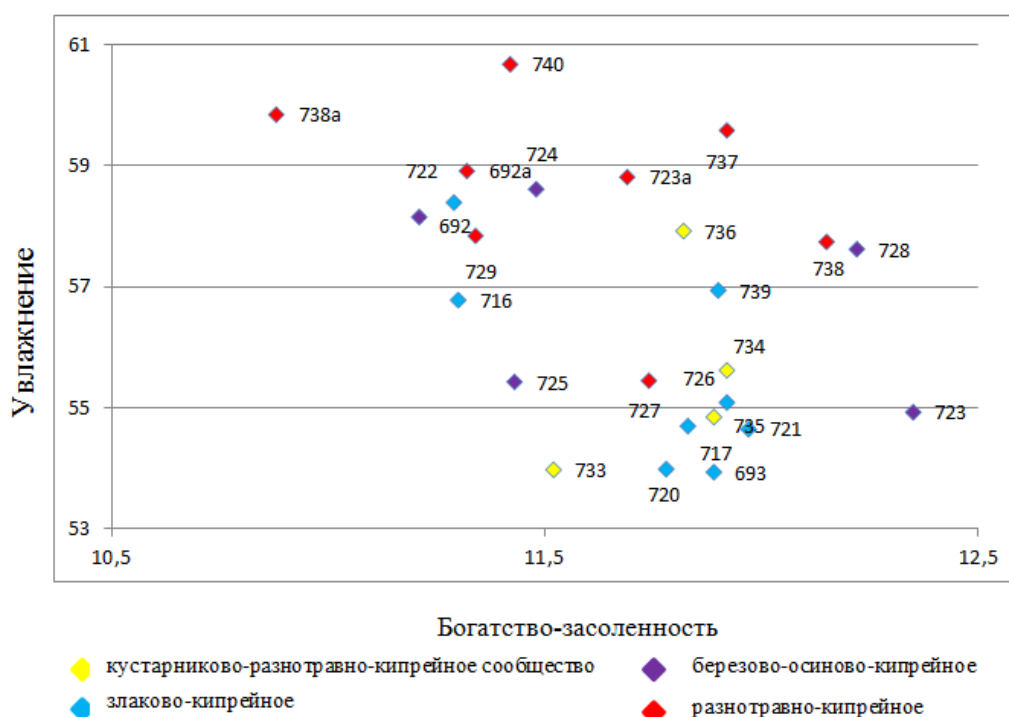


Рис. 7. Ординационная схема распределения пирогенных сообществ по фитоиндикационным статусам в осях двух эдафических факторов – богатства и увлажнения почв

Результаты ординаций распределения сообществ на гарях по факторам увлажненности и засоленности-богатства почв показывают, что на достаточно увлажненных почвах разрастаются разнотравно-кипрейные сообщества с сорными видами растений. На почвах с меньшим увлажнением появляются кустарники и преобладают кустарниково-разнотравно-кипрейные сообщества. Срединное положение как по градиенту увлажненности, так и по градиенту засоленности-богатства почв занимают злаково-кипрейные сообщества. Березово-осиново-кипрейные сообщества имеют более широкую амплитуду на градиентах ДСА– ординации в связи с преобладанием мелколиственных пород в составе фитоценозов, характерных для срединных сукцессионных стадий и являющихся менее требовательными к условиям среды.

Отмечается общая схема смены сообществ: на первых этапах формируется пионерная стадия восстановления растительности на гарях, характеризующаяся быстрым зарастанием сорными видами, в основной массе представленная одно-двулетними видами. После пионерной стадии формируются разнотравные фитоценозы с проявлением осок и доминированием *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. Следующая стадия характеризуется появлением кустарниковых популяций до сложных комбинаций с разнотравно-злаковыми ценозами с появлением интенсивного подроста сосны и мелколиственных пород (*Populus tremula* L., *Betula platyphylla* Sukacz.). И одна из поздних стадий, представленная сложными комплексами, сочетаниями, где восстановление древостоя происходит со сменой пород – подросты мелколиственных видов обгоняют в росте подрост сосны обыкновенной. Выделенные стадии сукцессии в пределах одного модельного полигона на разных формах рельефа протекают неодинаково (см. рис. 1).

В большинстве изученных сообществ (с. Новоильинск, п. Ташелан) к настоящему времени стабилизировалось положение ценозообразователей, в роли которых выступают злаки. Мониторинговые участки с. Шулута и с. Куорка характеризуются ранними стадиями постпирогенной сукцессии, в фитоценозах которых, отмечено доминирование нескольких видов, что связано с ослабленной конкуренцией, позволяющей в достаточной степени развиваться сразу нескольким видам. Видовой состав на участках с выгоревшей почвой относительно скуден. Данные сообщества имеют значительную степень пирогенных нарушений, что проявляется в стабильности положения *Chamanerion angustifolium* (L.) Scop., относительно поздним вселением *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. и низкими показателями прироста кустарников. На модельных полигонах в окрестностях с. Шулута и с. Куорка отмечается увеличение видов с каждым годом, следовательно, характеризуются как ранние стадии сукцессии, а на других участках (с. Новоильинск, п. Ташелан) наблюдается сохранение и даже уменьшение числа видов, что соответствует более поздним стадиям сукцессии.

Рельеф на пожарищах сильно влияет на скорость пирогенной сукцессии [4], поэтому на модельных полигонах в горной местности (Иволгинский район, с. Ключи; Заиграевский район, с. Шулуты) геоботанические описания выполнены на разных элементах рельефа по принципу вертикального профиля (низина, подножье, склон, вершина). При более детальной характеристике в понижениях на высоте 816–837 м. произрастают злаково-разнотравные сообщества. Общее проективное покрытие (ОПП) 45 %, мохового яруса – 5 %. Доминантные виды выделить невозможно, но отмечено относительное обилие *Chamanerion angustifolium* (L.) Scop., *Atriplex sibirica* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. и *Festuca* sp. Из разнотравья встречаются *Serratula centauroides* L., *Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schlecht., *Galium verum* L. Кустарниковый ярус и подрост деревьев отсутствует. На склоне восточной экспозиции в отличие от низинных фитоценозов выделяются ярусы сообществ. ОПП травостоя варьирует в пределах 40–45 %. Высота травостоя в среднем – 12 см. На некоторых полигонах в зависимости от степени пирогенной нарушенности присутствуют упавшие стволы сгоревших сосен, их сучья и кора, вносящие осложнения в структуру фитоценозов постепенным зарастанием лишайниковыми и моховыми популяциями. На высоте 851 м. отмечается появление кустарниковых сообществ (*Spiraea media* F. Schmidt, *Cotoneaster melanocarpus* Fischer ex Blytt., *Rosa acicularis* Lindl.). На высоте 868 м. появляется подрост мелколиственных пород

(*Populus tremula* L., *Betula platyphylla* Sucacz.), в меньшем количестве подрост *Larix sibirica* Ledeb. и *Pinus sylvestris* L. Возраст подростка соответствует давности последнего пожара, средняя высота подростка достигает 0,9 м. Также выделяется кустарниковый ярус. ОПП увеличивается до 55–60 %. В травяном ярусе позиции сорных видов уменьшается, а доля разнотравья и злаковых видов увеличивается. На высоте 878 м. располагаются ложбины на склонах, которые характеризуются наличием злаково-разнотравных сообществ, схожих с сообществами в понижении. Растительные сообщества здесь более угнетенные, имеют меньшие размеры надземной части. Далее вверх по склону на высоте 897 м. отмечается наличие кустарниково яруса, на уровне 915 м и выше появляется подрост деревьев. Вершина на высоте 940 м. также занята остепненными фитоценозами с кустарниковыми сообществами.

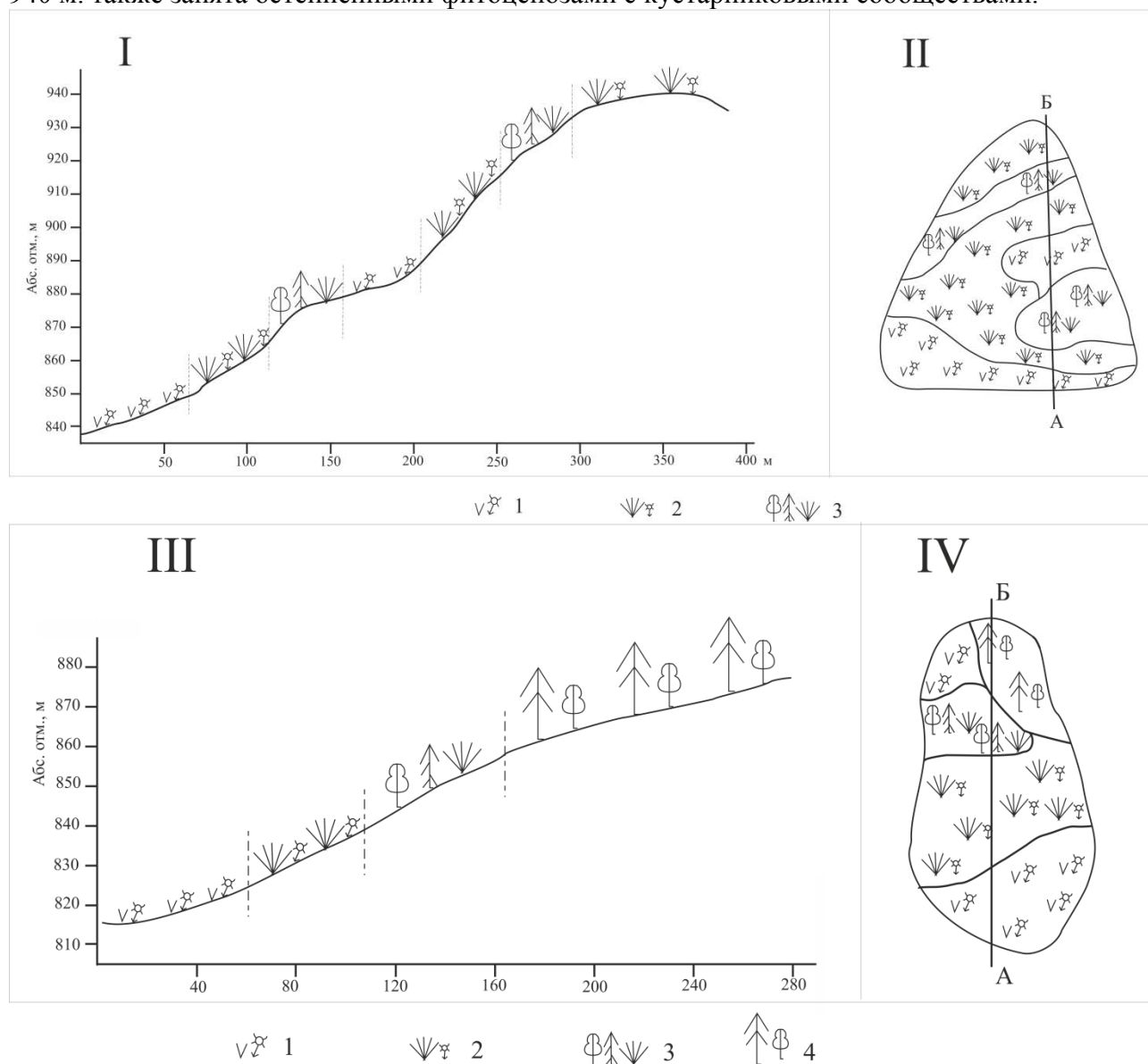


Рис. 8. Схематический профиль распределения растительности (Иволгинский район)

I–II – профиль и план ключевого участка № 1, III–IV – профиль и план ключевого участка № 2; А–Б – и линия схематических профилей; 1 – злаково-разнотравные сообщества (ОПП – 45 %, Доминантные виды выделить невозможно, но преобладают *Chamaenerion angustifolium*, *Atriplex sibirica*, *Calamagrostis epigeios* и *Festuca* sp.); 2 – разнотравно-кустарниковые степи (ОПП – 40–45 %, отмечается наличие кустарниковых сообществ (*Spiraea media*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Rosa acicularis*); 3 – разнотравно – кустарниковые степи с подростом древесных пород (ОПП – 55 %) подрост *Populus tremula*, *Betula platyphylla* в меньшем количестве подрост *Larix sibirica* и *Pinus sylvestris*); 4 – Сосновый лес с мелколиственным подростом (*Populus tremula*, *Betula platyphylla*)

Доминанты те же, что и в предыдущем варианте кустарниковых фитоценозов – *Spiraea media*, *Cotoneaster melanocarpus*. Вместе с тем, на вершине отмечается наличие кустарников рода *Caragana*, отсутствующих до этого. ОПП травостоя варьирует в пределах 45–50 %. Высота травостоя средняя – 14 см. На вершинах увалов и в низинах появляются представители семейства бобовых, на склоне возрастает доля осок. Осоково-разнотравная стадия хорошо выражена в понижениях, кустарниковая стадия на склонах и вершинах. Соответственно формирующиеся растительные сообщества на пирогенных участках различаются по структуре согласно элементам рельефа.

В сравнении с контрольным участком (не подверженный пожарам), на горях наблюдается снижение общего продуктивного покрытия и увеличение количества сорных, адвентивных видов растений. Сукцессионный процесс протекает, подчиняясь общим закономерностям: смена однолетних видов-доминантов многолетними. Отмечено, что на вершинах и склоне процесс идет быстрее, чем в понижениях. При изучении стадий вторичной послепожарной сукцессии на данных мониторинговых полигонах наблюдается динамика восстановительных смен сообществ от простых сообществ к стадии сложных сообществ.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ (грант № 15-45-04444-р_сибирь_а «Пирогенные ландшафты Байкальского региона: возникновение, эволюция, геохимия и геоэкология»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М. : Высш. шк., 1962. 378 с.
2. Серебряков И. Г. Жизненные формы растений и их изучение // Полевая геоботаника. М. ; Л. : Наука, 1964. Т. 3. С. 145–205.
3. Прокопьев Е. П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы): учебник. Томск : Том. гос. ун-т, 2001. 340 с.
4. Малиновских А. А. Анализ растительного покрова на горях в Приобских борах через 10 лет после пожара // Вестн. АГАУ. 2009. № 6. С. 34–38.

ПРИРОДНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РОССИИ: УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 39(571. 53)

Современное состояние охотничьего промысла и его экономическое значение для эвенков Иркутской области

В. Н. Курдюков (vit. kurdyukov@list.ru)

¹ Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Исследовано современное состояние охотничьего промысла родовых общин эвенков Иркутской области за период с 2006 по 2015 г.

Ключевые слова: традиционное природопользование, коренные малочисленные народы, охотничий промысел, пушнина, эвенки, тофалары, родовые общины, Иркутская область

Введение

Процессы глобализации, фундаментальные изменения в структуре национальной экономики, в демографии, рост антропогенного воздействия на экосистемы и изменения климата существенно влияют на развитие традиционного хозяйствования коренных малочисленных народов Иркутской области.

В Иркутской области формируются общины эвенков, которые ведут охотничий промысел. Площадь их охотничьих угодий составляет 4724,6 тыс. га, выделяемая из охотфонда района (по данным 2015 г.) [4].

Основная причина организации родовых общин в Иркутской области в состояла в стремлении обрести свои права на территории для их использования для охоты [3]. Угодья каждой охотничьей группы не везде представляют собой единый массив в связи с гарями или с разбросанностью удобных для промысла мест. Занимаемые эвенками охотугодья являются лучшими, преимущественно они заселены соболем, рысью, горностаем, выдрой, белкой и др. Интенсивность использования охотугодий находится в зависимости от сезонов промысла [1; 2].

Охотничий промысел, включает добычу пушнины, копытного зверя и птицу. При исследовании показателей добычи пушнины нами брались сведения за период с 2006 по 2015 г.

В настоящее время на территории области функционируют следующие эвенкийские общины [2]:

1. Объединение эвенкийских родовых общин «Гиркил»;
2. Община коренных малочисленных народов Севера «Илэл»;
3. Вершино-Хандинская эвенкийская община;
4. Охотничье-промысловое хозяйство родовых общин эвенков «Тутура»;
5. Территориально-соседская эвенкийская община коренных малочисленных народов Севера «Ика».

Родовыми охотничье-промысловыми хозяйствами Иркутской области в среднем за период с 2006 по 2015 гг. (10 лет) было добыто 133149 штук или 69 % промысловых животных

таких как белки, соболь, кононок, бурый медведь, косуля и кабарга, лось, боровая дичь. Однако в связи с отсутствием данных в отдельные годы или даже большими временными периодами мы не смогли рассмотреть динамику добычи таких промысловых видов животных, как американская норка, лисица, ондатра, россомаха, заяц-беляк, волк, благородный олень, дикий северный олень, изюбр и др., а это около 31 %, или порядка 58880 особей. Другие объекты имеют очень малое значение, такие как горностаи, рысь, выдра [5].

Методика исследования

В работе были использованы историко-сравнительный, сравнительный, историко-типологический (в частности, для установления сходства и различия в хозяйственной деятельности), статистический (при работе с цифровыми данными).

Обобщенный материал по традиционному хозяйству коренных малочисленных народов Иркутской области представляет практический интерес для региональных и местных органов управления, разрабатывающих и реализующих концепцию программы развития этих народностей в новых исторических условиях. В практическом применении материалы исследования могут быть использованы при выработке экономических аспектов в национальной политике.

Результаты исследования

Был рассчитан процентный вклад в общую добычу различных видов диких животных за период 2006–2015 гг. Выявлено, что наибольший процентный вклад 59 % от общей добычи принадлежит белке, 23 % приходится на боровую дичь. Всего 1–2 % приходится на добычу лосей, косули, кабарги и бурого медведя (рис. 1).

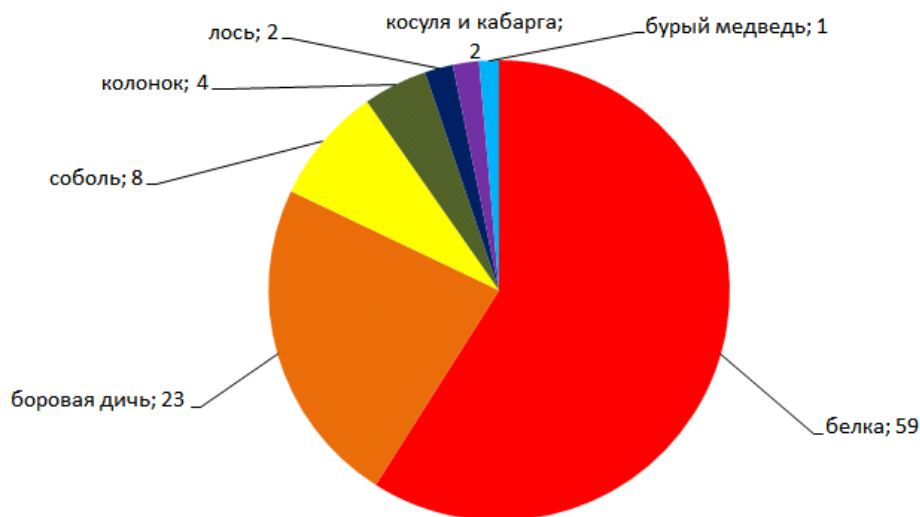


Рис. 1. Средняя годовая добыча промысловых животных родовыми охотничье-промысловыми хозяйствами Иркутской области

В динамике общей добычи в исследуемый период выделено три категории изменчивости (рис. 2). Происходит уменьшение добычи пушных зверей – колонка, соболя и белки. Наряду с этим возросла добыча боровой дичи, лося, косули и кабарги. Нет четкой тенденции в добыче бурого медведя.

Таким образом, добыча редких видов пушных зверей уменьшается, например, на соболя за последние 10 лет на 24 %, но существенно возросла добыча лося на 79 % и боровой дичи на 32 % (рис. 3) [4; 5].

Установлено, что лидером по добыче боровой дичи, соболя, колонка, косули и кабарги, а также бурого медведя является Объединение эвенкийских родовых общин «Гиркиль» (рис. 4).



Рис. 2. Динамика добычи охотничье-промысловыми хозяйствами за 2006–2015 гг.

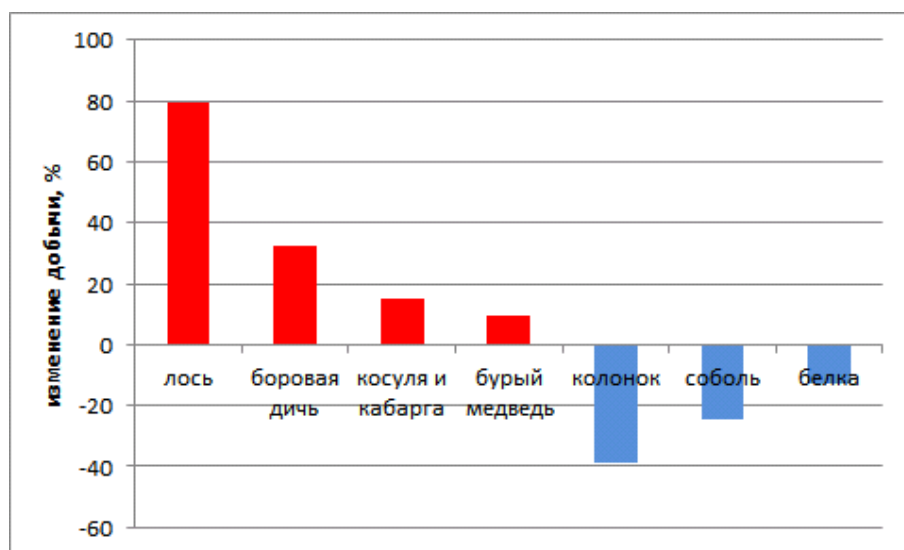


Рис. 3. Динамика добычи (%) охотничье-промысловыми хозяйствами за 2006–2015 гг.

Объясняется это тем, что община Гиркилл имеет большой опыт 19 лет ведения охотничьего промысла, а также занимает наибольшую площадь охотничьих угодий. Для сравнения община Илэл в том же поселке Ербогачен имеет площадь охотничьих угодий на 40 % меньшую, чем Гиркилл, и занимает второе место по добыче.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование показало следующее. Современные экономические темпы развития России сказываются в демографическом спаде и снижении производительности охотничьих хозяйств малочисленных народностей Иркутской области. В 2000–2015 гг. установлено уменьшение добычи пушных зверей и рост добычи боровой дичи, лося, косули и кабарги.

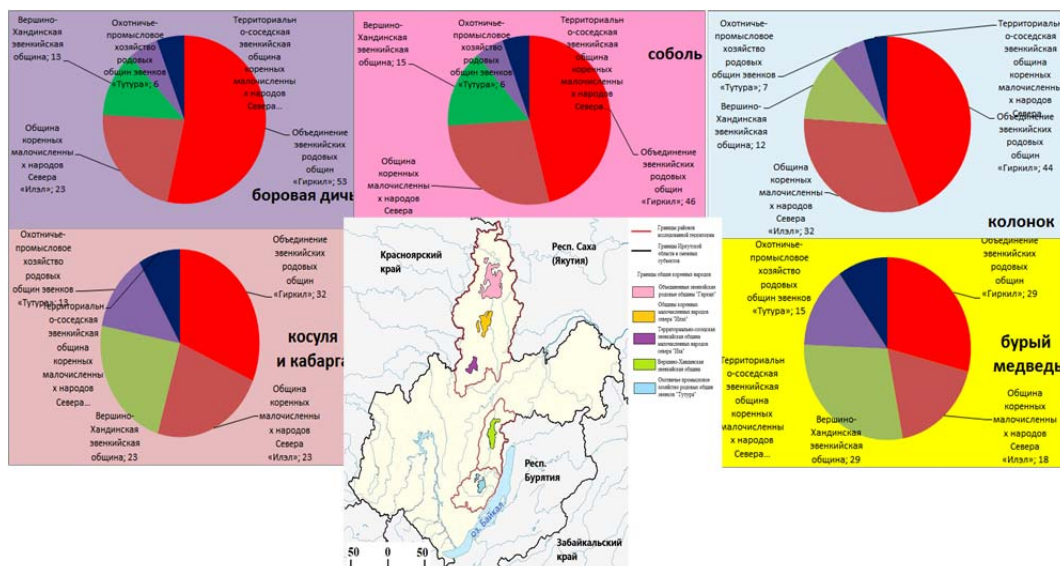


Рис. 4. Процентный вклад различных промысловых хозяйств в общую добычу за 2006–2015 гг.

Для сохранения традиционного хозяйства коренных народностей Иркутской области в условиях современных тенденций изменения экономических, демографических показателей и уменьшения площади лесных массивов вследствие увеличения числа лесных пожаров на фоне засушливости климата необходимо срочное принятие кардинальных мер для экономической поддержки, в частности выделение дополнительных льгот и субсидий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сирина А. А. Эвенки и эвенки в современном мире: самосознание, мировоззрение, природопользование. М.: Вост. лит., 2012. 147 с.
2. Туров М. Г. Коренное население Катанги // Народы и культуры Сибири. Взаимодействие как фактор формирования развития. Иркутск: Радиан, 2005. С. 148–165.
3. Основной закон об охоте Иркутской области от 21.06.2002 № 24-оз [Электронный ресурс] // Об охоте в Иркутской области: сайт. URL: <http://www.irk.gov.ru> (дата обращения: 08.10.2016)
4. Эвенки Катанги – народ, открытый людям и природе [Электронный ресурс] // Эвенки: сайт. URL: <http://urikit.ru> (дата обращения: 11.04.2017).
5. Эвенкийская централизованная библиотечная система [Электронный ресурс] // Эвенки и эвенки: сайт. URL: <http://www.evenklib.ru> (дата обращения: 29.04.2017).
6. Эвенкийский национальный культурный центр [Электронный ресурс] // Эвенки Восточной Сибири: сайт. URL: <http://katanga-online.ru> (дата обращения: 05.05.2017)

UDC 551. 513(57. 2)

Meteorological self-purification processes in the atmosphere over Lake Baikal

P. A. Naidenov (pavelnaidenov@geogr.isu.ru)

Department of meteorology, faculty of geography ISU

Abstract. The results of investigations of the meteorological potential of atmosphere self-purification in the atmosphere over Lake Baikal and Baikal region in comparison with the rest of the territory of Eastern Siberia.

Keywords: Lake Baikal, atmosphere, self-purification.

The intensive development of habitable territories and involvement a new territories in the economic development increase anthropogenic load on the environment. Rational using of natural resources is inseparable from the full savings of the natural environment and especially the protection of the main habitat – the atmosphere. Therefore, projecting and supervising organization should have the estimates of the possibilities of self-purification of air that define weather or during a longer time interval climatic characteristics of the region.

Now there are several meteorological methods of calculating loads on the air. These methods include a set of meteorological characteristics. V. V. Kryuchkov [1] proposed a complex assessment of the meteorological potential of self-purification ability of the atmosphere. However, according to T. S. Seleguei and I. P. Yurchenko [2–4], this method is not take into account all the parameters influencing the processes of accumulation and dispersion of pollutants in the atmosphere, such as the average annual wind speed, frequency of calms and annual precipitation. And for characteristics taken into account, boundary values are chosen arbitrarily.

The most commonly applied method of calculation of the influence of meteorological conditions on the pollution of the atmosphere, developed in the Voeikov main geophysical observatory. The method analyzes factors such as surface temperature inversions, wind speed 0–1 m/s, air stagnation and fog, conducive to the accumulation of pollutants, but don't include the conditions of their dispersion; it uses observational data of quite sparse network of aerological stations. The noted imperfections of methods reduce the effectiveness of their using.

The method of T. S. Seleguei and I. P. Yurchenko [2–4] in the calculations of the meteorological potential of atmosphere self-purification (MPAS) considers all the factors that contribute not only to pollution but also to the dispersion of impurities, using information of a wide network of hydrometeorological stations, which also makes it possible to identify the processes that prevail at any given time in the region.

MPAS was calculated by the authors according to the formula $MPSA = (P_c + P_f) / (P_p + P_w)$, where P is the repeatability of following parameters: P_c – wind speeds – 0–1 m / s, P_f – days with fogs, P_p – days with precipitation ≥ 0.5 mm, P_w – wind speeds ≥ 6 m/s

It is known that the calm weather and weak winds contribute to the accumulation of air pollutants in the lower atmosphere. And fogs exacerbate the process, which is clearly seen on the example of Irkutsk, especially in winter days. Favorable conditions for self-purification of the atmosphere generated by strong winds and rainfall. In the method proposed by the authors, wind speed ≥ 6 m/s is able to disperse aerosols into the atmosphere not only low (household), but also of high industrial pollution sources. And precipitation $\geq 0,5$ mm/day is already sufficient to wash them out of the air, as also a road dust.

From the above formula it follows that the value of MPAS < 1 indicates the predominance of the processes that contribute to self-purification of the atmosphere and good dispersion capacity. When the values of MPAS > 1 , accumulation processes of harmful impurities in the atmosphere are dominate, pollution dispersion conditions are unfavorable. If MPAS > 2 – pollution dispersion conditions are very poor.

Zoning of the territory according to MPAS, carried out by the authors, showed that the Baikal region as well as the whole of Eastern Siberia, lies in the area of accumulation of the air pollutants with the exception of areas of middle and northern parts of Baikal.

Our calculations of MPAS according to available material of observations clarify and even expand the area of Baikal region with optimal meteorological conditions (MPAS < 1) for self-cleaning of the air. This zone is primarily significant frequency of occurrence of strong winds and to a lesser extent by a combination of the frequency of occurrence of strong winds and days with precipitation significant quantities (Kabansk, Babushkin). Taking into account the important role of strong winds in the self-purification of the atmosphere of the Baikal region, we can assume that favorable conditions for dispersion of air contaminants are formed in the open parts of the lake and over a large area of the Western coast of the lake [5].

As already mentioned, the proposed methodology by T. S. Seleguei and I. P. Yurchenko [2], gives the possibility to analyze meteorological potential of atmosphere self-purification for any time intervals. For recreational development of the Baikal region we propose to calculate the MPAS separately for the cold (XI–III) and warm (IV – X) periods and seasons. In our opinion, this is the correct method to figure out what meteorological parameters are influence MPAS in different seasons. The duration of the periods is not determined by the thermal characteristics of the air, but the precipitation: mainly liquid in warm period, the solid – in cold one.

The atmosphere over Lake Baikal is allocated on the general background of Eastern Siberia with its special type of climate, so-called limnoclimate. The climate is characterized by a special organization of wind situations, fogging and fog mode, the definition of temperature and precipitation, etc. Favorable climatic conditions for the natural purification of atmospheric air are formed over a large area of the lake in the cold season, while in the surrounding areas, including the valleys of the Tunka and Barguzin – in the warm period. A few other conditions in the extreme southwest of Lake Baikal, Slyudyanka, which is characterized in the cold period very high frequency of occurrence (76 %) of weak winds and very low frequency of occurrence of rainfall ($\geq 0,5$ mm/day), resulting in a high degree of pollution (Table 1). In the warm period the frequency of occurrence of important precipitation here increases by almost 2,5 times, which leads to a significant reduction in MPAS, but is clearly not sufficient for the conditions of self-purification of air by the continuing high repeatability (69 %) of low wind. The same as in Slydyanka the type is the ratio of the complex of meteorological elements formed on the South coast to Tanhoy and on a considerable extent of the coasts of North Baikal.

On the shores of other water bodies of Siberia (Lake Bol. Eravnoe, Novosibirsk reservoir) in General, during the year, there are good conditions for self-purification of atmospheric air. But if in Western Siberia in all time intervals MPAS < 1 , then in Zabaykalsky Krai (Sosново-Ozersk) in the cold period and on the shores of lake atmospheric processes do not contribute to the dispersion of pollution (figure 1).

Table 1

Meteorological potential of atmosphere self-purification in the cold (XI– III), warm (IV–X) periods and seasons of the year

Station	XI-III	IV-X	Winter	Spring	Summer	Autumn
Nizhneangarsk	2.0	1,9	2.0	2,4	2,2	1,3
Ust-Barguzin	0,6	1,0	0,7	1,3	1,2	0,5
Goryachinsk	0,8	1,5	0,9	2.0	1,8	0,6
Babushkin	0,9	1,2	1.0	1,4	1,4	0,6
Tankhoy	1,4	1,3	1,4	1,5	0,9	1.0
Slyudyanka	4,2	1,6	5,5	2,3	1,7	2,5
Solnechnaya	0,7	1,2	0,7	1,1	1,7	0,5
Barguzin	1,6	0,6	1,9	0,7	0,5	1,2
Kabansk	1,1	1.0	1,1	1.0	0,9	1,2
Ulan-Ude	2,8	1,3	3,4	2.0	1.0	2.0
Khamar-Daban	2.0	1,6	2,1	1,5	0,9	2.0
Tunka	6,1	1,8	8,7	1,9	1,5	3,4
Irkutsk Observatory	3,8	1,7	4,3	1,5	1,4	2,6
Bayandai	2,4	1,6	2,4	1,6	1,6	2.0
Kachug	3,6	1,4	4,2	1,5	1,6	2,3
Novosibirsk, Bugry	0,4	0,4	0,8	0,7	1.0	0,6
Kamen-na-Obi	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,4
Sosново-Ozersk	1,5	0,6	1,6	1,4	0,9	0,9

Seasonal review allows us to conclude that favorable conditions in the Baikal Region occur in the autumn and winter (increase in the frequency of strong winds) in contrast to adjacent areas where air purification is carried out in the summer when there is increased frequency of occurrence of significant rains in the spring and partly due to the strong winds. It is interesting to note that on the shores of the Lake Bol. Eravnnoe and Novosibirsk reservoir the values of MPAS take some intermediate position by seasons: favorable conditions on the lake are observed in summer and fall, and on the reservoir – in transitional periods, spring and autumn (table 1).

The feature of the wind regime in the Baikal region is that it is formed not along with a general circulation processes. Conditions of large body of water, surrounded by mountains, are also take place. A significant number of cases are local winds (breezes, mountain-valley and katabatic winds). The atmosphere over the Lake Baikal in late autumn and early winter is characterized by thermo-baric contrasts between the large water mass with significant thermal inertia and already very cold, often snow-covered land. In these conditions over the lake occurs local field of low atmospheric pressure, and the greater the pressure gradient the higher the wind speed from the banks of the lake [6]. Approximately after april, orientation temperature and pressure gradient is reversed, but the wind speed (meaning local) becomes smaller. The same "pendular" mechanism of the wind is observed in daily.

These characteristics of the formation of wind regime in combination with macro-circulation process create in the Baikal region (unlike the rest of Eastern Siberia) more favorable conditions for dispersion of atmospheric pollutants. However, it should be noted that these terms are defined at the level of the height standard weathervanes network of hydrometeorological stations and belong to the ground-level layer of air. Air pool in the basin of Lake Baikal is characterized by another very important for the problem of air pollution feature – inversion of the thermal stratification of the atmosphere, often combining near-surface and several layers of atmosphere inversion that block the convective circulation.

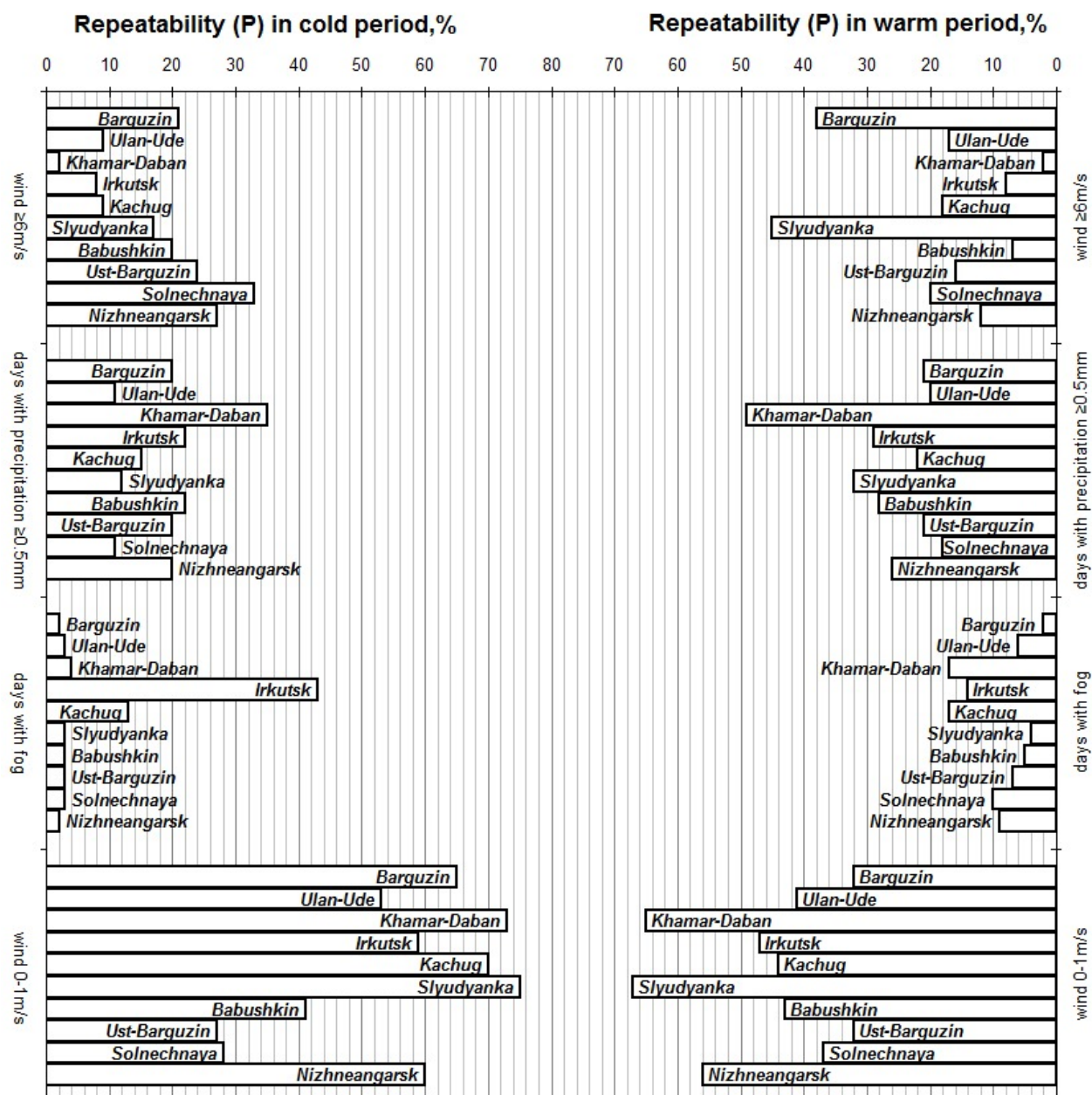


Figure 1. The ratio of the values of the frequency of occurrence of meteorological parameters in cold and warm periods

Vertical thickness of inversion layers of air of the coastal zone in different seasons and in different hours of the day is different. The research of V. V. Vlasenko [7; 8] showed that the maximum of vertical thickness could reach 1200 m above the lake level. Inverse thermal stratification of the atmosphere to heights of 400–500 m above the water level in 80–85 % of cases has been sustained for the entire basin of Lake Baikal, which determines the general conditions of the migration of atmospheric pollution.

The mountain environment of lake Baikal, especially in the North and the South is much higher than even the maximum level of inversion layer and, therefore, prevents (or at least complicates) the influence of migration. Because of these circumstances all domestic and industrial pollution are not carried beyond the basin, and are scattered over the lake, the coast, the inner slopes of the mountains and in the valleys of the rivers flowing into it.

Thus, over the large area in the Baikal region the ratio of the values of meteorological parameters that determine MPAS, creates more favorable conditions for dispersion of atmospheric pollution in the atmospheric boundary layer in comparison with the surrounding regions. For most

of the territory a meteorological potential of atmosphere self-purification is higher in the cold period of the year. The inversion distribution of thermal characteristics of air over the Lake Baikal, exacerbated by the mountainous environment of the lake, prevents the removal of pollutants beyond the basin and complicates self-purification of its air. Recreation and especially economic development of the Baikal region must ensure the necessary measures for the protection of the atmosphere.

REFERENCES

1. Kryuchkov V. V. Nature and man. M. : Nauka, 1979.
2. Seleguei T. S., Yurchenko P. I. Meteorological potential of purification of the atmosphere // Geography and natural resources. 1990. No. 2.
3. Seleguei T. S. Meteorological potential of purification of the atmosphere Siberian economic region // SibNI-IGMI. 1989. Vol. 86. P. 84–89.
4. Seleguei T. S., Yurchenko P. I. The Potential of the scattering power of the atmosphere/ T. S. Seleguei, // Geography and natural resources. 1990. N 2. P. 132–137.
5. Louth, L. I. the Model of the Baikal winds and their stability // Climatic resources of Baikal and its basin. Novosibirsk : Science. Sib. dep, 1976.
6. Razuvanov V. G. Genetic characterization of the exchange circulation in lake Baikal // Climatic resources of Baikal and its basin. Novosibirsk : Science. Sib. Dep., 1976.
7. Vlasenko V. V. Thermal stratification of the atmosphere in the basin of lake Baikal // Climatic resources of Baikal and its basin. Novosibirsk : Science. Sib. Dep., 1976.
8. Vlasenko V. V. Thermal stratification of the atmosphere // the Structure and resources of the climate of Baikal and adjacent spaces. Novosibirsk : Nauka. Sib. Dep., 1977.

УДК 551.3:556

Термогенные геокриологические процессы Северной Якутии и их связь с современным потеплением климата

А. В. Гаврилов (gavrilov37@bk.ru)

Е. И. Пижанкова (eipijankova@rambler.ru)

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва

Аннотация. Представлены аэрокосмические данные о возникновении термокарста и активизации отступания ледистых берегов под действием термоабразии и термоденудации на приморских низменностях Северной Якутии, инициированные современным потеплением климата. Термокарстовые просадки зафиксированы в результате увеличения глубины сезонного оттаивания пород в 1,5–2 раза в поселках на надпойменных террасах р. Алазея. По материалам разновременных аэрокосмических съемок, получены данные о возрастании скоростей термоабразионного отступания берегов в 1,5–2 раза в начале XXI в. по сравнению со второй половиной XX в.

Ключевые слова: аэрокосмические снимки; колебания климата; ледовый комплекс; потенциальная термокарстовая опасность; термоабразия.

Введение

В холодную эпоху позднего плейстоцена на приморских низменностях севера Якутии происходило накопление ледового комплекса (ЛК). Его отложения, слагающие верхние 30–50 м разреза аккумулятивной приморской равнины, характеризуются объемной ледистостью 70–95 %, они насыщены особенно мощными повторно-жильными льдами. Высокая ледистость (60–70 %) свойственна и аласному комплексу голоцена (АК), также содержащему повторно-жильные льды. С потеплением на рубеже плейстоцена и голоцена изменилась направленность криогенной динамики. Преобладающую роль приобрели термогенные процессы: термокарст, термоэрозия, термоабразия, термоденудация, разрушающие как сам ледовый комплекс, так и рельеф, образованный его аккумуляцией. Указанные процессы определяют экологическую обстановку в настоящее время.

Методика. Для изучения проявлений термокарста использовались данные ресурсов Google Earth. com и Яндекс. Карты за разные годы и сезоны, метеоданные из электронных архивов ВНИИГМИ-МЦД, а также материалы наземных исследований. Изучение динамики берегов осуществлялось путем совмещения разновременных дистанционных данных (космоснимков Landsat и архивных аэрофотоснимков) с помощью программного пакета ScanEx Image Processor. Измерение величин отступления берегов и дешифрирование ландшафтов проводилось в ГИС-среде MapInfo Professional (рис. 1).

Озерный термокарст. Основная фаза масштабного озерного термокарста, полностью преобразовавшего равнину, сложенную ЛК, закончилась в самом начале голоцена [2]. Последующее его развитие ограничивалось короткими потеплениями и имело локальный характер. Прогрессивное развитие термокарста связано преимущественно с отрицательными морфоструктурами, где дренирование поверхности существенно затруднено. В пределах положительных морфоструктур этот процесс, начавшись, быстро затухал в связи с дренированием озер. Высокая льдистость пород в отрицательных формах рельефа существенно повышает потенциальную термокарстовую опасность.

К областям, где такая опасность находится на грани реализации, является район среднего течения р. Алазея, который подпруживается грядой Кисилых-тас в 500 км от устья. Здесь триггером зарождения термоэрозии и термокарста, явились участвовавшие с 1990-х гг. катастрофические весенние паводки, растягивающиеся на весь теплый период. Они вызваны сочетанием потепления с увеличением зимних атмосферных осадков и их годовой суммы (рис. 2, 3). Негативная роль этого гидрологического процесса обусловлена распространением мощных мерзлых толщ с неглубоким сезонным протаиванием, которые исключают инфильтрацию паводковых вод.

Уклон, сечение, пропускная способность русла р. Алазея в этом месте не в состоянии обеспечить быстрое прохождение половодья. Увеличение зимних атмосферных осадков (на 4–6 % по отношению к норме) приводит к сосредоточению огромных масс воды в виде разливов в долине Алазеи и устьях ее притоков. В зоне разливов находятся поселки Андрюшкино, Аргахта, Сватай и др., что обуславливает их подтопление. Подтопления Андрюшкино в 2007 и 2008 гг. продолжалось до начала зимнего сезона (рис. 4, снимок сделан в середине сентября 2007 г.). Участвовавшие подтопления привели к разработке программы по предотвращению развития негативных криогенных процессов и обеспечению населения питьевой водой нормативного качества. Однако на 29 июня 2017 г. уровень воды превысил критический уровень у пос. Аргахта на 60 см, а 4 июля был введен режим функционирования ЧС на территории всего Абыйского улуса.

Продолжительное обводнение территории привело к увеличению глубины сезонного протаивания грунтов от 0,6–0,75 м до 0,8–1,2 м [1]. В поселке Андрюшкино оно достигает даже 1,5 м. Это способствует деградации подземных льдов и повсеместному проявлению термокарстовых просадок поверхности с образованием озерков. Просадки особенно активно идут на территории пос. Андрюшкино. Повсеместно существенно усилилась боковая термоэрозия. За 5 лет берег реки в пос. Андрюшкино отступил на 50 м. Увеличение твердого стока реки за счет этого процесса приводит к еще большему сужению русла и сокращению его пропускной способности.

Отступление берегов под действием термоабразии и термоденудации в Восточной Сибири характеризуется наибольшими скоростями в Северном полушарии. В связи с падением ледовитости морей Северного Ледовитого океана и ростом температур воздуха скорости отступления льдистых берегов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского возросли в 1,3–2,9 раза. Оценки, сделанные на основе сравнения положения береговых линий Ляховских островов и южного берега пролива Дм. Лаптева за разные годы [3], показали, что за 50 лет (с 1951 по 2000 гг.) общая площадь размытых берегов составила для о. Бол. Ляховский 27,2 км², о. Мал. Ляховский – 1,7 км², берега Ойгосский Яр – 12,4 км². За последние 13 лет (с 2001 по 2013 гг.) к ним добавились 10,3 км² побережья о. Бол. Ляховский и 6,5 км² Ойгос-

ского Яра. Скорости отступления составляли в среднем для всех размываемых берегов этого региона 3,2 м/год за период до 2000 г. и 6,4 м/год с 2000 по 2013 г.

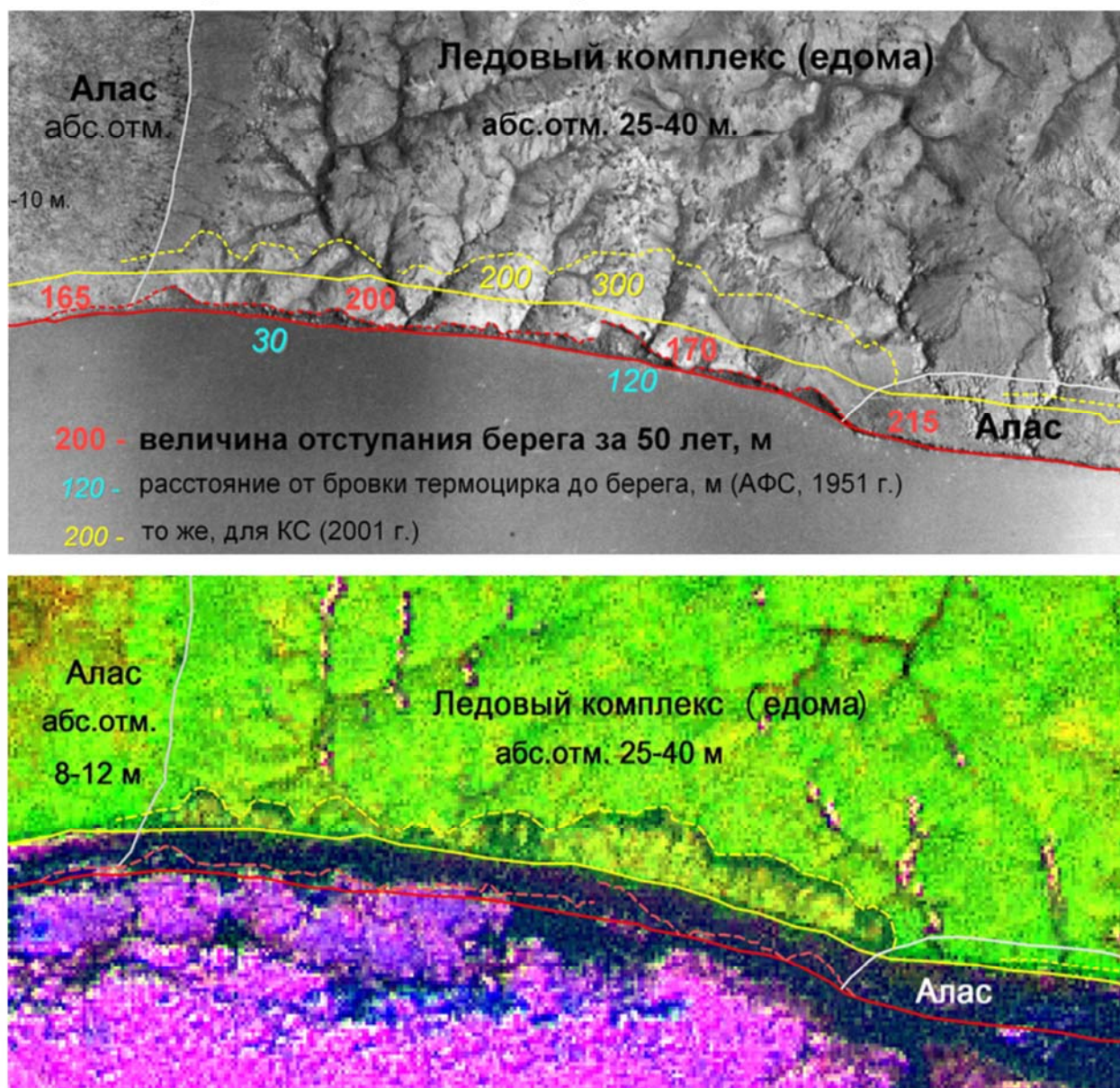


Рис. 1. Пример топографического совмещения аэроснимка 1951 г. и космоснимка 2001 г. с помощью ПО ScanEx Image Processor и измерения отступления берегов на участке южного берега о. Б. Ляховский в ГИС-среде MapInfo Professional.

При сравнении снимков, сделанных в различные годы, были получены данные, показавшие существенную пространственную неоднородность величин отступления исследуемых берегов. По результатам дистанционных и наземных исследований выделено 4 морфоструктурные области [4] и 10 типов и подтипов берегов, различающихся строением берегового разреза [5]. В соответствии с этим скорости отступления меняются от минимальных (0–0,5 м/год) в областях устойчивых поднятий (п-ов Кигилях, м. Шалаурова, м. Святой Нос) до значений, достигающих 5–7 м/год за 1951–2000 гг. и 10–13 м/год за 2001–2013 гг. на участках с тенденцией к опусканию. Максимальные скорости наблюдаются в отрицательных морфоструктурах, где подошва льдистых отложений расположена ниже уровня моря.

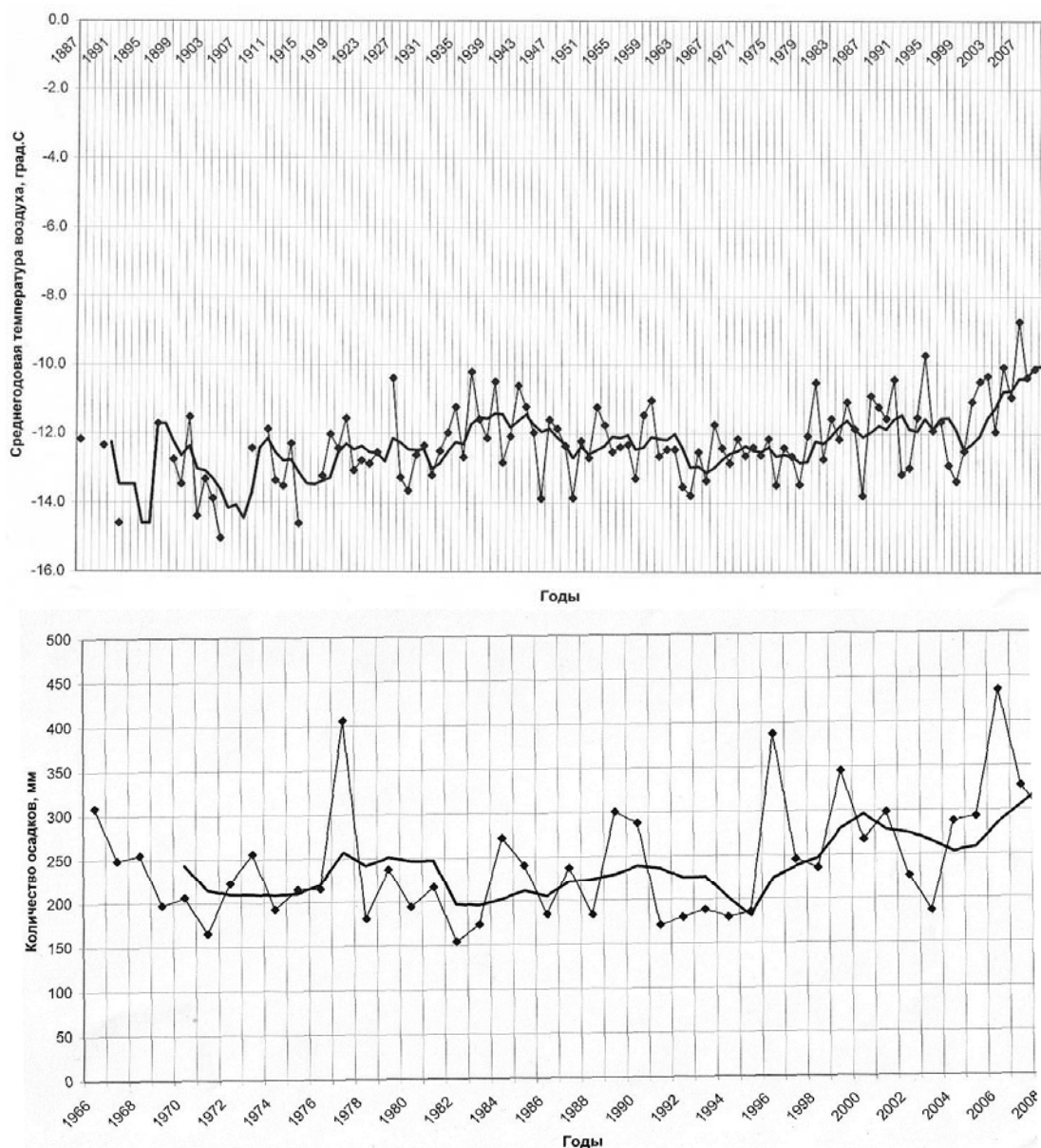


Рис. 2 и 3. Данные наблюдений по ст. Среднеколымск и результаты их осреднения:
1 – среднегодовая температура воздуха, °C; 2 – количество атмосферных осадков, мм/год, <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>

На рис. 5 приводятся значения скоростей отступления для участков, сложенных с поверхности аласным и ледовым комплексами, аллювием и аллювиально-морскими отложениями. Графики построены для разных периодов времени для о. Бол. Ляховский и берега Ойгосский Яр.

Механизм разрушения берегов зависит от строения берегового разреза. Первый (блоковый) наиболее характерен для берегов высотой 8–12 м, преимущественно свойственных аласному комплексу. В основании берегового обрыва море вырабатывает волноприбойные ниши глубиной до 10–15 м. Вышележащие породы по трещинам отрыва обваливаются и размываются морем.

Второй тип разрушения наблюдается на берегах высотой более 15–20 м, сложенных отложениями ЛК. Для них характерно формирование термоцирков с ледяными обрывами в прибрежной части и термотеррасами в основании. Термотеррасы (рис. 5) формируются при отступании ледяных обрывов со скоростью, превышающей скорость термоабразии. Отступление таких берегов происходит за счет термоденудации ледяных обрывов под действием температур воздуха, солнечной радиации и атмосферных осадков, а также азмыва прибрежной части термотеррас.



Рис. 4. Поселок Андриюшкино в среднем течении р. Алазея в сентябре 2007 г.
Фото И. Подгорного: <http://gp-russia.livejournal.com/1031258.html>

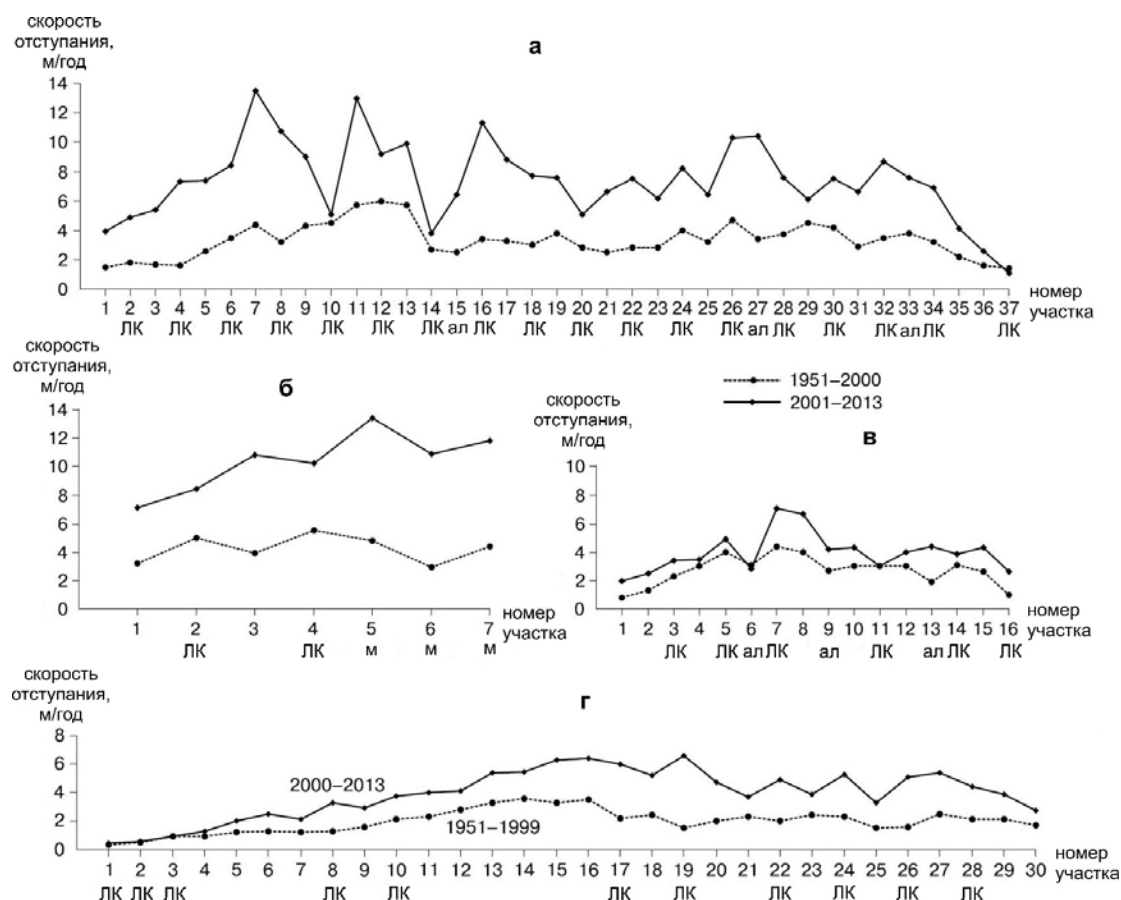


Рис. 5. Изменение скоростей отступания для размываемых участков берегов о. Бол. Ляховский: южного берега длиной 70 км (а), западного берега длиной 48 км (б), северо-восточного берега длиной 32 км (в) и Ойогосского Яра длиной 107 км (г). ЛК – участки ледового комплекса, ал – участки аллювиальных отложений, м – участки морских и аллювиально-морских отложений, без буквенных обозначений – участки аласного комплекса



Рис. 6. Берег Ойогосский яр в 2007 г. Фото А. Ю. Деревягина

Сравнение разновременных дистанционных данных показало, что скорость термоденудации за последнее 13 лет возросла в 1,7–1,9 раза.

Третий тип разрушения берега характерен для морских и аллювиально-морских террас. Термоабразионных ниш здесь не образуется, а льдистые породы при оттаивании сползают к урезу воды и размываются морем.

Выводы

1. Развитие термокарста, термоабразии и термоденудации при современном потеплении предопределяется тепловой неустойчивостью мощных льдонасыщенных мерзлых толщ, сложенных ледовым и аласным комплексами.

2. Проявление термокарста связано исключительно с сочетанием комплекса факторов: потепления, увеличения зимних атмосферных осадков и затрудненного дренирования поверхности, свойственного отрицательным морфоструктурам.

3. Термоабразия льдистых берегов имела развитие в течение всего голоцена, существенно активизируясь в потепления, которые всегда сопровождаются увеличением продолжительности безледного периода. В настоящее время скорость термоабразионного отступления берегов повысилась в 1,3–2,9 раза по сравнению со второй половиной XX в. и достигла 7–12 м/год.

4. Высокая скорость отступления берегов, кроме гидрометеорологических, тесно связана с мерзлотно-геологическими факторами. Это наличие мощных залежеобразующих подземных льдов, суммарная льдистость, положение в пределах отрицательных морфоструктур. Среди других факторов большое значение имеют сила и направление ветров, метелевый перенос снега; ориентация берега относительно направления преобладающих нагонов, штормов и течений, воздействие солнечной радиации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О причинах подтопления населенных пунктов в бассейне р. Алазеи / С. П. Готовцев, Н. А. Находкин, Е. В. Барышев, Л. И. Копырина // Наука и техника в Якутии. 2008. № 2(15). С. 23–26.
2. Каплина Т. Н. Закономерности развития криолитогеоза в позднем кайнозое на аккумулятивных равнинах северо-востока Азии : автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Якутск, ИМ СО АН СССР, 1987. 41 с.
3. Пижанкова Е. И. Современные изменения климата высоких широт и их влияние на динамику берегов района пролива Дмитрия Лаптева // Криосфера Земли. 2016. Т. 20, № 1. С. 51–64.

4. Новосибирские острова. Геологическое строение и минерагения / В. К. Дорофеев, М. Г. Благовещенский, А. Н. Смирнов, В. И. Ушаков / под ред. В. И. Ушакова. СПб. : ВНИИОкеанологии, 1999. 130 с.

5. Пижанкова Е. И., Добрынина М. С. Динамика побережья Ляховских островов (результаты дешифрирования аэрокосмических снимков) // Криосфера Земли. 2010. Т. X16, № 4. С. 66–79.

УДК 551.586

Исследование влияния метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров в Иркутской области

Л. В. Голубева (tatun0203@yandex.ru)

И. В. Латышева (ababab1967@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Определены количественные значения индекса пожарной опасности в таёжной, лесостепной и степной зонах Иркутской области в тёплый период 2005–2016 гг. Выделены синоптические ситуации, при которых отмечались максимальные и минимальные значения указанного индекса.

Ключевые слова: лесные пожары, Иркутская область, метеорологические факторы.

Введение

Лесные пожары – это горение растительности, которое не поддаётся контролю и стихийно распространяется по территории массива. Опасность лесных пожаров заключается в быстром и стихийном распространении, а последствия – в длительном восстановлении флоры и нанесении экологического, экономического и материального ущерба [3–5].

При оценке пожарной опасности растительности необходимо учитывать сумму постоянных и переменных факторов, влияющих на начало горения и распространение пожара. К основным характеристикам климата, влияющим на пожарную опасность, относятся: температура воздуха (среднесуточная и максимальная), даты перехода средних суточных температур через пороговые пределы, даты наступления и схода устойчивого снежного покрова, относительная влажность (среднесуточная и минимальная), дефицит влажности воздуха, число дней с относительной влажностью $\leq 30\%$ в один из сроков наблюдения за определённый период, годовой режим выпадения атмосферных осадков, число дней с дождём, индекс сухости, ветровой режим, число дней с грозой [13].

Чаще всего пожарная опасность оценивается на основе эмпирических зависимостей, в которых учитываются метеорологические данные, определяющие процессы высыхания и увлажнения лесных горючих материалов (ЛГМ). В России широко используется комплексный показатель пожарной опасности В. Г. Нестерова [9] и его модификации [3; 10–12; 14]. Среди зарубежных можно выделить австралийский индекс FFDM, испанский индекс ICONA и итальянские индексы IMPI, полученные по модели Мак Артура и учитывающие температуру, влажность воздуха, скорость ветра и уклон местности [18], финский метеорологический индекс FMI [19] и канадский индекс FWI [20], которые отражают ежедневное изменение влагосодержание почв и ЛГМ.

Ряд отечественных и зарубежных исследователей отмечают, что особенности климатических изменений последних десятилетий в сторону потепления существенно усиливают угрозу возникновения крупных и катастрофических пожаров в бореальных лесах Евразии [14; 15] и в горных лесах юга Сибири [4; 6].

В последние годы стали чаще отмечаться экстремальные погодные периоды длительного отсутствия атмосферных осадков, высоких температур, низкой относительной влажности воздуха и сильного ветра [16], когда в двух-трёх регионах страны с наиболее неблагоприят-

ными погодными условиями лесные пожары нередко принимают характер стихийного бедствия. По данным [8; 9] существенный вклад в увеличение лесных пожаров в эти периоды принадлежит возросшей повторяемости континентальных блокингов – длительно стационарирующих высоких антициклонов. Некоторые выделяют периодичность пожароопасных сезонов с экстремальными погодными условиями 2–3 раза за десятилетие [2].

Иркутская область является одной из крупнейших в стране по площади расположенных на её территории лесов. Покрытые лесной растительностью земли занимают 64,3 млн. га, что составляет 83 % от территории области и по этому показателю регион относится к числу наиболее многолесных среди субъектов Российской Федерации [6].

В настоящее время в Иркутской области происходит сокращение площади лесов с преобладанием хвойных древесных пород. По данным агентства лесного хозяйства Иркутской области за пять лет (2011–2015 гг.) площадь сосняков уменьшилась на 3,1 %, елово-пихтовых насаждений на 1,1 %, кедровников – на 0,7 %, лиственничников – на 0,2 %. Самыми интенсивными темпами по сравнению с другими лесными формациями сокращается площадь сосняков – наиболее ценной в эксплуатационном отношении древесной породы.

Анализ причин сокращения сосновых древостоев показал, что это результат вырубки, воздействия лесных пожаров, вредителей, болезней леса и других неблагоприятных факторов. В тоже время отмечается недостаточно высокая интенсивность ведения лесного хозяйства, не позволяющая компенсировать убыль сосновых лесов проведением лесовосстановительных мероприятий на не покрытых лесом землях.

Важно отметить, что около 36 % лесного фонда Иркутской области характеризуются высокой степенью природной пожарной опасности. Обращает внимание увеличение выгоревшей лесной площади в 2014–2016 гг. В соответствии с прогностическими данными [17, 21] в XXI в. при глобальном потеплении на территории Иркутской области следует ожидать существенного роста вероятности лесных пожаров. При достаточно агрессивном антропогенном сценарии уже к середине XXI в. риск пожароопасности может увеличиться втрое по сравнению с концом XX в.

Следует отметить, что в Приангарье относительно частые низовые пожары препятствуют восстановлению ели, пихты, кедра, постоянно уничтожая их подрост и второй ярус в современных сосняках и лиственничниках [1]. Эпизодические сильные пожары в предгорных лиственничниках бассейна оз. Байкал приводят к понижению верхней границы леса [7].

Учитывая динамику увеличения количества лесных пожаров на территории Иркутской области в последние годы, важнейшим принципом экологически устойчивого и социально ответственного лесопользования Иркутской области является сохранение и улучшение средообразующих, природоохранных и социальных функций лесов, обеспечение возможности не уменьшающегося использования древесных лесных ресурсов в будущем. В этой связи представляет интерес изучение возможного влияния метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на территории Иркутской области.

Методика исследования

В работе исследованы метеорологические условия возникновения лесных пожаров на территории Иркутской области в 2005–2016 гг. В исследуемый период отмечено увеличение количества лесных пожаров и площади, занятой ими на территории региона. В качестве расчётного метода выбран показатель пожарной опасности В. Г. Нестерова, который определяется по формуле [9]:

$$КП = \sum_{i=1}^n [Kv_i * T_i * (T_i - Td_i)],$$

где: Kv_i – коэффициент, который учитывает влияние скорости ветра и имеет размерность $(^{\circ}\text{C})^{-2}$, T_i – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), Td_i – температура точки росы ($^{\circ}\text{C}$).

В зависимости от полученного значения комплексного показателя Нестерова, опасность возгорания оценивалась по пяти классам общероссийской шкалы (табл. 1).

Таблица 1

Шкала пожарной опасности в лесу по условиям погоды (ГОСТ Р 22.1.09-99, 2000)

Класс пожарной опасности по условиям погоды	Диапазон значений индекса горимости	Пожарная опасность
1	0–300	Отсутствует
2	301–1000	Малая
3	1001–4000	Средняя
4	4001–10000	Высокая
5	>10000	Чрезвычайная

Методика исследования включала расчет индексов пожарной опасности в степной, лесостепной и таёжной зонах Иркутской области по данным метеорологических станций с апреля по сентябрь 2005–2016 гг. Оценивались пространственно-временные особенности распределения индекса пожарной опасности и проводилось сравнение полученных результатов с расчетными значениями данного показателя на территории соседних регионов – Республики Бурятия и Якутия (САХА), которые также имеют высокий показатель пожарной опасности.

По данным Реанализа NCEP/NCAR за 1948–2016 гг. проводилась оценка долговременных изменений атмосферного давления и температуры воздуха на территории Иркутской области, как основных факторов, определяющих вероятность развития засух.

По данным ежедневных синоптических карт выделены типы синоптических процессов, которые наблюдались у поверхности Земли в дни с максимальными и минимальными значениями индекса пожарной опасности в Иркутской области.

Результаты исследования

Территория Иркутской области в исследуемый период 2005–2016 гг. характеризуется метеорологической степенью пожарной опасности от малой до чрезвычайно высокой с преобладанием среднего класса опасности. Основные максимумы значений индекса пожарной опасности приходятся на май-июнь и август-сентябрь.

Оценивая метеорологические условия возникновения лесных пожаров в Иркутской области с учётом типа растительности (рис. 1), установлено, что в степной зоне показатель пожарной опасности изменялся от среднего до чрезвычайно высокого с преобладанием чрезвычайно высокого класса опасности, максимальные значения которого приходятся на август. В лесостепной зоне этот показатель варьировал от малого до чрезвычайно высокого с преобладанием высокого класса опасности и максимальными его значениями в сентябре. Метеорологические условия лесных пожаров в таёжной зоне характеризовались от средней до высокой степени опасности с преобладанием высокого класса опасности и максимумом значений в июле.

На территории Республики Бурятия степная зона характеризуется индексом пожарной опасности от среднего до чрезвычайно высокого с преобладанием высокого и максимумом повторяемости благоприятных для возникновения лесных пожаров метеорологических условий в июне. В лесостепной зоне этот показатель изменялся также от среднего до чрезвычайно высокого, но характеризовался преобладанием высокого и чрезвычайно высокого класса опасности с максимумом благоприятных для лесных пожаров метеорологических условий в сентябре. Таёжная зона отличается изменением данного показателя от малого до высокого с преобладанием высокого класса опасности и его максимумом, приходящимся на июнь.

На территории Якутии в степной зоне показатель пожарной опасности изменялся от малого до высокого с преобладанием среднего класса опасности и его максимумом в сентябре, в лесостепной зоне от малого до высокого с преобладанием среднего класса опасности и максимумом его значений в сентябре, в таёжной зоне от малого до среднего с преобладанием малого класса и максимумом значений индекса пожарной опасности также приходящихся на сентябрь.

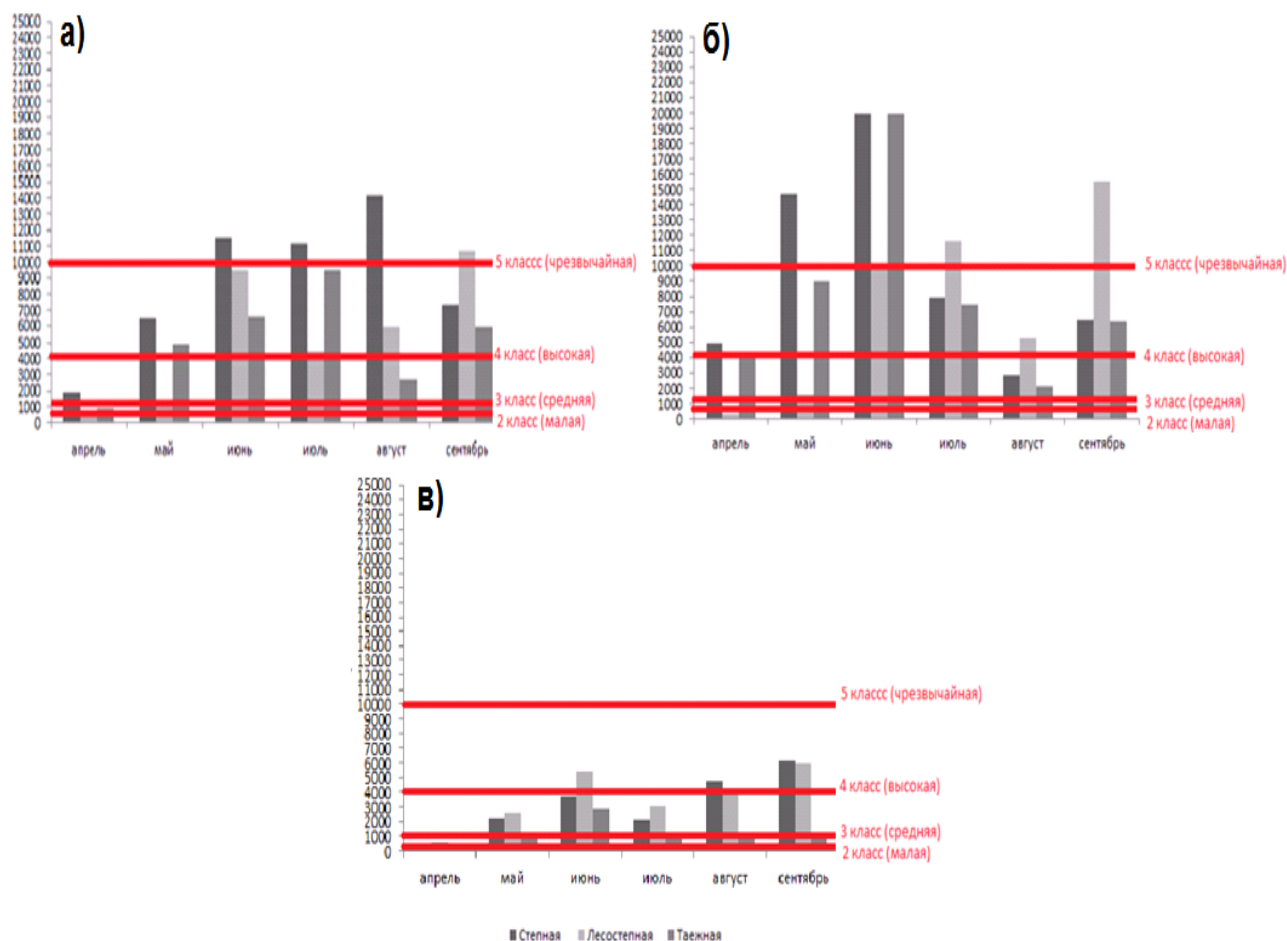


Рис. 1. Средние значения показателя пожарной опасности (КП) по Нестерову В. Г. в различных зонах Иркутской области (а), Бурятии (б) и Якутии (в) в 2005–2016 гг.

Согласно данным табл. 1 наибольшая повторяемость высоких значений индекса пожарной опасности отмечалась при развитии на территорию Иркутской области барического гребня (30 %), несколько меньшая повторяемость приходится на центр антициклона (23 %) и тёплый сектор циклона (22 %). Необходимо указать, что это те типы барических полей, при которых летом происходит сильный прогрев подстилающей поверхности, атмосферные осадки, как правило, отсутствуют, т. е. наблюдаются условия для длительного сохранения тёплой и сухой воздушной массы, которая способствует формированию высокого уровня пожарной опасности в Иркутской области.

Минимальные значения индекса пожарной опасности в 77 % случаев отмечались в холодной и влажной воздушной массе на восточной периферии антициклона, при прохождении фронта окклюзии и холодного атмосферного фронта.

Таблица 2

Повторяемость (%) различных типов приземного барического поля при максимальных и минимальных значениях индекса пожарной опасности на территории Иркутской области в 2010–2015 гг.

Максимальные значения	Минимальные значения
гребень антициклона (30 %)	восточная периферия антициклона (38 %)
центр антициклона (23 %)	фронт окклюзии (25 %)
тёплый сектор циклона (22 %)	холодный фронт (14 %)
седловина (14 %)	тёплый фронт (13 %)
малоградиентное барическое поле (11 %)	МБП (10 %)

Проведён сравнительный анализ метеорологических полей в годы с максимальным (2014) и близким к минимальным значениям (2012) количества лесных пожаров в Иркутской области. Выявлены существенные различия в аномалиях температуры воздуха, скорости ветра и атмосферных осадков. В тёплый период 2014 г. положительные аномалии температур в Иркутской области достигали $+6...+8^{\circ}\text{C}$ (рис. 2, а), тогда как в 2012 г. при сравнительно малом количестве лесных пожаров преобладали отрицательные аномалии, но в среднем они не превышали $-1...-2^{\circ}\text{C}$ (рис. 2, б). В тёплый пожароопасный период 2014 г. по сравнению с 2012 г. на территории Иркутской области отмечался более слабый ветер (рис. 2, в, г), а также были более выражены отрицательные аномалии в суммах атмосферных осадков (рис. 2, д, е).

Так как одним из факторов увеличения количества лесных пожаров являются блокирующие процессы, в работе проведена оценка изменений атмосферного давления на территории Иркутской области в тёплый период 1948–2016 гг. Установлено, что во все летние месяцы, начиная с середины 1960-х гг. атмосферное давление в Иркутской области растёт, т. е. увеличивается повторяемость антициклонов и связанной с ними засушливой погоды (рис. 3).

Таким образом, если ранее лесные пожары в Иркутской области чаще всего отмечались в мае-июне, то сейчас выделяется второй максимум повторяемости метеорологических факторов, благоприятных для возникновения лесных пожаров, приходящийся на август и сентябрь. Ярким примером является ситуация с лесными пожарами в сентябре 2015 и 2016 гг.

Сравнительный анализ метеорологических факторов пожарной опасности в Иркутской области, Республиках Бурятия и Якутия выявил преобладание высокого класса опасности в Иркутской области и Бурятии, малой и средней категорий опасности в Якутии.

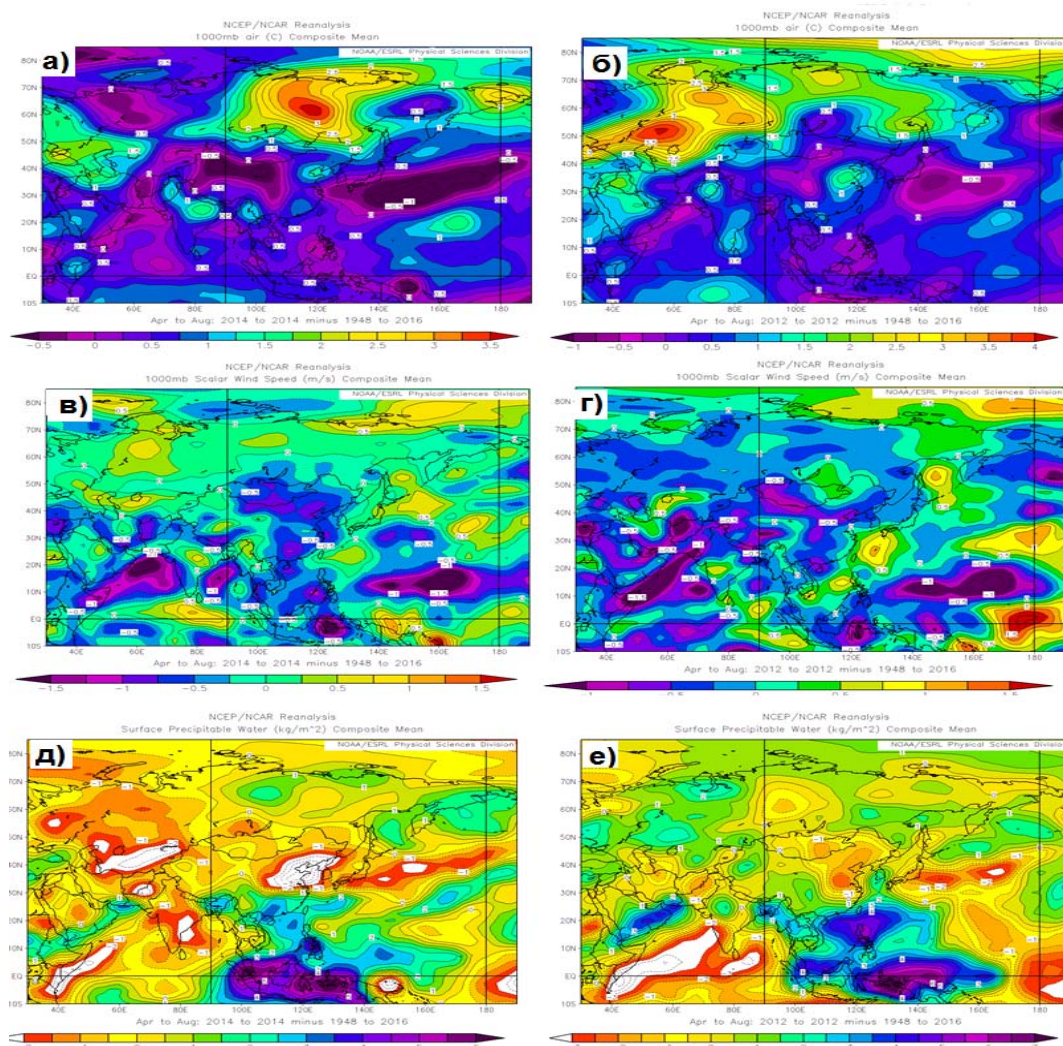


Рис. 2. Карты аномалий приземной температуры (а, б), средней скорости ветра (в, г) и сумм атмосферных осадков (д, е) в тёплый период 2014 и 2012 гг., рассчитанные по данным Реанализа NCEP/NCAR по отношению к средним значениям 1948–2016 гг.

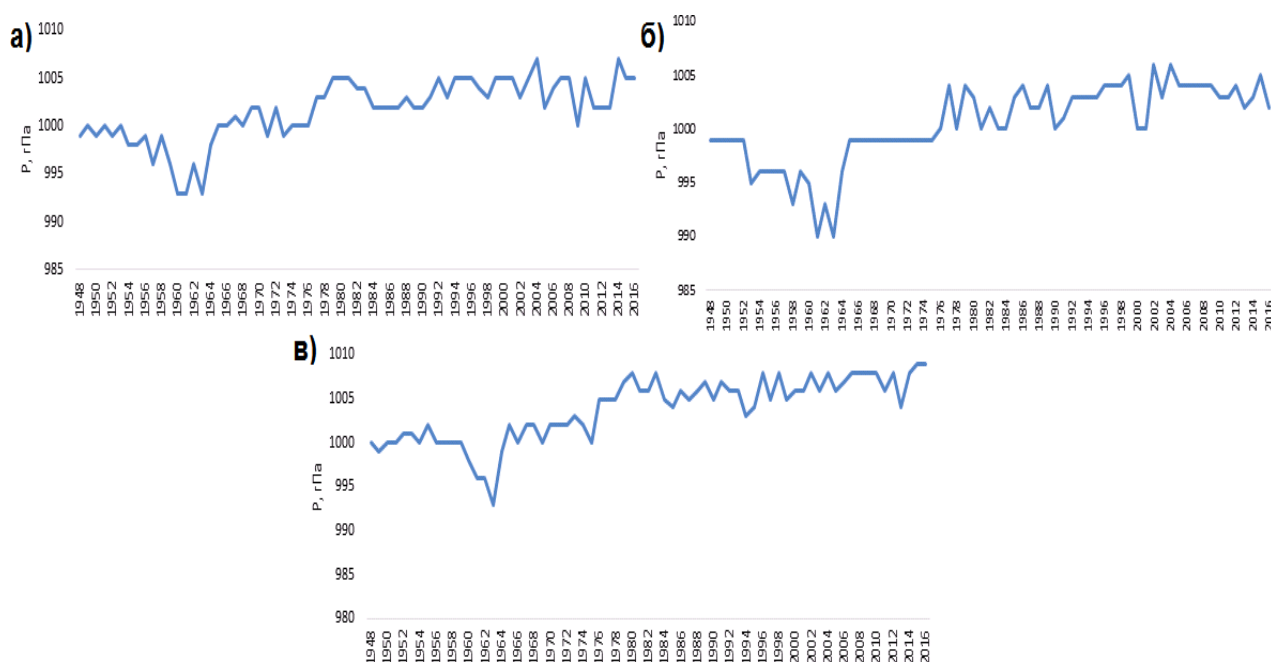


Рис. 3. Изменения средних значений атмосферного давления на ст. Иркутск в июне (а), июле (б) и августе (в) 1948–2016 гг. по данным Реанализа NCEP/NCAR

Заключение

Территория Иркутской области в современный период характеризуется преобладанием среднего класса пожарной опасности по метеорологическим условиям.

Однако вероятность возникновения лесных пожаров в таёжной и лесостепной зонах Иркутской области оценивается как высокая, а в степной зоне как чрезвычайно высокая.

В связи с увеличением засушливости в регионе следует уделять внимание оценке вероятности лесных пожаров во вторую половину лета и в начале осени.

Установлено, что высокая вероятность лесных пожаров отмечается в центре антициклона и в тёплом секторе циклона и низкая на восточной периферии антициклона, при прохождении фронта окклюзии и холодного атмосферного фронта.

На примере анализа синоптических условий максимального и минимального количества лесных пожаров в 2014 и 2012 гг. в Иркутской области показано, что метеорологические и синоптические условия вносят существенный вклад в возникновение и распространение лесных пожаров. При этом основными метеорологическими предикторами лесных пожаров в Иркутской области, на наш взгляд, являются положительные аномалии температур и скорости ветра.

Лесные пожары на особо охраняемой территории побережья оз. Байкал наиболее вероятны в июне, июле и сентябре с преобладанием 4 класса, т. е. высокой вероятности возникновения лесных пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С. Формирование сосново-лиственных молодняков. Новосибирск : Наука, 1980. 176 с.
2. Валендик Э. Н. Борьба с крупными пожарами. Новосибирск : Наука, 1990. 192 с.
3. Здерева М. Я., Виноградова М. В. Среднесрочный прогноз пожарной опасности в лесах по метеорологическим условиям // Метеорология и гидрология. 2009. № 1. С. 16–26.
4. Кузнецов В. Г., Барановский Н. В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. 301 с.
5. Курбатский Н. П. Определение степени пожарной опасности в лесах // Лесное хозяйство. 1957. № 7. С. 53–57.
6. Леса бассейна Байкала (состояние, использование и охрана). Красноярск : Ин-т леса им. В. Н. Сукачёва СО РАН, 2008. 245 с.

7. К оценке изменений пожароопасной обстановки в лесах России при ожидаемом потеплении климата в XXI веке / С. П. Малевский-Малевич, Е. К. Молькентин, Е. Д. Надёжина, А. А. Семиошина, И. А. Салль, Е. И. Хлебникова, О. Б. Шкляревич // Метеорология и гидрология, 2005. № 3. С. 36–44.
8. Мохов И. И. Действие как интегральная характеристика климатических структур: Оценки для атмосферных блокингов // Докл. РАН. 2006. № 409 (3). С. 403–406.
9. Нестеров В. Г., Гриценко М. В., Шабунина Т. А. Использование температуры точки росы при расчёте показателя горимости леса // Метеорология и гидрология. 1968. № 9. С. 102–104.
10. Панина О. Ю. Исследование влияния лесных пожаров на почвы широколиственных лесов (на примере Еврейской автономной области) // Регион. проблемы. 2010. №13 (1). С. 67–70.
11. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды с учётом поясов атмосферной засушливости и сезонов года. Хабаровск : ДВ УГМС, 2000. 46 с.
12. Софронов М. А., Волокитина А. В. Пирологическое районирование в таёжной зоне. Новосибирск : Наука, 1990. 204 с.
13. Влияние природных пожаров в России 1998–2010 гг. на экосистемы и глобальный углеродный бюджет / А. З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко, Е. А. Ваганов, А. И. Сухинин, Ш. Ш. Максюттов, И. Каллум, И. П. Лакида // Докл. РАН. 2011. № 441(4). С. 544–548.
14. Шевцов Е. Г., Сухинин А. И., Пономарев Е. И. Исследование влияния погодных условий на возникновение пожаров от гроз // Хвойные бореальной зоны. 2008. № 25(1–2). С. 47–50.
15. Шубкин Р. Г., Осколков В. А., Воронин В. И. Метод дендрохронологии. Выявление крупномасштабных лесных пожаров и градаций хвоегрызущих насекомых // Лесное хозяйство. 2006. № 2. С. 45–47.
16. Bouguenaya N., Benyahia M., Bouzidi M. Synopsis of Fire's Forest in the Province of Sidi Bel Abbes. Analysis and Cartography // Journal of Agricultural Science and Technology. 2013. Vol. 3: P. 745–750.
17. Bovio G., Quaglino A., Nosenzo A. Individuazione di un indice di previsione per il pericolo // Monti e Boschi, 1984. Vol. 4 (35). P. 39–44.
18. Carcaillet C., Bergeron Y., Richard P. H. Change of fire frequency in the eastern Canadian boreal forests during the Holocene: does vegetation composition or climate trigger fire regime? / Journal of Ecology. 2001. Vol. 89. P. 930–946.
19. Mollicone D., Eva H. D., F. A. Mollicone Ecology: human role in Russian wild fires // Nature. 2006. Vol. 440. P. 436–437.
20. Ward D. E., Hardy C. Smoke emissions from wildland fires // Environment International, 1991. Vol. 17 (2–3). P. 117–134.
21. URL: <http://www.meteo.ru> (дата обращения: 01.06.2017)

УДК 504. 3.054+064. 3+612.014. 464

Изменение климата, приземные концентрации озона и здоровье населения

С. Н. Котельников (skotelnikov@mail.ru)

Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, г. Москва

Аннотация. Дана общая характеристика проблемы тропосферного озона и обозначена ее актуальность для России. Увеличение содержания озона в воздухе, обусловленное климатическими изменениями и ростом загрязненности атмосферного воздуха, может приводить к повышению заболеваемости и смертности населения. Перечислены основные задачи, которые необходимо решить для снижения вредного влияния тропосферного озона и снижения экономических и социальных рисков.

Ключевые слова: изменение климата, приземный озон, здоровье населения.

Введение

В течение последних десятилетий внимание человечества приковано к беспрецедентно высокой скорости климатических изменений, которые проявляются, в частности, в изменении частоты и интенсивности климатических аномалий и экстремальных погодных явлений. В условиях влияния на здоровье населения метеорологических факторов, на территориях с техногенным загрязнением необходимо принимать во внимание модифицирующий эффект от влияния загрязняющих атмосферный воздух веществ. Таким неблагоприятным фактором, связанным с изменением климата, является увеличение интенсивности фотохимического об-

разования озона в приземной атмосфере во время жаркой погоды. Рост содержания озона в приземной атмосфере (тропосфере) и нарастание его токсического действия на население и окружающую среду – одна из актуальнейших экологических проблем для России в настоящее время. Загрязнение приземной атмосферы озоном – существенная опасность для здоровья населения нашей страны. Существует прямая взаимосвязь между уровнем озона в приземной атмосфере и состоянием здоровья населения, распространенностью ряда социально значимых заболеваний (респираторных, сердечно-сосудистых, нейродегенеративных), смертностью, состоянием экологических систем и лесов, урожайностью сельскохозяйственных культур [5–7; 10]. В настоящее время проблеме приземного озона в нашей стране не уделяется должного внимания. Практически отсутствует государственная система мониторинга приземного озона на территории страны, позволяющая иметь полную, достоверную и оперативную информацию об уровнях загрязнения атмосферы в различных регионах страны. Российские медики не информированы об опасном влиянии озона на здоровье. Население не имеет доступа к оперативной информации об опасных уровнях озона в атмосфере. Административные органы не располагают необходимыми методами и средствами контроля и управления ситуацией в этой сфере.

Свойства, проявляемые озоном в стратосфере и приземном слое атмосферы

В стратосфере озон (O_3) выполняет важную положительную роль для всей биосферы – он экранирует жесткое солнечное ультрафиолетовое излучение, губительное для всего живого. В тропосфере, наоборот, озон проявляет свои особые токсические свойства и является опасным (высшего класса опасности) загрязнителем воздуха. При повышенных концентрациях он оказывает вредное воздействие на человека, животных, растительность и материалы. Озон, являясь малой газовой составляющей атмосферы, играет ключевую роль в фотохимии тропосферы, а его содержанием определяется баланс многих атмосферных газов. Так как приземный озон является **вторичным загрязнителем** атмосферы, появление его в больших концентрациях свидетельствует о значительном загрязнении воздуха выхлопами автотранспорта и другими продуктами высокотемпературного сгорания. В приземном слое атмосферного воздуха озон образуется в результате фотохимических реакций с участием оксидов азота (NO_x), летучих органических соединений (ЛОС) и ряда других веществ, называемых предшественниками (прекурсорами) озона. Эти вещества могут под действием ветра распространяться от источников эмиссии на сотни километров и в мало урбанизированных сельских районах создавать эпизоды с высокими приземными концентрациями озона (ПКО). Озоновые эпизоды с аномально высокими ПКО могут иметь размеры 1000 км. x 1000 км. и более. Интенсивная генерация озона в приземном слое атмосферы происходит при повышенных температурах воздуха и эпизоды с высокими ПКО наблюдаются, как правило, в весенне-летний период.

Индустриально развитые страны столкнулись с проблемой приземного озона ещё в 60–70 годы прошлого столетия. В то время считалось, что это проблема только больших городов, но дальнейшие исследования показали, что высокие концентрации приземного озона образуются и в мало урбанизированных районах, охватывая большие территории и нанося значительный ущерб растительности и здоровью населения. Озон это единственный поллютант, концентрации которого выше в малоурбанизированных районах, чем в городах.

Некоторые результаты исследований

Учитывая особую важность указанной проблемы для нашей страны, Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН совместно с приборостроительным предприятием «ОПТЭК» создали действующую сеть автоматических станций мониторинга атмосферного воздуха для научных исследований, апробации современных сетевых технологий и аналитического оборудования в условиях России [3]. Станции были размещены в городах Санкт-Петербург и Вятские Поляны Кировской области, а также на территории Карадагского природного заповедника в Крыму

Как показали результаты исследований [1; 2; 4], во время жаркой погоды, в загрязнённой атмосфере, происходит интенсивное фотохимическое образование озона и его концентрации в городе и за городом могут достигать в России опасных для здоровья величин. Ле-

том 2010 г. в Московском регионе отмечались аномально высокие приземные концентрации озона (ПКО) [2]. Средние часовые ПКО в атмосфере столицы в летние месяцы превышали значения 450 мкг/м^3 , а в г. Зеленоград и Звенигород были более 500 мкг/м^3 . В условиях эксперимента 17 % крыс погибает за 1 час при концентрации озона 500 мкг/м^3 .

С помощью методов доказательной медицины была определена причинно-следственная связь ПКО с заболеваемостью и смертностью населения летом 2010 на юге Кировской обл. (г. Вятские Поляны) и в Москве. В Вятских Полянах, в самый жаркий месяц июль, ПКО превышающие среднесуточные значения ПДК_{сс} в два раза наблюдались два дня подряд и не привели к статистически значимой корреляции с сердечно-сосудистыми заболеваниями, а в более прохладный август, эти показатели ПКО наблюдались 13 дней подряд и привели к возникновению значимой корреляции с сердечно-сосудистыми заболеваниями. В Вятских Полянах дым от лесных пожаров снизил ПКО и не повлиял на количество вызовов скорой помощи, связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Аномально высокие среднесуточные ПКО в Московском регионе привели к значительному росту случаев пневмонии и смертности населения в июле-августе 2010 г. [5–7]. Дополнительная смертность населения в России, по официальным данным, летом 2010 г. составила около 60 тыс. человек [8]. По оценке ВОЗ экономический ущерб от смертей, вызванный грязным воздухом в России в 2010 г. составил 285 467 млн долл. США [9].

Летом 2016 г. аномально жаркая погода установилась во многих регионах России. Малоподвижный высокий антициклон охватил влиянием не только Урал, но и все ближайшее окружение — от заволжских степей до западносибирской тайги. Столь высокие значения в это время для многих метеостанций являются рекордными. В частности абсолютные суточные максимумы были перекрыты в Ухте, Кирове, Перми, Ижевске, Самаре, Магнитогорске и Тюмени. Такие метеоусловия наиболее благоприятны для фотохимического образования высоких ПКО. В июле 2016 г. среднесуточные ПКО в Вятских Полянах превышали предельно допустимую концентрацию (ПДК_{сс}= 30 мкг/м^3) каждые сутки в два и более раза, а 21 июля она составила рекордную величину 151 мкг/м^3 . Результаты исследований, приведенные в [5–7] показывают, что влияние более низких ПКО уже приводит к отрицательному влиянию на сердечно-сосудистые заболевания. В июле 2010 г. не наблюдалось превышения максимально разовых (ПДК_{мр}= 160 мкг/м^3 , среднее за 20 минут) ПКО, а в июле 2016 эта величина была превышена 148 раз по времени. Превышение ПДК_{мр} по времени в августе 2016 г. за месяц составило 5280 минут (264 раза), а в августе 2010 г. 80 минут (4 раза). По сравнению с аномальным летом 2010 г. ПКО на юге Кировской обл. летом 2016 г. выросли многократно.

Пути решения проблемы

Проблема тропосферного озона является мультидисциплинарной проблемой, требующей внедрения (готова к внедрению 100 %) современной высокоавтоматизированной системы мониторинга тропосферного озона и его предшественников, проведения исследований в области биологии, фундаментальной и клинической медицины, анализа и оценки складывающейся ситуации, сопоставления с санитарными и эпидемиологическими данными, поиска и фиксации закономерностей, разработки методов и технологий информирования населения и органов управления и администрации, прогнозирования и моделирования процессов, разработки методов и подходов к снижению рисков, действий по снижению рисков, работы в области просвещения и обучения.

Для последовательного и контролируемого продвижения к цели — чистому воздуху — в первую очередь необходим **инструмент — государственная система управления качеством атмосферы, основанная на принципе достижения и поддержания национальных стандартов качества воздуха, а национальные стандарты рассчитываются исходя из минимального ущерба здоровью населения.** Такая система включает в качестве одного из элементов инструментальные средства мониторинга озона и его предшественников в приземной атмосфере. Для эксплуатации станций в регионах, обработки и анализа получаемых данных, привязки данных к региональной эпидемиологической и санитарной ситуации, организации

оповещения населения и местных администраций могут быть использованы, например, возможности и кадровые ресурсы местных университетов.

Цели и направления дальнейшего использования получаемой информации

Оценка опасности озона для условий России. Исследование токсикокинетики озона, острых реакций и хронического воздействия на людей его повышенных концентраций. Определение токсического воздействия как кратковременных концентраций озона (среднечасовых, среднесуточных), так и хронических (месяц, год), определение групп риска и возникающих у них проблем со здоровьем.

Оценки рисков. Исследование влияния озона на смертность и оценка влияния на заболеваемость. Исследование влияния на здоровье и анализ цены выигрыша. Выявление переносимости воздействия в популяциях и способов обратимости ущерба для здоровья.

Меры, снижающие риски. Уменьшение выбросов предшественников озона трудно себе представить технически в ближайшее время, кроме того, это не устраняет проблему в мегаполисах. К снижению рисков воздействия озона могут приводить кондиционирование помещений и очистка воздуха, тотальный мониторинг и информирование населения о ситуации, обучение мерам снижения воздействия с помощью доступных средств. Кроме того, могут быть эффективны коррекция поведенческих стереотипов, работа с группами риска (дети, пожилые люди, больные), повышение резистентности организма за счет изменения диеты и образа жизни.

Контроль озона в приземной атмосфере, прогнозирование воздействия приземного озона на население. Накопление и сбор результатов мониторинга, изучение наблюдаемых трендов озона. Разработка методов моделирования и прогноза. Изучение влияния озона на изменения климата. Исследование механизмов образования и транспорта озона в атмосфере. Определение источников эмиссии предшественников озона и оценка перспектив эмиссии предшественников в будущем. Определение взаимосвязи эмиссии предшественников озона с другими проблемами окружающей среды.

Разработка, внедрение и применение индикаторов влияния озона на здоровье населения. К таким индикаторам могут быть отнесены: снижение лёгочной функции, количество потерянных рабочих дней, дни с применением мед препаратов, количество вызовов скорой помощи, увеличение приступов астмы, количество госпитализаций, количество дополнительной смертности и другие факторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положительные аномалии приземного озона в июле-августе 2002 г. в Москве и ее окрестностях / И. Б. Беликов [и др.] // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2004. Т. 40, № 1. С. 75–86.
2. Аномалии концентраций малых газовых составляющих в воздухе европейской части России и Украины летом 2010 г. / А. М. Звягинцев [и др.] // Оптика атмосферы и океана. 2011. Т. 24, № 7. С. 582–588.
3. Содержание озона над территорией Российской Федерации в 2012 г. / А. М. Звягинцев [и др.]. // Метеорология и гидрология. 2013. № 2. С. 121–127.
4. Котельников С. Н., Миляев В. А., Саханова В. В. Положительные аномалии концентрации приземного озона в атмосфере некоторых фоновых районов // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М.: ИГКЭ, 2009. Т. 22. С. 227–234.
5. Котельников С. Н., Степанов Е. В. Влияние умеренных концентраций приземного озона на здоровье населения в г. Вятские Поляны и аномально высоких в г. Москва летом 2010 г. // Тр. конф. «Загрязнение атмосферы городов». г. Санкт-Петербург, 1–3 окт. 2013 г. СПб., 2013. С. 104–105.
6. Котельников С. Н., Степанов Е. В. Влияние приземного озона на здоровье населения // Тр. Ин-та общей физики им. А. М. Прохорова РАН. 2015. Т. 71. С. 72–94. URL: http://www.gpi.ru/trudiof/Vol_71.php
7. Котельников С. Н., Степанов Е. В., Ивашкин В. Т. Содержание озона в приземной атмосфере и заболеваемость в период экстремальной жары летом 2010 года // Докл. Академии наук. 2017. Т. 473, № 4. С. 502–507.
8. URL: <http://ifaran.ru/docs/resolution.pdf>
9. URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0010/276958/PR_Economics-Annex_ru.pdf?ua=1
10. URL: <https://regnum.ru/news/economy/2289449.html?t=1497771524>

УДК 551.583

Атмосферная циркуляция и ее вклад в формирование режима выпадения экстремальных осадков над Иркутской областью

Е. А. Кочугова (kochugovae@mail.ru)И. Р. Николаева (nik.irina94@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Проведен анализ связи выпадения экстремальных осадков с макроциркуляционными механизмами. Выделены осадкообразующие ЭЦМ для Иркутской области. Рассмотрена сезонная динамика повторяемости обильных дождей и снегопадов на примере 11 метеорологических станций Иркутской области.

Ключевые слова: изменение климата, экстремумы, изменчивость, атмосферные осадки, Иркутская область, классификация Б. Л. Дзердзеевского, атмосферная циркуляция

Введение

Изучение особенностей региональных климатических изменений, происходящих на фоне глобального потепления климата, является приоритетным направлением исследований современных международных проектов, многочисленных национальных и региональных программ (CLIVAR, CliC, MedCLIVAR, SPARC и др.). Важное место в этих программах отводится исследованию изменений повторяемости и интенсивности экстремальных погодных явлений, в том числе и экстремальных осадков, поскольку они могут являться причиной серьезных экономических, экологических и людских потерь. Экстремально интенсивные осадки приводят к затоплениям городских и сельскохозяйственных территорий, размывам городского полотна, а также трудно прогнозируемым дождевым паводкам на реках. Интенсивные и продолжительные осадки в виде снега создают колоссальную нагрузку на линии электропередач, приводя к их обрыву, блокируют движение коммунального и частного транспорта, и тем самым наносят ущерб как экономике, так и населению.

Значительный рост экстремальных характеристик климата на фоне малого роста средних величин, ожидаемый по последним оценкам группы экспертов МГЭИК [12], может усугублять соответствующие риски. Такая «раскачка» крайне негативна для любых природных и хозяйственных систем. Поэтому существует необходимость в разработке адаптационных мер по переходу к новым климатическим условиям, которая возможна на основе анализа текущих изменений, оценки уязвимости различных естественных и управляемых систем к критическим уровням климатических воздействий. Особо важен такой подход в региональных масштабах, где крайне высока пространственная и временная изменчивость формирования экстремальных явлений погоды.

Постановка вопроса

Современные климатические модели отражают преимущественно крупномасштабные особенности ожидаемых изменений сезонных и годовых сумм осадков, но имеют существенные ограничения, связанные с возможностью моделирования пространственно-временной структуры экстремальных осадков. Оценки характеристик экстремальности осадков, полученные по наблюдениям и по модельным данным, имеют погрешности в десятки и даже сотни процентов [1, 3, 6]. Причина этого, по мнению авторов [6, 10, 11], состоит в недостаточной изученности механизмов, определяющих формирование экстремальных осадков и их изменчивость.

Изменчивость атмосферных осадков изучалась многими учеными, большинство из них отмечают [1, 4], что в последние десятилетия произошло увеличение повторяемости и интенсивности экстремальных осадков в разных частях Земного шара, например, в Австралии, Италии, на западе Германии, на северо-востоке Пиренейского полуострова, а также в России. Причем увеличение частоты и выраженности (интенсивности) этой метеорологической величины более характерно для зимнего сезона, чем летнего [2, 11]. Максимум роста наблюдает-

ся в северной половине ЕЧР, на севере Сибири, вокруг Байкала и в районе Сахалина. Области убывания зимой 95-го сезонного процентилля суточных осадков зафиксированы в южной части ЕЧР и на дальнем северо-востоке [2]. Таким, образом, географически эти изменения весьма неоднородны вследствие неоднородности изменений атмосферной циркуляции естественного происхождения.

Данные и методы

В данной статье рассмотрены изменения экстремальных осадков на территории Иркутской области и их связь с режимами циркуляции атмосферы. Для достижения этой цели были использованы данные наблюдений 11 метеостанций, в том числе: Ика, Червянка, Максимова, Братск, Орлинг, Верхняя Гутара, Тулун, Баяндай, Хомутово, Большое Голоустное и Хамар-Дабан. Метеорологические станции были отобраны на основе синоптико-климатического районирования Иркутской области, что позволило наилучшим образом отразить и выявить тенденции изменчивости экстремальных осадков.

Основной массив данных суточных сумм атмосферных осадков создан на основе архива Мирового центра данных Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации ВНИИГМИ-МЦД (<http://aisori.meteo.ru/ClimateR>) и дополнен из отдела фонда данных ФГБУ «Иркутского УГМС». Таким образом, продолжительность временных рядов составила 65 лет (с 1950 по 2015 г.).

В настоящей работе значения осадков, превышающие границу 95 процентиля эмпирического распределения (относительный порог), считаются экстремальными. Этот метод широко используется в работах [2, 5, 6, 11]. Пороговые значения для каждой станции были рассчитаны за базовый период с 1961 по 1990 гг.

Исследования климатических экстремумов направлены на развитие долгосрочных прогнозов, а их результаты важны для решения многих прикладных задач. Прогноз изменения повторяемости экстремальных осадков может быть основан на оценке изменений их крупномасштабных предикторов, в том числе типизации циркуляционных процессов, при которых выпадают интенсивные осадки. Для решения этой задачи была использована типизация циркуляции атмосферы Северного полушария, разработанная под руководством Б. Л. Дзердзеевского. Ее структура и накопленный материал («Календарь последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ)» и таблицы продолжительности ЭЦМ по месяцам и годам насчитывают 115 лет!) дает возможность оценить предстоящие изменения климата. На основе ежедневных синоптических карт Северного полушария в типизации выделено 4 группы циркуляции (зональная, нарушение зональности, меридиональная северная и меридиональная южная), 13 типов и 41 подтип ЭЦМ, который является основной единицей типизации. Материалы типизации размещены на сайте www.atmospheric-circulation.ru.

Основные результаты

Определив пороговые значения [9], рассмотрим сезонные особенности суточных максимумов осадков на территории Иркутской области. Для этого для каждого сезона года было рассчитано число случаев, когда суточный максимум осадков был выше предельного значения. Полученные результаты представлены в табл. 1. На станциях Иркутской области в среднем регистрируют до 5 случаев с экстремальными осадками за сезон. Незначительное увеличение повторяемости наблюдается зимой и летом. Наиболее часто случаи с экстремальными осадками отмечаются в Орлинге (около 21 случая в среднем за год). На рис. 1 видно, что в отдельные годы на этой станции может наблюдаться до 14 случаев (1995 г.) с экстремальными осадками за сезон.

В целом, сезонные изменения повторяемости экстремальных осадков проявляются в незначительном осеннем, что характерно для Западного синоптико-климатического района, и зимнем увеличении, в основном на Верхне-Ленском и Южных районах, а также летнем уменьшении. Аналогичные тенденции наблюдаются на большей части территории Российской Федерации [2, 5]. Это в первую очередь объясняется увеличением влагоёмкости атмосферы, особенно в холодное время года, а также интенсификацией гидрологического цикла летом. Намечившиеся тенденции могут повлиять на сезонные изменения гидрологического

режима на водосборах крупных рек. Так, увеличение количества твёрдых осадков в холодное время года на большей части Иркутской области будет способствовать их аккумуляции в течение этого периода. Весной накопленная за зиму масса снега начнет быстро таять, вызывая весенние паводки и нанося значительный ущерб региональным инфраструктурам и различным видам хозяйственной деятельности.

Таблица 1

Общее число случаев с экстремальными осадками по сезонам за период с 1950 по 2015 гг.

Метеостанция	Зима	Весна	Лето	Осень
Ика	323	281	305	338
Червянка	297	287	275	292
Максимово	319	268	300	331
Братск	316	316	311	308
Орлинга	345	312	347	338
Тулун	303	333	311	306
Верхняя Гутара	285	296	367	318
Баяндай	353	327	312	280
Хомутово	283	252	261	250
Большое Голоустное	344	275	304	278
Хамар-Дабан	337	322	269	262

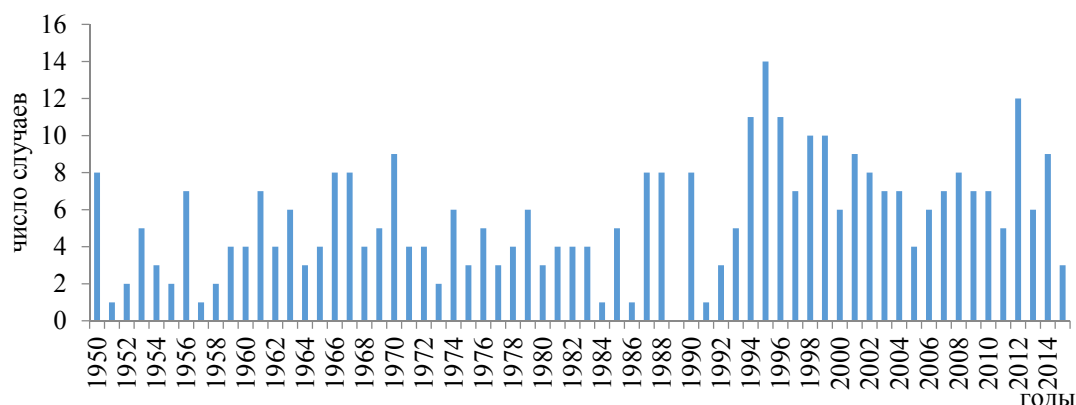


Рис. 1. Многолетние изменения повторяемости экстремальных осадков в зимний период на станции Орлинга

В таблице 2 представлены внутригодовые колебания вклада экстремальных осадков в общую сумму, который изменяется от 28 до 94 %. С февраля по июнь доля экстремальных осадков в общей сумме превышает 54 %. Уменьшение вклада, рассматриваемого показателя, характерно для ноября и декабря (менее 40 %). На таких станциях как Баяндай, Хомутово и Большое Голоустное в среднем за год на долю экстремальных приходится более половины осадков. Наибольший вклад они вносят в марте в виде твердых осадков.

На фоне годового максимума атмосферных осадков в летние месяцы экстремальные осадки составляют треть от сезонной суммы. В этот сезон синоптические условия, при которых отмечаются сильные ливни, могут быть весьма разнообразны. Далеко не всегда сильные ливни связаны с прохождением глубоких циклонов или активных атмосферных фронтов. Иногда даже обычные внутримассовые грозы могут сопровождаться сильными ливнями с суммой осадков до 35–70 мм [7].

В целом за год вклад экстремальных осадков в сезонные суммы на большей части Иркутской области растет.

Таблица 2

Доля экстремальных осадков (%) в общей сумме атмосферных осадков за период с 1950 по 2015 г.

Станция	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Орлинг	34	41	49	54	55	54	54	48	38	40	33	24
Червянка	35	48	68	62	50	60	59	38	49	42	35	37
Максимово	30	41	52	45	46	57	53	43	38	33	26	24
Братск	31	44	59	58	51	66	53	94	38	38	31	27
Тулун	37	44	73	61	61	57	45	45	46	41	42	36
Верхняя Гутара	68	75	74	54	46	49	35	41	40	45	60	55
Баяндай	53	63	77	66	69	58	43	53	49	50	41	45
Ика	37	47	66	53	57	57	53	42	47	38	35	33
Хомутово	44	60	74	74	67	59	46	48	49	50	46	46
Большое Голоустное	71	76	84	79	70	62	45	54	54	75	63	69
Хамар-Дабан	44	56	49	41	41	54	30	39	32	32	30	38

Условия выпадения экстремальных осадков существенно различаются по сезонам года. Для выявления связи между выпадением экстремальных осадков и ЭЦМ, по материалам ежедневных данных наблюдений и «Календаря последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов» было рассчитано число дней с экстремальными осадками для 41 подтипа ЭЦМ. В табл. 3 приведен процентный вклад (свыше 3 %) макроциркуляционных процессов в общее количество экстремальных осадков.

Таблица 3

Процентный вклад макроциркуляционных процессов (свыше 3 %) в общее количество экстремальных осадков, рассчитанный за период с 1950 по 2015 г.

Станция \ ЭЦМ	3	8a	9a	10б	11a	11б	12a	12бз	12бл	12вз	12г	13з	13л
Червянка	2,8	2,9	3,8	2,6	4,1	2,4	8,0	2,9	3,3	3,1	3,1	9,6	12,4
Максимово	3,5	4,7	4,2	2,2	3,3	2,2	7,7	4,2	1,8	2,9	2,3	9,2	10,0
Братск	2,0	3,3	3,3	2,5	2,3	3,1	9,0	3,5	2,9	3,3	2,8	9,4	11,9
Орлинг	3,0	5,0	3,7	3,0	2,9	3,0	8,8	3,7	3,7	3,0	3,1	8,5	11,2
Тулун	2,8	3,4	4,0	2,9	3,7	3,5	7,3	3,9	2,8	2,6	3,0	9,6	11,4
Верхняя Гутара	3,6	3,5	4,0	2,5	2,9	2,6	6,9	3,1	3,3	2,9	4,0	8,9	12,7
Баяндай	2,9	3,8	3,9	3,5	3,4	2,6	6,9	3,3	2,5	2,9	3,1	8,8	12,0
Ика	2,6	3,8	4,5	2,8	4,2	2,2	7,5	2,8	3,2	1,8	2,9	8,1	13,8
Хомутово	2,6	3,8	4,7	2,7	2,7	3,1	6,6	3,3	3,3	2,7	2,8	10,4	13,9
Большое Голоустное	3,9	3,9	4,7	3,4	3,0	2,8	8,0	3,4	2,3	2,5	2,7	10,3	11,4
Хамар-Дабан	3,3	4,0	4,0	2,4	3,0	2,3	7,2	4,9	2,4	2,9	3,3	10,8	11,0

Максимальный вклад в поступление экстремальных осадков вносит ЭЦМ 13л (широтная западная циркуляция), при котором на каждой метеостанции было зафиксировано более 10 % выпавших экстремальных осадков, 13з (широтная западная циркуляция и стационарное положение) и 12а (долготная северная). Полученные результаты хорошо согласуются с данными Н. К. Кононовой, которая в своей работе [8] оценила вклад ЭЦМ в формирование: летних паводков, вызванных сильными продолжительными ливнями; наводнений, вызванных весенним снеготаянием в сочетании с обильными осадками и снегопадов в различных районах Восточной Сибири. Дополнительно можно выделить циркуляционные механизмы: 12бз (долготная северная и стационарное положение), 11а (долготная северная и стационарное положение), 9а, 8а (широтная западная).

Следовательно, при таких циркуляционных механизмах как 13л, 13з, 9а, 8а (широтная западная циркуляция) и 12а, 12 бз, 11а (долготная северная циркуляция вероятность выпадения

ния экстремальных осадков на территории Иркутской области наибольшая. В среднем за период с 1950–2015 гг. на 7 указанных ЭЦМ пришлось 44 % всей суммы экстремальных осадков, в то время как на оставшиеся 34 ЭЦМ – лишь 56 %.

Рассмотрим многолетние изменения каждого циркуляционного механизма, сопровождающегося выпадением экстремальных. Многолетняя динамика 13л (летняя широтная западная) ЭЦМ для отдельных станций представлена на рис. 2. Многолетний ход представленных метеостанций в основном согласуются между собой, и корреляция между южными станциями составляет 0,65. ЭЦМ 13л отличается длительностью существования. Так, например, на станции Верхняя Гутара при циркуляции 13л всего за пять дней в 1991 г. (17–21 мая) выпали осадки, превысившие месячную норму (49 мм).

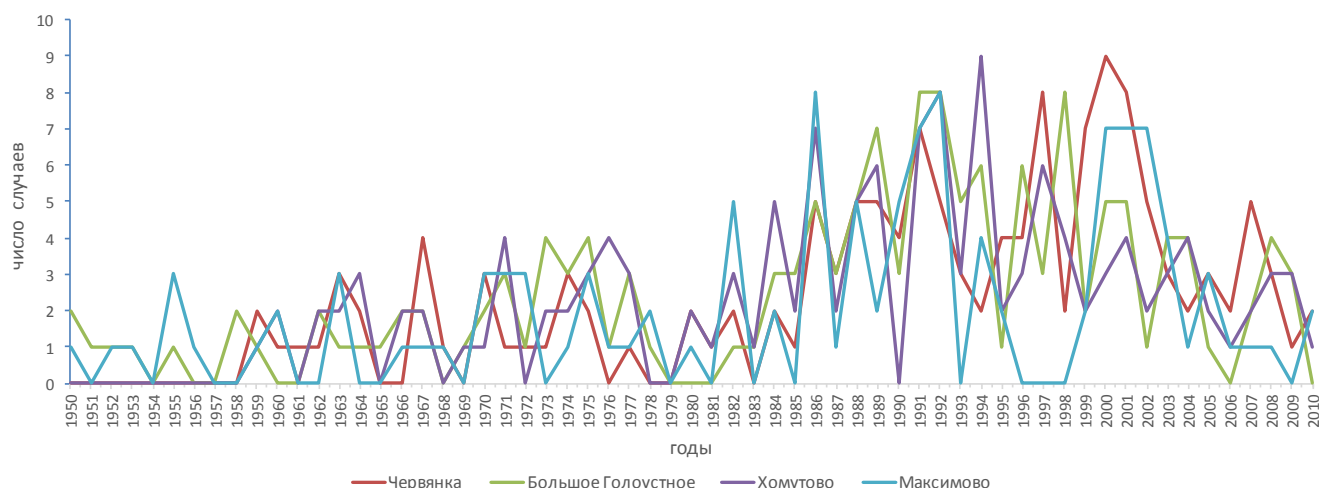


Рис. 2. Динамика повторяемости ЭЦМ 13л (широтная западная), при котором наблюдалось выпадение экстремальных осадков, на станциях Червянка, Максимова, Хомутово и Большое Голоустрое

Не менее часто выпадение экстремальных осадков связано с 13з (зимняя широтная западная циркуляция со стационарным положением) ЭЦМ. Для холодного сезона он является одним из ведущих потоков влагосодержания. Для этого подтипа циркуляции характерно перемещение западных циклонов по северной периферии мощного сибирского антициклона, следовательно, значительное изменение этого макроциркуляционного процесса проявилось на севере и северо-западе исследуемого региона, где коэффициент корреляции между станциями Братск и Орлинг составил 0,6. Из рисунка 3 можно заметить, что большинство экстремумов приходятся на одни и те же годы. Наибольшее число случаев с экстремальными осадками регистрируется на станциях Братск и Орлинг (до 9–11 случаев в год). Следует отметить, что тренд экстремальных осадков за холодный сезон (с сентября по март) на северных метеостанциях (Братск и Орлинг) равен 0,21 мм/10 лет и 0,81 мм/10 лет соответственно, а на станциях Тулун и Баяндай тренд статистически незначим. Это подтверждает траекторию перемещения западных циклонов по северу Иркутской области.

Анализ динамики ЭЦМ 13з показал, что постепенный рост годовой повторяемости, сопровождающийся выпадением экстремальных осадков, начинается с 1981 г. и продолжается до 1997 г. В последнее десятилетие отмечается уменьшение, но и вплоть до 2008 г. повторяемость остается выше средних значений.

Повторяемости ЭЦМ 12а (долготная северная), способствующего выпадению экстремальных осадков, в основном согласуются между собой (рис. 4), так на станциях Червянка и Максимова, расположенных на одной широте (57° с. ш.), корреляция составляет 0,78. На всех метеостанциях в последние годы значительно увеличилось количество случаев с указанным подтипом. В период 1994–2003 гг. повторяемость ЭЦМ 12а на станциях Орлинг и Червянка превышали свои средние значения. Аналогичные изменения характерны и для подтипа 12бз.

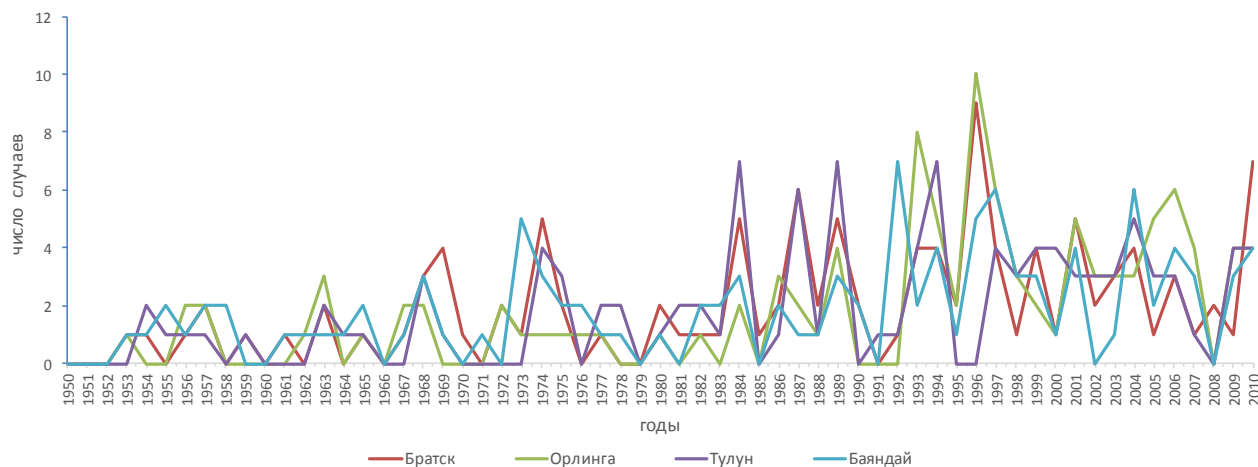


Рис. 3. Динамика повторяемости ЭЦМ 13з (зимняя широтная западная со стационарным положением), при котором наблюдалось выпадение экстремальных осадков на станциях Братск, Орлинг, Тулун и Баяндай

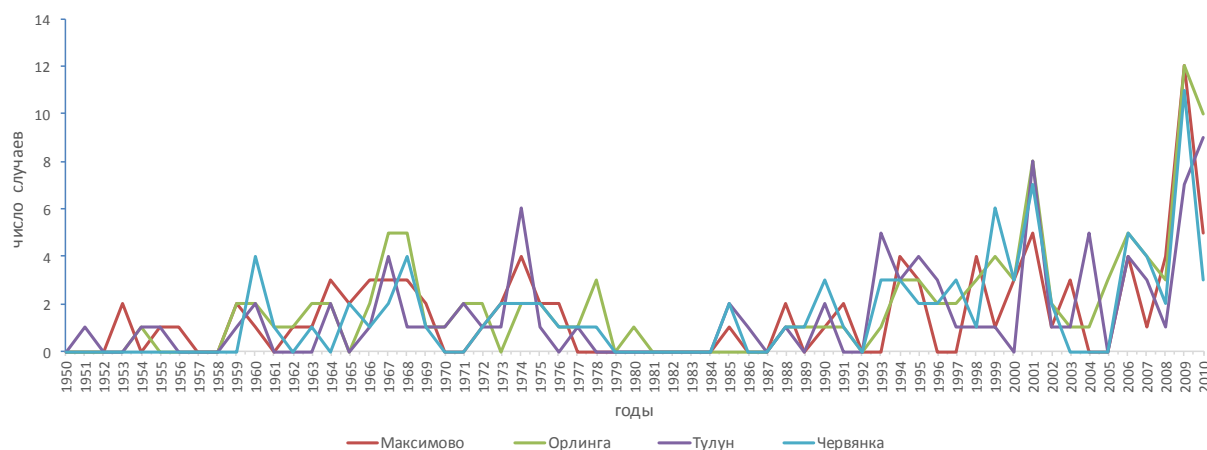


Рис. 4. Динамика повторяемости ЭЦМ 12а (долготная северная), при котором наблюдалось выпадение экстремальных осадков, на станциях Максимова, Орлинг, Тулун, Червянка

Таким образом, преобладающими в зональной циркуляционной эпохе можно считать 13л (широтная западная), а в меридиональной – 12а (долготная северная) ЭЦМ. Рассматривая, количество дней в году с этими элементарными циркуляционными механизмами можно судить о смене циркуляционных эпох в Сибирском секторе (рис. 5, рис. 6).

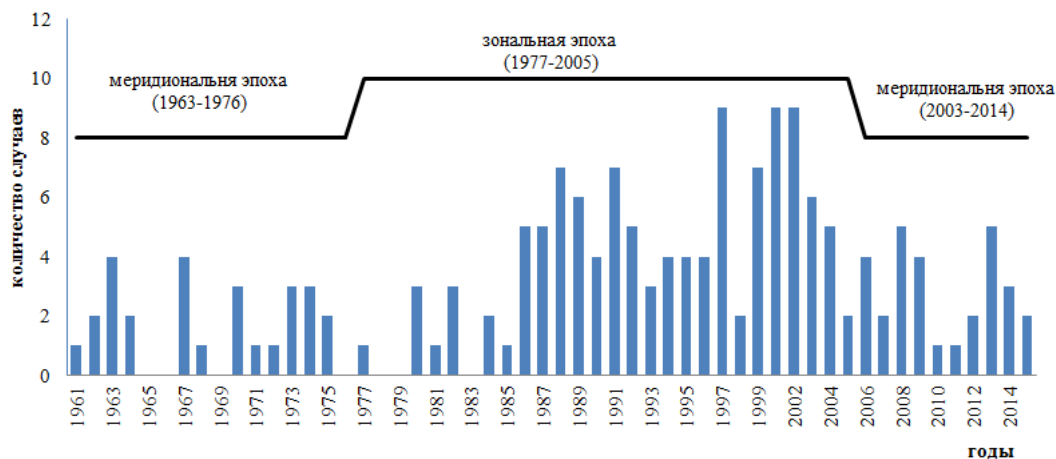


Рис. 5. Распределение случаев выпадения экстремальных осадков на станции Червянка, наблюдавшихся на фоне ЭЦМ 13л (широтная западная) за период с 1961 по 2015 г.

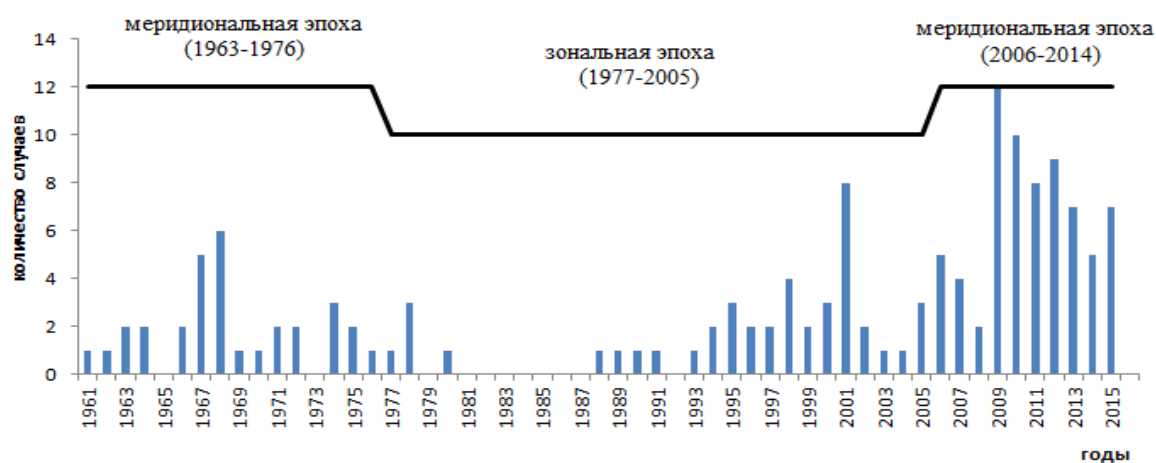


Рис. 6.

Распределение случаев выпадения экстремальных осадков на станции Орлинг, наблюдавшихся на фоне ЭЦМ 12а (долготная северная) за период с 1961 по 2015 г.

Понимание механизмов наблюдаемых изменений атмосферных осадков требует в первую очередь выявления тенденций циркуляционных характеристик атмосферы. В целом рассматривая две меридиональные циркуляционные эпохи (1963–1976 гг.) и (2006–2015 гг.), на территории Иркутской области, было выявлено, что современная циркуляционная эпоха является наиболее «экстремальной» по числу дней с обильными осадками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов А. Е., Ефимов В. В. Численные оценки изменения осадков в Черноморском регионе в XXI столетии // Морской. гидрофиз. журн. 2012. № 6. С. 45–58.
2. Бардин М. Ю., Платова Т. В. Анализ гидрометеорологических полей по данным моделирования и долговременного мониторинга // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфов : сб. ст. 2013. № 27. С. 83–91.
3. Башарин Д. В., Полонский А. Б., Станкунавичус Г. Вероятностные изменения в поле температуры и осадков в Европе к концу текущего столетия // Морской гидрофиз. журн. 2013. С. 174–178.
4. Современная пространственно-временная структура поля экстремальных осадков на территории Западной Сибири / М. А. Волкова, Н. Н. Чередыко, К. И. Соколов, Л. А. Огурцов // Вестн. Том. гос. ун-та. 2015. № 390. С. 202–210.
5. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. : Росгидромет, 2014. 59 с.
6. Золина О. Г., Булыгина О. Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России // Фундам. и прикл. климатология. 2016. № 1. С. 84–102.
7. Кононова Н. К. Циркуляционные эпохи в секторах Северного полушария в 1899–2014 гг. // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2015. Т. 1 (11), вып. 2. С. 56–66.
8. Кононова Н. К. Изменение осадков холодного периода и продолжительность макроциркуляционных процессов, обуславливающих их выпадение в различных районах Восточной Сибири // Лед и снег. 2010. № 3 (111). С. 47–57.
9. Кочугова Е. А. Динамика климатических экстремумов на территории Иркутской области. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. 171 с.
10. Пищальникова Е. В. Аналитический обзор современного состояния проблемы влияния циклонической деятельности на условия формирования обильных осадков в холодный период года // Географ. вестн. 2014. № 1 (28). С. 69–79.
11. Изменения экстремальности климата на территории Сибири к середине XXI века: ансамблевый прогноз по региональной модели ГГО / И. М. Школьник, В. П. Мелешко, С. В. Ефимов, Е. Н. Стафеева // Метеорология и гидрология. 2012. № 2. С. 5–23.
12. Climate Grande 2013: The Physical Basis [Электронный ресурс]: сайт. — URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (дата обращения: 13.07.2017).

УДК 551. 510. 534:551. 515. 7

Циркуляционные факторы уменьшения общего содержания озона в Иркутской области

И. В. Латышева (ababab1967@mail.ru)

В. С. Мамаенко (vasiliy.mamaenko@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Исследован многолетний режим аномалий общего содержания озона на территории Иркутской области. Выполнена типизация синоптических процессов формирования минимального содержания озона в 2016 г. над г. Иркутском.

Ключевые слова: общее содержание озона, Иркутская область, синоптические процессы.

Введение

Обострение интереса к озоновой проблеме связано в основном с двумя аспектами – долговременное уменьшение суммарного озона и обнаружение локальных озоновых аномалий. При этом несмотря на большое количество экспериментальных и теоретических исследований, реальные причины убыли суммарного озона до сих пор не установлены [1].

Деградация озона и увеличение концентрации парниковых газов и водяного пара в стратосфере приводят к тому, что в глобальном масштабе за последние 25–30 лет наблюдается выхолаживание стратосферы со средней скоростью около 0,4–0,8 °K за 10 лет [3]. Прогнозы существенного снижения общего содержания озона (ОСО) особенно важны вблизи мегаполисов в связи с повышением УФ-освещенности поверхности при появлении озоновых «мини-дыр».

Считается, что на распределение озона большое влияние оказывает рельеф местности. В 1959 г. К. Раманатаном и Г. И. Кузнецовым открыт «континентальный эффект» озона [8]. Под «континентальным эффектом» понимается существенное изменение общего содержания озона при переходе с одной подстилающей поверхности на другую, например, с моря на континент и обратно. В работе [5] было продемонстрировано торможение потока озона под влиянием рельефа. По данным [12] в зависимости от конфигурации и сложности горной системы изолинии ОСО принимают различное очертание и «густоту».

Установлено, что распределение атмосферного озона и его изменчивость зависят не только от фотохимических реакций, которые вносят вклад в его образование и разрушение, но и от совокупного влияния естественных факторов [2]. Объяснение естественных причин изменчивости поля общего содержания озона (ОСО) основывается на следующих схемах движения масс озона: трансформация атмосферного озона внутри воздушной массы и адвекция воздуха, движение масс озона в зоне струйного течения, стратосферно-тропосферный обмен, перенос озона планетарными волнами и вихрями, а также движение масс озона в системе общей циркуляции атмосферы.

Таким образом, значительные вариации содержания озона непосредственно связаны с адвекцией или горизонтальным перемещением воздушных масс. Арктические воздушные массы характеризуются повышенными значениями ОСО [6].

Для баланса глобального озона в атмосфере крайне важным является стратосферно-тропосферное динамическое взаимодействие. Установлено, что перенос озона через тропопазу является одновременно источником тропосферного озона и стоком стратосферного [7]. Исследования первого десятилетия XXI в. показали, что значительное влияние на распределение озона оказывают вихревые движения. В циклоническом вихре содержание озона повышено, а в антициклоническом – понижено [10].

Полученные данные о вкладе антропогенных и природных факторов в пространственно-временную изменчивость общего содержания озона свидетельствуют о том, что однозначного ответа о доминирующей роли естественного или антропогенного факторов в источнике озонового слоя дать не удалось. В этой связи возникла необходимость изучения цир-

куляционных условий формирования положительных и отрицательных аномалий общего содержания озона на территории Иркутской области, где в последние годы все чаще регистрируются отрицательные аномалии общего содержания озона.

Методика исследования

В настоящее время ежедневные наблюдения за состоянием озонового слоя проводятся регулярно на пяти континентах на 300 наземных станциях в дискретных точках на материках и островах, в том числе в Арктике и Антарктиде [9]. Ежедневные данные поступают в Мировой центр данных наблюдений за озоном и УФ-радиацией (WOUDC – World Ozone and Ultraviolet Data Center, Canada).

В России массив озонных данных сформирован на основе наблюдений за последние 48 лет [11]. Также над территорией России Росгидрометом осуществляется диагностика текущего состояния озонового слоя на основе анализа серии карт, построенных за определённые временные интервалы (сутки и более). Картографическая информация содержит изображения поля ОСО (в е. Д.) за каждый день, абсолютные отклонения (от климатической нормы) значений общего содержания озона (в е. Д.) за сутки, относительные отклонения озона от климатической нормы (в %) и стандартное отклонение (СКО) ОСО от климатической нормы (в е. Д.).

В работе проанализированы карты средних месячных значений и отклонений общего содержания озона (ОСО) по данным Канадского центра за период 1987–2016 гг. Исследовано распределение и многолетняя динамика ОСО на территории Иркутской области. Определены долговременные тенденции изменения общего содержания озона в г. Иркутске. По данным синоптических карт оценивалось влияние барических образований на изменение общего содержания озона в исследуемый период.

Результаты исследования

На рис. 1 показаны значения аномалий ОСО в Иркутской области, определяемых по ежедневным картам за 1987–2016 гг. Установлено, что во все календарные сезоны года количество отрицательных аномалий превышает число положительных аномалий.

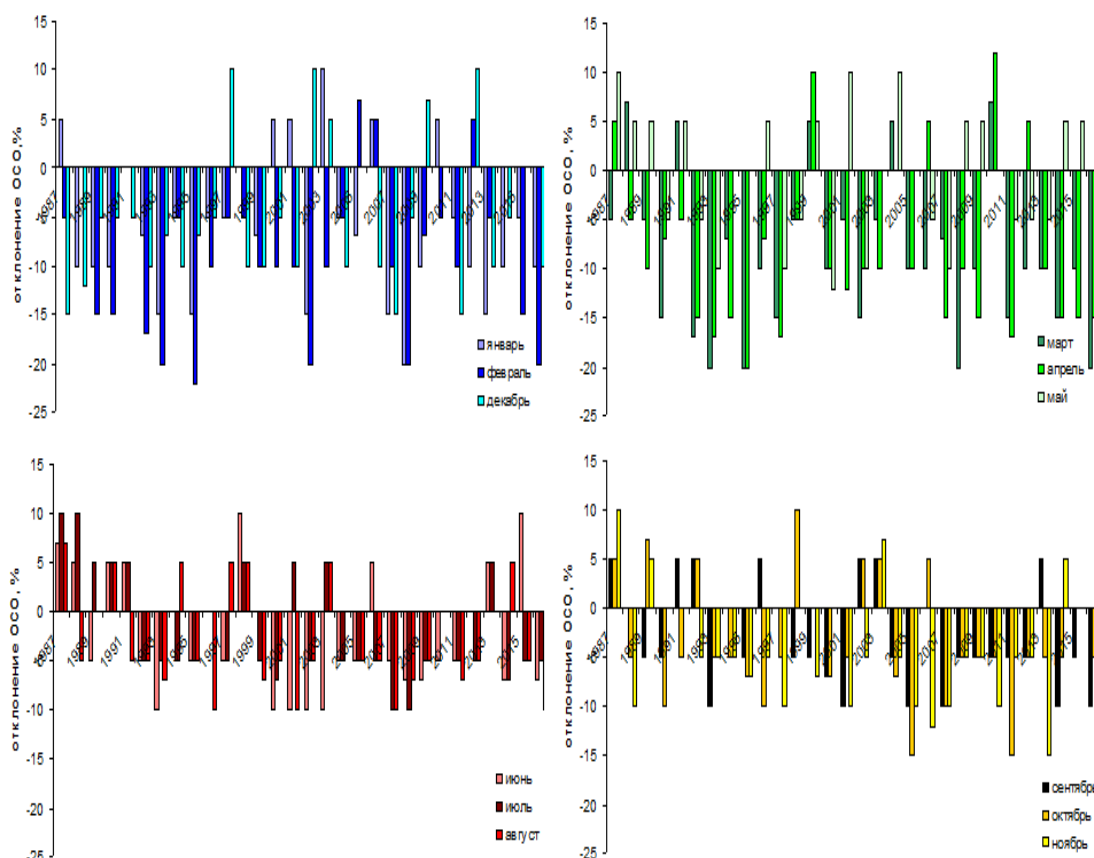


Рис. 1. Изменение общего содержания озона над территорией Иркутской области в 1987–2016 гг.

Наиболее крупные отрицательные аномалии отмечались с января по апрель и максимальных значений (-22 %) достигали в феврале 1995 г. Наиболее крупные положительные аномалии ОСО, напротив, наибольших значений достигали в тёплый период (апрель–июль). Максимальные значения положительных аномалий наблюдались в апреле 2010 г. (+12 %). Наибольший размах колебаний ОСО на территории Иркутской области наблюдался в апреле (32 %) и январе (30 %) (рис. 2).

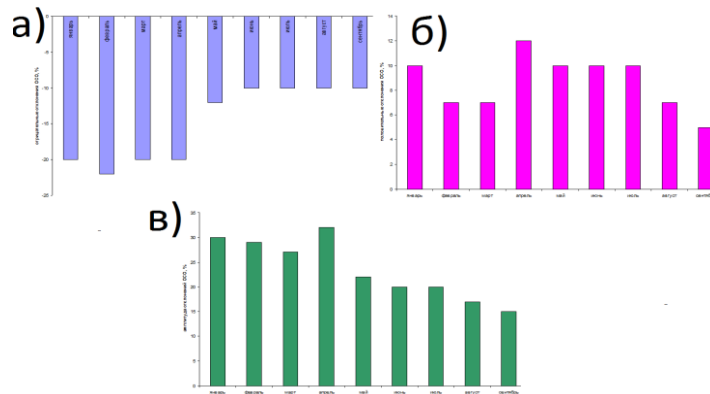


Рис. 2. Максимальные значения отрицательных (а), положительных (б) аномалий ОСО и размах их колебаний над территорией Иркутской области в 1987–2016 гг.

Одной из крупных за последние годы отрицательных аномалий на территории Иркутской области была январская аномалия 2016 г., которая наглядно показана на рис. 3. Отклонение ОСО от многолетних значений в Евразии достигало 50 %. При этом аномалия над Россией 27–31 января 2016 г. классифицируется как озоновая «мини-дыра». Под «мини-дырой» понимают ситуацию, когда значения общего содержания озона составляют менее 220 ед. Д. и сохраняются в течение до 1 недели.

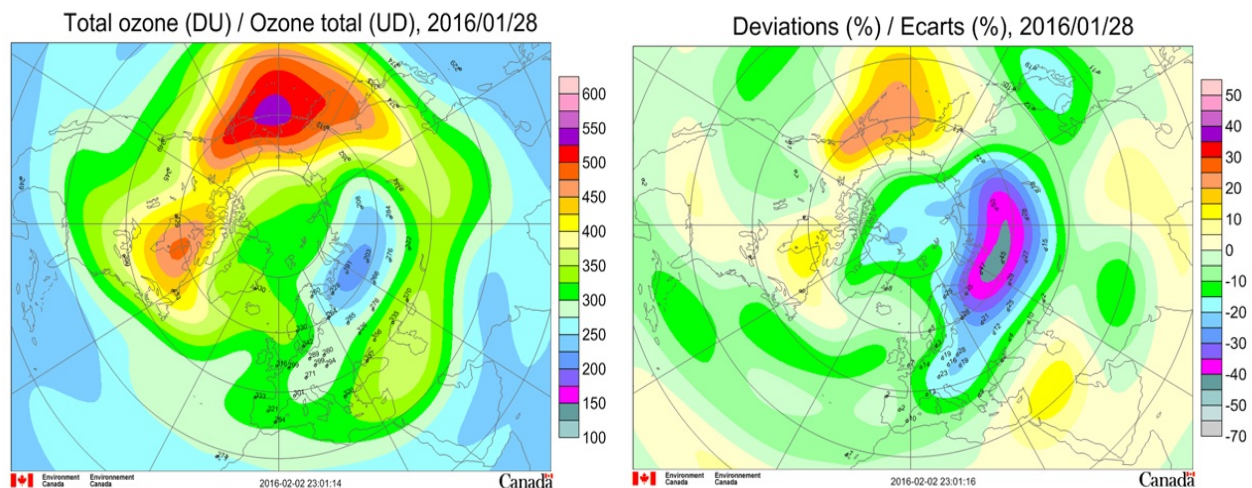


Рис. 3. Распределение ОСО (ед. Д.) и аномалий ОСО (%) по данным WOUDC с учётом данных российской озонметрической сети 28 января 2016 г.

В работе выполнен анализ приземных барических полей для случаев с отрицательными аномалиями общего содержания озона над территорией Иркутской области по ежедневным картам 2016 г. Выявлено, что отрицательные аномалии общего содержания озона в Иркутской области у поверхности Земли в 87 % случаев отмечались при антициклональных барических полях (табл. 1).

Таблица 1

Типизация синоптических процессов у поверхности Земли при формировании отрицательных аномалий ОСО над территорией Иркутской области в 2016 г.

месяцы	Восточная периферия антициклона	Центр антициклона	Западная периферия антициклона	Южная периферия антициклона	Северная периферия антициклона	Северо-восточная периферия антициклона	Передняя часть циклона	Юго-восточная периферия антициклона	Ось ложбины	Тыл гребня	Малогradientное поле	Северная периферия циклона	Южная периферия циклона	Всего случаев
Январь	2	4		1	1	1		2						11
Февраль	3		1	1	1									6
Март	2		2		1		2			1			1	8
Апрель	2	1												3
Май														
Июнь														
Июль												1		
Август				1					1					2
Сентябрь											1			
Октябрь														0
Ноябрь			1											1
Декабрь						1								1
Всего	9	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	32

Таким образом, годовое распределение отрицательных аномалий общего содержания над территорией Иркутской области тесно согласуется с данными, полученными для территории Северного полушария в целом с максимумом числа случаев в холодный период, особенно зимой [3].

Проведённая нами типизация отчётливо отражает влияние процессов антициклонального типа при формировании отрицательных аномалий общего содержания озона над территорией Иркутской области. Полученные результаты хорошо согласуются с ранее выполненными исследованиями Гушиным Г. П. и Виноградовой Н. Н. [4], Сыроваткиным О. А., Кароль И. Л., Шаламянским А. М. и Клягиной Л. П. [10].

Заключение

На территории Иркутской области в период с 1987 по 2016 гг. выявлено преобладание отрицательных аномалий общего содержания озона над положительными, особенно зимой и весной. Минимальное количество как положительных, так и отрицательных аномалий общего содержания озона, приходится на летние месяцы.

Установлено, что недостаток общего содержания озона в Иркутской области связан с влиянием антициклонических полей у поверхности Земли при длительном стационарировании местной воздушной массы со слабым меридиональным и зональным воздухообменом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Озонный щит Земли и его изменения / Э. Л. Александров, Ю. А. Израэль, И. Л. Кароль, А. Х. Хргиан. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 288 с.
2. Биоиндикация стратосферного озона /под ред. В. В. Зуева. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2006. 228 с.
3. Вишератин К. Н. Межгодовые вариации и тренды среднезональных рядов общего содержания озона, температуры и зонального ветра // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2007. Т. 43, № 4. С. 67–85.
4. Гушин Г. П., Виноградова Н. Н. Суммарный озон в атмосфере. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 238 с.
5. Анализ пространственных вариаций озонового слоя в Южном полушарии по данным спутника / В. Б. Кашкин, В. В. Игнаткин, Т. В. Рублева, А. С. Григорьев // Материалы Всерос. науч. конф. «Модели и методы обработки изображений (ММОИ-2007)». Красноярск : СФУ, 2007. С. 43–45.
6. Матвеев Л. Т. Физика атмосферы. СПб. : Гидрометеиздат, 2000. 751 с.
7. Моханакумар К. Взаимодействие стратосферы и тропосферы. М. : Физматлит, 2011. 452 с.

8. Перов С. П., Хргиан А. Х. Современные проблемы атмосферного озона. Л. : Гидрометеиздат, 1980. 287 с.
9. Стехелин И. Глобальный мониторинг атмосферного озона // Бюл. ВМО. 2008. Т. 57, № 1. С. 45–54.
10. Межгодовые особенности формирования озона в высоких широтах Северного полушария в ноябре–марте 1998–2005 гг. / О. А. Сыроваткина, И. Л. Кароль, А. М. Шаламянский, Л. П. Клягина // Метеорология и гидрология. 2008. № 8. С. 47–57.
11. Общее содержание озона над территорией Российской Федерации / А. М. Шаламянский, И. Л. Кароль, Л. П. Клягина, К. И. Ромашкина // Метеорология и гидрология. 2004. № 8. С. 24–35.
12. Kazimirovsky E. S., Matafonov G. K. Continental scale and orographic structures in the global distribution of the total ozone content // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 1998. Vol. 60, N 10. P. 993–995.

УДК 551.576

Циркуляционные факторы изменения притока воды в оз. Байкал в 1976–2016 гг.

В. Л. Макухин (aerosol@lin.irk.ru)^{1,2}

В. Н. Синюкович (sin@lin.irk.ru)¹

И. В. Латышева (ababab1967@mail.ru)²

¹Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Исследован вклад региональных и глобальных циркуляционных и климатических факторов в формирование многоводных и маловодных периодов притока воды в оз. Байкал в 1976–2016 гг.

Ключевые слова: приток, оз. Байкал, водность рек, циркуляция, климатические индексы.

Введение

Изменения притока в оз. Байкал с начала XX в. происходят волнообразно (циклично), с периодом ~20–30 лет (рис. 1). Последний цикл, начавшийся в 1980 г., должен был закончиться в 2007–2008 гг., однако низкая водность последних лет указывает на его продолжение, либо на растянувшийся переход к следующему циклу [5; 7].

В целом, за период с 1959 г. приток снижался со скоростью около 0,1 км³/год, хотя для него были характерны и многоводные и маловодные периоды. Так, в 1976–1981 гг. приточность была на 18 % ниже средней, а в 1982–1995 гг., наоборот, на 11 % выше [6].

Ожидаемый по основным климатическим сценариям происходящего потепления рост увлажненности на территории Байкальского региона пока не подтверждается. В начальный период потепления (1976–1981 гг.) почти повсеместно имело место аномальное снижение речного стока, сменившееся затем повышением водности рек, продолжавшимся до середины 1990-х гг. В последующий период приточность в озеро вновь стала пониженной, но в основном из-за значительного уменьшения водности главного притока Байкала – Селенги, в то время как сток некоторых других рек, в частности Верхней Ангары, оставался повышенным. Принимая во внимание, что более 80 % бассейна Селенги относятся к очень сухим, сухим и умеренно влажным территориям [1], т. е. испытывают дефицит влаги, то во время потепления этот дефицит должен только увеличиваться из-за роста потерь влаги на испарение. Повышение доли испарившихся осадков, таким образом, способствует дополнительному снижению стока р. Селенги с ростом температуры воздуха.

Значения показателей выражены в модульных коэффициентах. Прямые линии – кусочно-линейные тренды до и после 1996 г.

Такая неоднозначность формирования притока указывает на определенную перестройку стокоформирующих процессов в байкальском бассейне и вызывает необходимость более детального исследования современных изменений приточности в озеро и оценки степени их трансформации в условиях нестабильности климата.

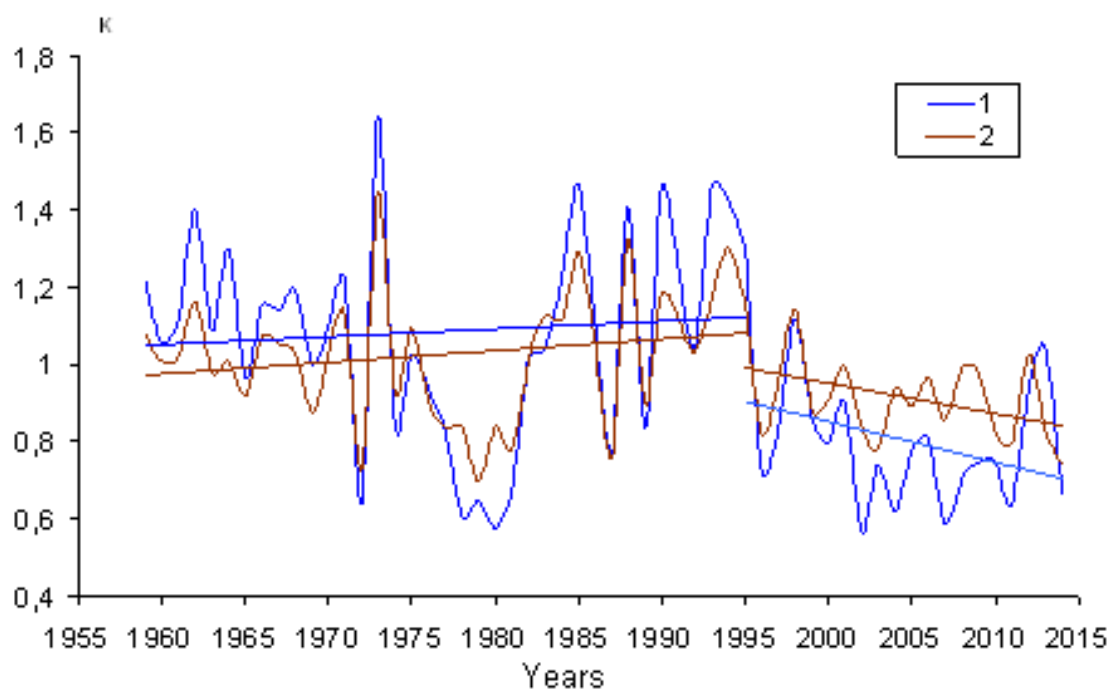


Рис. 1. Многолетние изменения стока р. Селенги (1) и притока воды в оз. Байкал (2).

Постановка задачи

Для исследования погодных и климатических факторов формирования многолетних изменений притока воды в оз. Байкал были рассчитаны аномалии метеорологических полей в многоводный период 1982–1995 гг. и маловодные периоды 1976–1981 гг. и 1996–2016 гг. В работе рассматривался летний период, когда отмечается максимум атмосферных осадков в годовом распределении. В дальнейшем необходимо выполнить анализ циркуляционных факторов для других сезонов года.

Для оценки вклада климатических и циркуляционных факторов в изменчивость притока воды в оз. Байкал применялся корреляционный анализ, на основе которого определялся характер статистической связи полей давления и атмосферных осадков в Байкальском регионе с климатическими индексами. По величине полученных индексов и их знаку можно с достаточной степенью надёжности выделить фазовое состояние конкретного режима изменчивости (положительная, либо отрицательная фаза) [2, 3, 4].

В работе использованы следующие климатические индексы [8, 9, 10]: North Atlantic oscillation (NAO) – северо-атлантическое колебание; Arctic oscillation (AO) – арктическое колебание; North Pacific index (NPI) – северо-тихоокеанский; Pacific/North American pattern (PNA) – тихоокеанско-североамериканский; Southern Oscillation Index (SOI) – индекс южного колебания; Niño's indices – различные индексы Эль-Ниньо; Central India Monsoon Precip. – индекс муссонной активности осадков в Центральной Индии.

Результаты исследования

Известно, что основной вклад в суммы летних осадков, выпадающих на побережье оз. Байкал, вносят южные («монгольские циклоны»). Необходимым условием для смещения южных циклонов является наличие передней части глубокой меридионально ориентированной тропосферной ложбины, распространяющейся южнее 50° с. ш. Развитие высотной ложбины чаще всего сопряжено с образованием высотного гребня над Уралом.

Таким образом, количество летних осадков в бассейне оз. Байкал напрямую зависит от интенсивности меридиональной циркуляции. Наглядно это отражает многоводный период 1982–1995 гг., когда в зоне блокирования над Уралом действительно отмечался значительный рост геопотенциальных высот (рис. 2, а), а в бассейне оз. Байкал увеличение летних сумм осадков (рис. 2, б) на фоне повышения относительного влагосодержания (рис. 2, в) и понижения температуры воздуха у поверхности Земли (рис. 2, г).

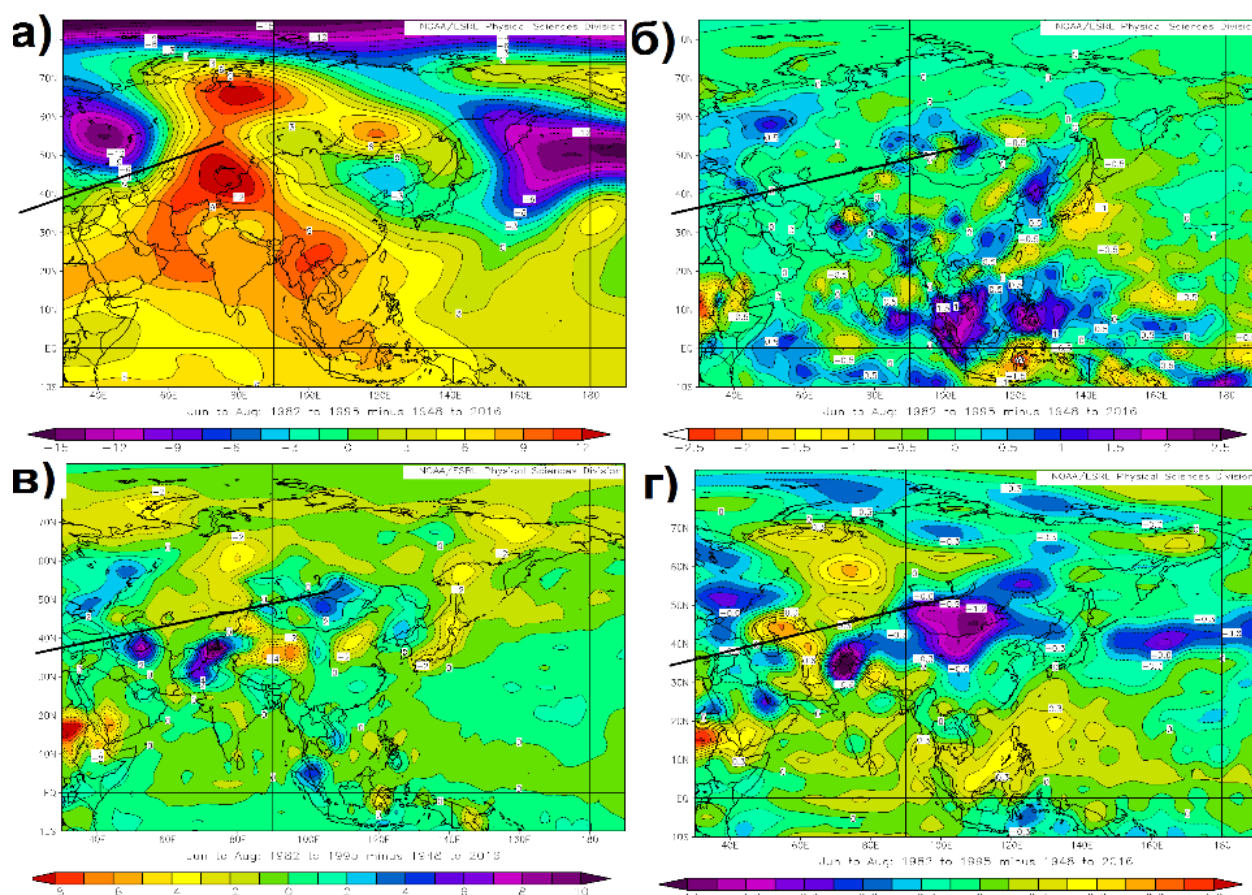


Рис. 2. Аномалии средних месячных значений геопотенциальных высот АТ–500 гПа, м (а), атмосферных осадков, мм/день (б), относительной влажности, % (в) и температуры воздуха, °С (г) у поверхности Земли в июне-августе 1982–1995 гг. по отношению к средним значениям 1948–2016 гг. (по данным Реанализов NCEP/NCAR I, NCEP/DOE II и др.)

В маловодные периоды 1976–1981 гг. и 1996–2016 гг. над Байкалом, югом Иркутской области и Монголией, наоборот, отмечались отрицательные аномалии летних осадков (рис. 3, а, б), уменьшение относительной влажности и повышение летних температур (рис. 3, в, г).

Таким образом, в многоводные и маловодные периоды притока в оз. Байкал хорошо выражены различия в аномалиях летних температур, атмосферных осадков и влажности воздуха, которые имеют региональный масштаб и отражают вклад синоптических процессов, прежде всего активности циклонической деятельности.

Однако более интересными оказались результаты исследований долговременных вариаций циркуляционных полей в исследуемый период 1976–2016 гг. Особый интерес представляет последний, наиболее продолжительный по длительности, маловодный период 1996–2016 гг. Установлено, что именно в этот период существенно меняется структура волновых процессов на высоте ведущего потока (АТ–700 гПа и АТ–500 гПа), в направлении которого происходит смещение циклонов и антициклонов у Земли.

В указанный маловодный период очаг положительных аномалий температур и геопотенциальных высот в зоне 50–70°с. ш. и 60–90°в. д., поддерживающий развитие Уральского блокирующего гребня, ослабевает, но усиливается область роста температур и геопотенциала на юге Восточной Сибири и севере Монголии, т. е. в районе образования южных циклонов, с которыми связан основной приток влаги в Байкальский регион в летние месяцы (рис. 4).

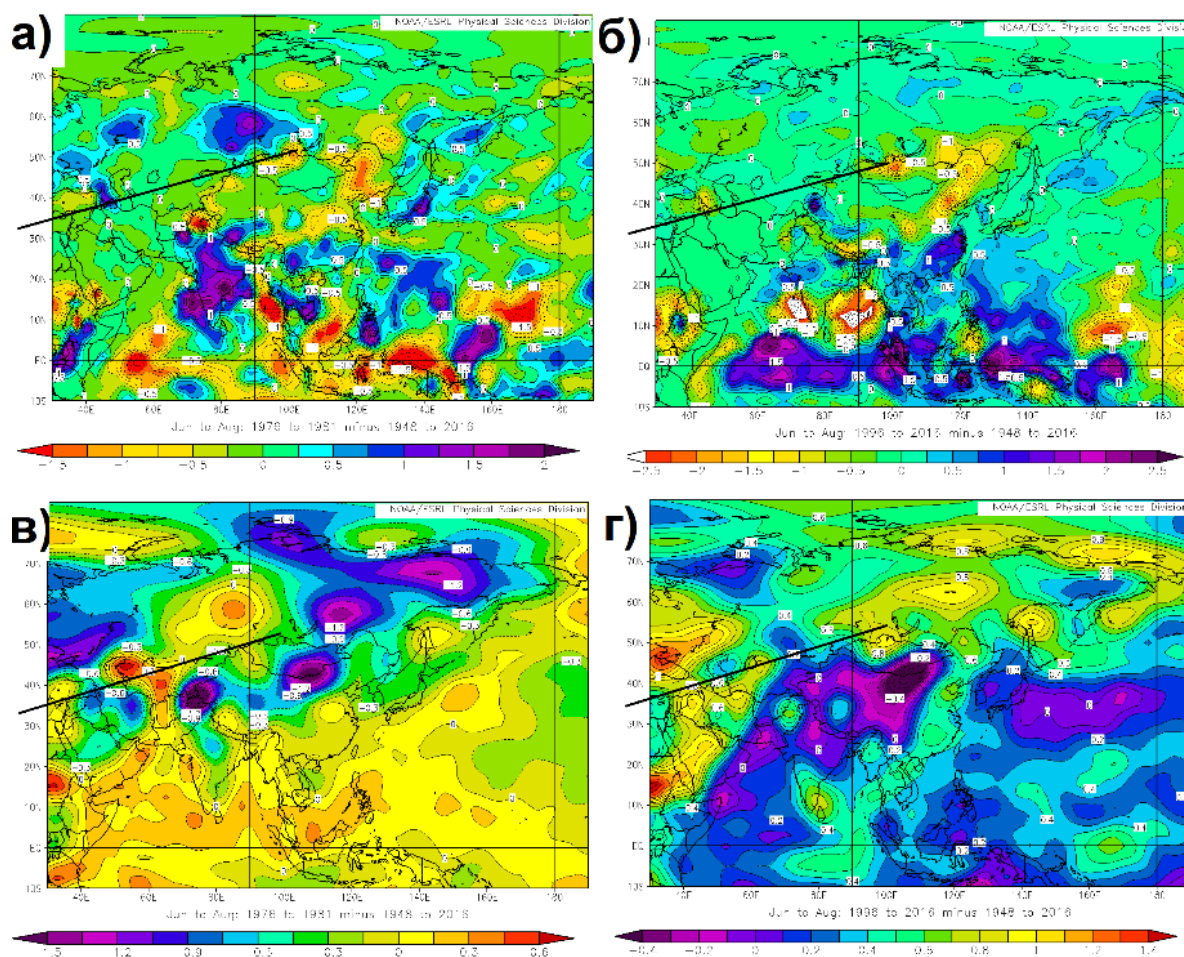


Рис. 3. Аномалии атмосферных осадков, мм/день (а, б) и температуры воздуха, °С у поверхности Земли (в, г) соответственно в июне-августе 1976–1981 гг. и 1996–2016 гг. по отношению к средним значениям 1948–2016 гг. (по данным Реанализов NCEP/NCAR I, NCEP/DOE II и др.)

Кроме того, на высоте ведущего потока в маловодный период 1996–2016 г. усиливается циклоничность в высоких широтах и антициклоничность в умеренных широтах Евразии (рис. 4в), что способствует усилению зонального переноса (рис. 5). Таким образом, в маловодные периоды притока в оз. Байкал (1976–1981 и 1996–2016 гг.) происходит усиление зонального переноса над значительной частью Евразии, включая Иркутскую область (рис. 5а,в), а в многоводный период 1982–1995 гг. в Байкальском регионе наблюдается усиление меридиональности. Кроме того, в многоводный период ведущий поток более слабый, а в маловодные периоды он более сильный.

Корреляционный анализ вариаций полей давления и атмосферных осадков в летние месяцы в бассейне оз. Байкал с климатическими индексами показал следующее. В Байкальском регионе в маловодный период 1996–2016 гг. ослабевает прямая корреляционная связь количества выпавших осадков и атмосферного давления с индексом Южного колебания и атлантическим колебанием.

В маловодные периоды проявляется положительная статистическая связь летних осадков с индексом АО, т. е. с зональным переносом, а в многоводный период эта связь отрицательная. В маловодные периоды слабая отрицательная связь давления и атмосферных осадков с тихоокеанским индексом, а многоводный период слабая положительная корреляция.

Интересно, что в маловодные периоды на Байкале отмечается усиление обратной статистической связи атмосферного давления с индийским индексом активности муссона, который поддерживает развитие Центрально-Азиатской депрессии (рис. 7).

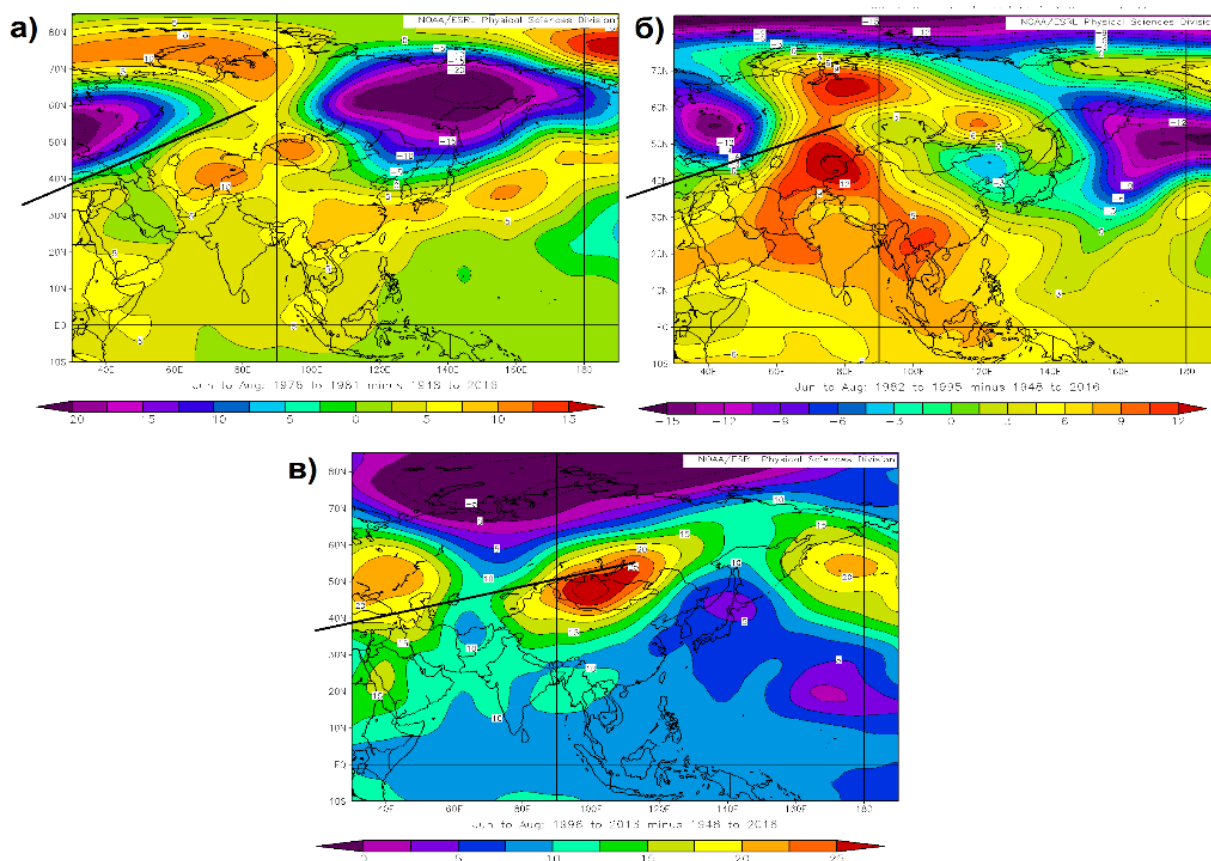


Рис. 4. Аномалии средних месячных значений геопотенциальных высот АТ-500 гПа в июне-августе 1976–1981 гг. (а), 1982–1995 гг. и 1996–2016 гг. (в) по отношению к средним значениям 1948–2016 гг. (по данным Реанализов NCEP/NCAR I, NCEP/DOE II и др.)

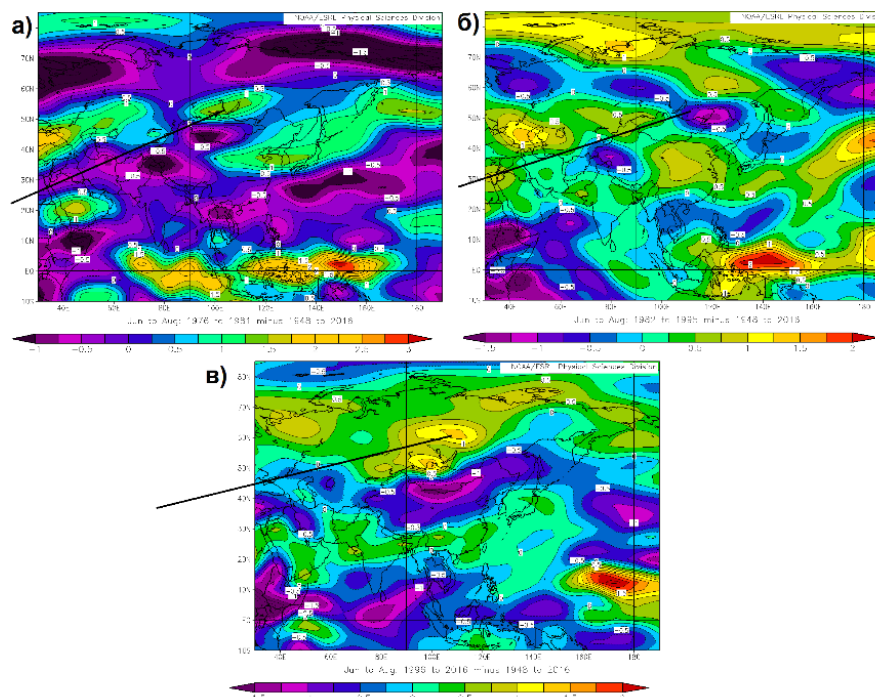


Рис. 5. Аномалии средних месячных значений зонального ветра (м/с) на АТ-500 гПа в июне-августе 1976–1981 гг. (а), 1982–1995 гг. и 1996–2016 гг. (в) по отношению к средним значениям 1948–2016 гг. (по данным Реанализов NCEP/NCAR I, NCEP/DOE II и др.)

Рассматривая влажность слоя активного облакообразования и развития конвекции (1000–500 гПа), обращает внимание увеличение сухости воздуха в последний период (1996–2016 гг.) над большей частью Евразии (рис. 6).

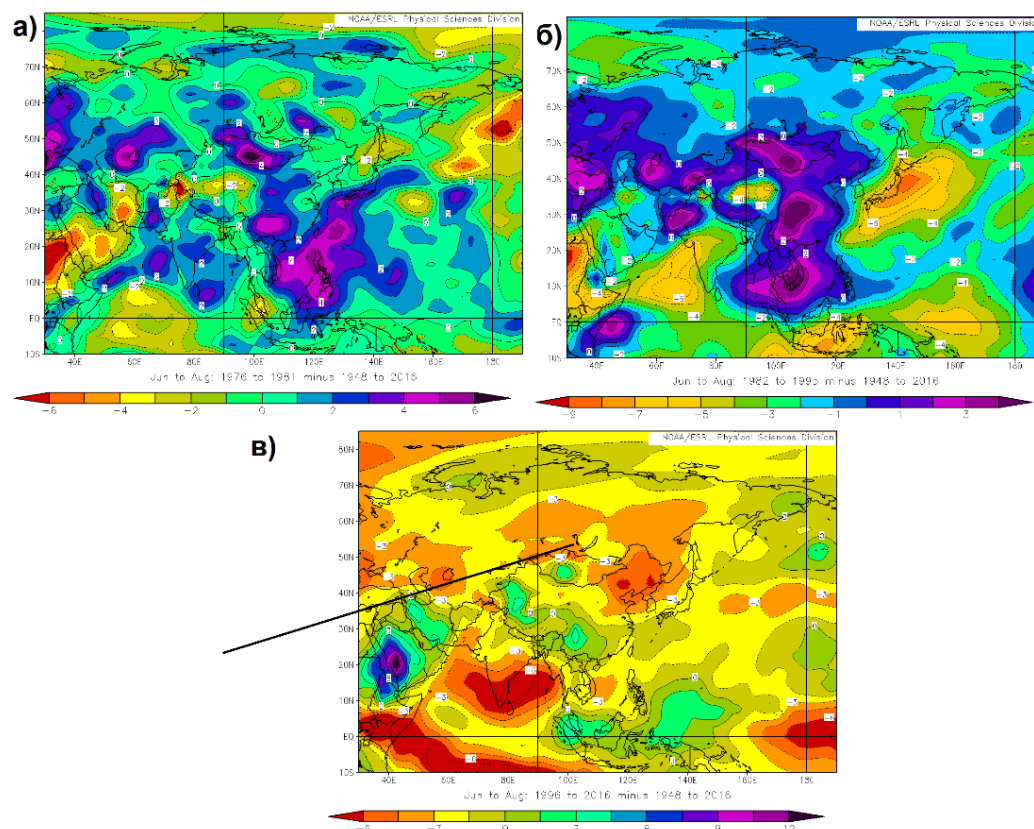


Рис. 6. Аномалии средних месячных значений относительной влажности воздуха (%) на АТ–500 гПа в июне–августе 1976–1981 гг. (а), 1982–1995 гг. и 1996–2016 гг. (в) по отношению к средним значениям 1948–2016 гг. (по данным Реанализов NCEP/NCAR I, NCEP/DOE II и др.)

Заключение

Изменения притока в оз. Байкал в начале XXI в. характеризуются большей продолжительностью выделенных периодов по сравнению с XX в.

Продолжительный маловодный период 1996–2016 гг. хорошо отражает вклад региональных и крупномасштабных атмосферных процессов в уменьшение летних сумм атмосферных осадков в Байкальском регионе.

В увеличение сухости воздуха в летние месяцы 1996–2016 гг. существенный вклад вносят сохраняющиеся длительное время положительные аномалии в поле геопотенциала в районе формирования южных циклонов – основных поставщиков влаги в Байкальский регион, а также ослабление меридиональности потоков на высотах, с которыми связана адвекция холода, определяющая развитие подвижного циклогенеза над Байкалом.

Таким образом, в последние десятилетия в летние месяцы, возможно, на территории Евразии произошла перестройка волновых процессов со смещением блокирующих процессов на восток и усилением зонального переноса. Причиной усиления зонального переноса может быть усиление циклоничности в высоких и антициклоничности в умеренных широтах, а также ослабление адвекции теплого воздуха, поддерживающей развитие блокирующих процессов над Уралом.

Вследствие ослабления меридиональности процессов уменьшается вероятность адвекции холода в Байкальский регион. В результате чего в летние месяцы, когда выпадает максимальное количество осадков, здесь усиливаются процессы антициклогенеза, определяющие продолжительные периоды сохранения сухой и теплой воздушной массы.

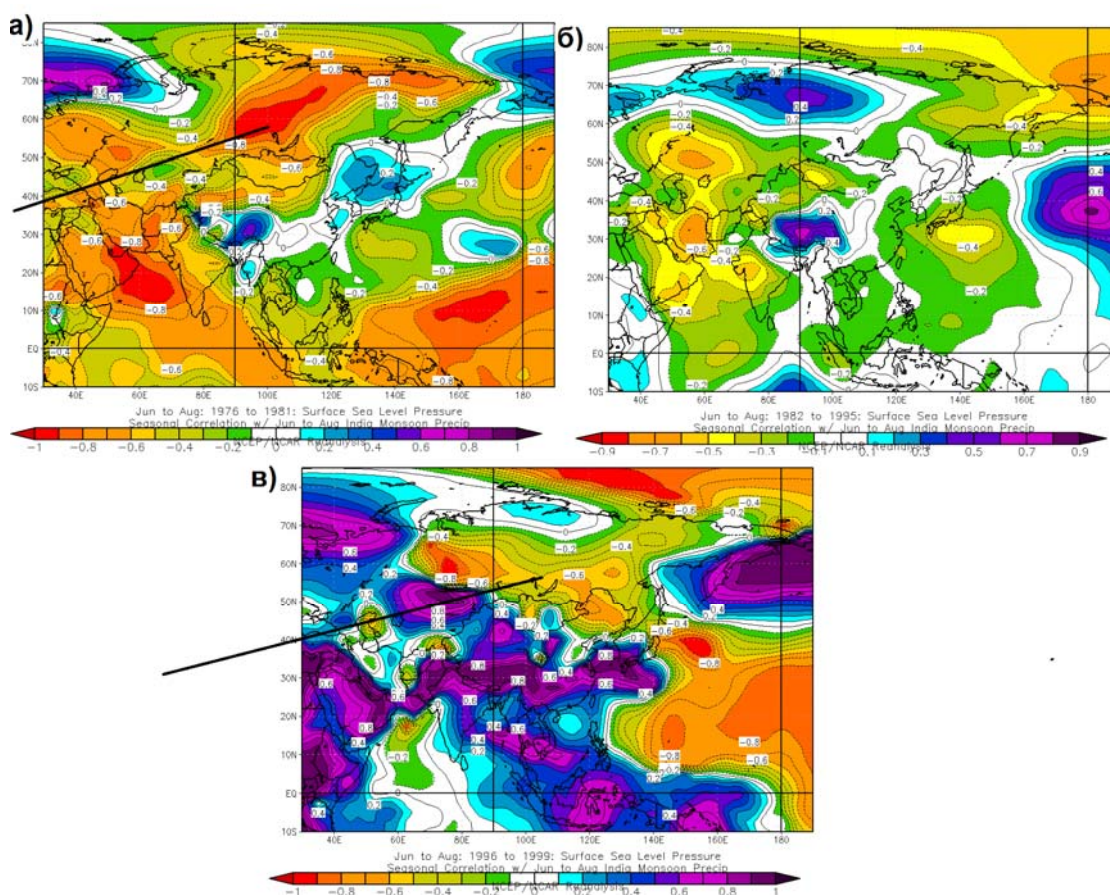


Рис. 7. Изокорреляты средних месячных значений приземного давления с индексом Central India Monsoon Precip. в июне-августе 1976–1981 гг. (а), 1982–1995 гг. (б) и 1996–2016 гг. (в) по отношению к средним значениям 1948–2016 гг. (по данным Реанализов NCEP/NCAR I, NCEP/DOE II и др.)

Следует обратить внимание на ослабление статистической связи атмосферных осадков в Байкальском регионе с индексами: атлантическим и Южного колебания, что может указывать на уменьшение влияния более влажного атлантического воздуха и ослабление дальних климатических связей с тропическими широтами Тихого океана. Так как в последние годы происходит ослабление летнего континентального центра действия – Центрально-Азиатской депрессии, возможно, следует провести более детальный анализ влияния активности индийского муссона, как одного из факторов межширотного обмена, в том числе на исследуемой нами территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюкова Е. В. Ландшафтно-экологический анализ трансграничных геосистем Байкальского региона (Селенгинский район) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 2001. 18 с.
2. Володин Е. М., Галин В. Я. Исследование первой моды низкочастотной изменчивости зимней атмосферной циркуляции в средних широтах Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1998. № 9. С. 26–40.
3. Ипполитов И. И., Кабанов М. В., Логинов С. В. Закономерности современных природно-климатических изменений в Сибири: периодичность приземных температур, давления и некоторых геофизических индексов // География и природ. Ресурсы. 2005. № 1. С. 13–20.
4. Лощенко К. А., Иванова А. С., Олемской С. В. Исследование отклика термобарических полей на теплые и холодные эпизоды ЭНЮК. Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы / XVI Международный симпозиум. Томск, 2009. С. 705–708.
5. Особенности современных изменений притока воды в озеро Байкал / В. Н. Синюкович, Л. Н. Сизова, М. Н. Шимараев, Н. Н. Курбатова // География и природные ресурсы. 2013. № 4. С. 57–63.
6. Синюкович В. Н., Чернышов М. С. О трансформации расчетных характеристик годового и максимального стока главных притоков оз. Байкал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 3. С. 256–263.
7. Шимараев М. Н., Старыгина Л. Н. Зональная циркуляция атмосферы, климат и гидрологические процессы на Байкале (1968–2007 гг.) // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 62–68.

8. Kidston J., J. A. Renwick Hemispheric-scale seasonality of the Southern Annular Mode and impacts on the climate of New Zealand // J. Climate. 2009. Vol. 22. P. 4759–4770.
9. Krichak S. O., Alpert P. Decadal trends in the East Atlantic – West Russia Pattern and Mediterranean precipitation // Int. J. Climatol. 2005. Vol. 25. P. 183–192.
10. Thompson D. W. J., S. Lee M. P. Baldwin Atmospheric Processes Governing the Northern Hemisphere Annular Mode // Climate Significance and Environmental Impact. 2002. Vol. 134. P. 1–31.

УДК 911.2:581.54:551.345

Климатогенная динамика лесных ландшафтов бореальной криолитозоны на западе Среднесибирского плоскогорья

А. А. Медведков (a-medvedkov@bk.ru)

МГУ имени М. В. Ломоносова, г. Москва

Аннотация. Исследованы на примере западной окраины Средней Сибири происходящие в лесных ландшафтах бореальной криолитозоны природно-климатические изменения. Проанализированы последствия потепления климата и роста его нестабильности в форме самых разных откликов: изменения видового состава и возрастной структуры лесов, ухудшение условий воспроизводства таежных биоресурсов, нашествие насекомых (экспансия сибирского шелкопряда), рост пожароопасности, что особенно актуально для типов леса с пониженным транспирационным потенциалом (в т. ч. и для лесов, произрастающих на неглубоко залегающих многолетнемерзлых породах), заметная деградация льдистых пород в темнохвойных ландшафтах ледниковых равнин, вырождение гольцового льдообразования в курумах лесного яруса, кольматация курумов мелкоземом и их дальнейшее зарастание мхами, лишайниками и мелколиственным лесом и др.

Ключевые слова: сибирская тайга, лес на мерзлоте, изменения климата, биоресурсы, лесные пожары, лесные ресурсы.

Введение

Территория бореальной Сибири выступает в современном мире в качестве экологического донора мирового уровня. Сибирская тайга выполняет важнейшую средовоспроизводящую роль, этому способствует огромная площадь нетронутых ландшафтов с высокой степенью биологического разнообразия, а также неопределимая роль значительного массива девственных лесов в стабилизации мировой климатической системы, управлении гидрологическими процессами, продуцировании кислорода и ассимиляции загрязняющих веществ, в том числе импортируемых. Бореальная Сибирь лишь незначительно затронута хозяйственной деятельностью, менее освоена и населена, чем соседние территории. Поэтому климат выступает в качестве основного фактора, влияющего на функционирование здешних природных систем и уклад жизни местного населения. Именно такие регионы особенно интересны для изучения последствий глобальных климатических изменений. Наиболее чувствительными к изменению климата являются лесные ландшафты, расположенные в лесотундре, в северной тайге и на юге бореальной криолитозоны. Это переходные территории, по существу – ландшафты – экотоны, где изменения природных процессов протекают быстрее, и они визуально более заметны. В данной статье мы коснемся только ландшафтов северной и средней тайги (в Приенисейской Сибири средняя тайга приурочена к южной периферии криолитозоны).

Видовые изменения в составе бореальных лесов

Ранняя реакция древесных растений на потепление климата наиболее ярко наблюдается в пределах лесотундры, там, где главным лимитирующим фактором выступает температура воздуха. Появляются данные, свидетельствующие об увеличении сомкнутости притундровых лесов и экспансии древостоя в зону тундры [17]. В условиях потепления климата конкурентоспособность самой распространенной древесной породы – лиственницы, адаптированной к наиболее суровым условиям, уменьшается. Ее вытесняют другие хвойные виды [14].

Учитывая, что продолжительность современного потепления составляет – 35–40 лет, значит результат его воздействия должен прослеживаться на уровне подроста. Поэтому именно видовой состав подроста может выступить в качестве основного индикатора предполагаемых изменений. В такой же роли, наряду с видовым составом могут выступить возрастная структура и численность подроста.

В приенисейской средней тайге смешанного состава среднегодовые температуры и осадки составляют $3,4^{\circ}\text{C}$ и 560 мм соответственно (по данным метеостанции Бор), то в лиственничной тайге их значения равны – $9,0^{\circ}\text{C}$ и 350 мм (по данным метеостанции Тура). В таких природно-климатических условиях исчезают темнохвойные виды, уступая место лиственницы в верхнем пологе леса и в его подросте. Экспедиционной группой под руководством В. И. Харука [14] на обследуемом ими трансекте по направлению течения Нижней Тунгуски выявлены серьезные различия в видовом составе между древостоем и подростом. Выявлено, что в зоне преобладания лиственницы отмечается незначительная доля темнохвойных видов в верхнем пологе (менее 1 %), тогда как в подросте они преобладают, что является доказательством их продвижения в ареал произрастания лиственницы.

Изменения в видовом составе подроста лиственничников свидетельствуют о сокращении ее ареала [14]. На западных и южных границах лиственничников в формировании древесного полога участвуют темнохвойные виды. Данная тенденция способствует уменьшению величины альбедо и возникновению положительной обратной связи, усиливающей потепление климата.

Рост опасности лесных пожаров в бореальной криолитозоне

Пожары в лесах Сибири ежегодно охватывают большие площади. Средняя площадь одного пожара в сибирской тайге составляет около 350 га [9]. Поэтому, тушить такие пожары начинают с большим опозданием, что способствует образованию больших площадей с гарями. В лесах Сибири ежегодно возникает от 4,5 до 27 тыс. пожаров, которые охватывают площадь от 3,5 до 18 млн га. Динамика горимости сибирских лесов за последние годы показывает устойчивую тенденцию роста числа и площади пожаров [15]. Точная площадь гарей неизвестна, что объясняется формальной сложностью их учета. Так, по официальным данным на площади Борского лесхоза (юг Туруханского района) площадь гарей составляет 1,5 тыс. га, но местные специалисты утверждают, что это сильно заниженная величина. Чтобы перевести территории, покрытые лесом, в категорию гарей, необходим приезд лесопатолога из краевого центра защиты леса. А учитывая транспортно-географическую удаленность территории (более 900 км по Енисею от Красноярска), это не всегда возможно. Значимую роль выполняет и заинтересованность региональных органов власти в обозначении более высоких показателей лесистости.

Существенно ослаблена защита лесов в результате существующих инфраструктурных проблем, проявляющихся в отсутствии соответствующей техники (вертолетов, аэропланов) для проведения воздушного мониторинга таежной зоны.

Наряду с увеличением мощности деятельного слоя, еще один важнейший фактор увеличения пожароопасности в сибирской тайге – рост числа неспециализированных лесозаготовителей, которые зачастую игнорируют противопожарную профилактику. На лесосеках, которые ведут неспециализированные лесозаготовители, наряду с порубочными остатками обнаруживается значительное количество брошенной дровяной древесины. Анализ собранных данных показывает, что такие лесохозяйственные ландшафты в первую очередь являются источниками повышенной пожароопасности в сибирской тайге [12].

В последние годы отмечается значительное расширение ареалов погибших от вредителей лесов, участились случаи экспансии сибирского шелкопряда, что связано с появлением оптимальных условий для их размножения после жаркого лета и мягкой зимы. Паразиты поражали значительные площади пихтовых и кедровых лесов, что приводило к их гибели, а ведь мертвый лес – это источник появления многочисленных пожаров и распространения вредителей. По данным С. П. Горшкова (2008), в нижнем течении Ангары и примыкающей к ней части Приенисейской Сибири общая площадь погибших лесов достигла 5000 км^2 [7].

Многочисленные лесопирологические оценки бореальных районов в качестве ведущего фактора пожароопасности рассматривают только растительные горючие материалы, их запасы и динамику свойств горимости [5]. В таких работах из рассмотрения выпадает транспирационный потенциал лесных ландшафтов, роль которого весьма значительна в формировании микроклимата и пожарной обстановки. Здесь существуют существенные различия по типам леса. В пределах бореальной криолитозоны лидерами в воспроизводстве фитомассы являются немерзлотные типы леса и прежде всего елово-кедровая тайга.

Синтезированный анализ температур поверхности и данных полевых исследований показал, что леса на мерзлоте имеют более высокие значения поверхностной температуры [11]. Это объясняется их меньшими запасами фитомассы в виду особой структуры растительного покрова (угнетённость, разреженность древостоя и др.). Чем меньше запасы фитомассы, тем ниже транспирационный потенциал растительного сообщества и выше зависимость частоты пожаров от экстремально высоких летних температур [12]. Полученные значения поверхностной температуры отражают меру потока явного тепла, выбрасываемого ландшафтом. Такие данные оказались весьма индикативными применительно и к мерзлотным, и к немерзлотным ландшафтам, что подтверждено нами при полевых исследованиях [11].

При проведении полевых исследований на севере Енисейского края, нами были встречены наиболее многочисленные следы разновозрастных пожаров в переувлажненных мерзлотных ландшафтах – природных комплексах, которые собственно и характеризуются наиболее высокими значениями поверхностных температур и пониженным транспирационным потенциалом.

Немерзлотные лесные ландшафты, отличающиеся наиболее низкими значениями приповерхностных температур, можно считать самыми ценными в плане проявления их средообразующей (в т. ч. противопожарной) функции в бореальной части криолитозоны. Понимание средообразующей ценности немерзлотных типов леса и их роли в формировании регионального климата, представляется важным для разработки системы по пожарной охране лесов в условиях современных природно-климатических изменений. Полученные результаты и наблюдения позволяют сделать вывод о том, что в условиях продолжительного засушливого периода, леса на мерзлоте быстрее прогреваются и высушиваются, в результате чего и снижается их обводненность. Ерниковые заросли и редкостойная тайга – типичные мерзлотно-таежные ландшафты, но ввиду своих биогеофизических особенностей они не выполняют роль противопожарных барьеров. В сухие периоды такие природные комплексы оказываются наиболее уязвимыми к лесным пожарам. Ряд исследователей – лесоведов [3] отмечают, что исчезновение на местности естественных преград распространению пожара, является основной причиной появления крупных пожаров¹. Роль данного фактора необходимо учитывать при разработке сценариев развития пожароопасной ситуации.

Ухудшение условий воспроизводства таежных биоресурсов

Современное потепление климата в континентальных районах характеризуется резкими колебаниями погодных условий и усилением погодно-климатических аномалий. Все чаще случаются теплые зимы, а весна и осень оказались более растянутыми. Данные изменения отразились на качестве таежных биоресурсов и их динамике.

Сильные заморозки, все чаще случающиеся в период цветения, снижают урожайность таежных ягодников. А ведь брусника, голубика, красная смородина и другие ягоды играют важную роль в кормовом рационе многих представителей животного мира. Так, в 1997 и 1998 гг. в Центрально-Сибирском заповеднике (одном из самых крупных резерватов планеты, территория которого по площади сравнима с Ливаном или Ямайкой) практически полностью отсутствовали ягоды черники, голубики, брусники, жимолости, красной и черной смородины. Скудные урожаи этих ягод отмечались и в 1999 г. Невелики они и сегодня. Жители говорят, что в последние 15–20 лет стало много «больной» (гнилой), осыпающейся ягоды. Подобные тенденции негативно отражаются и на самообеспечении коренного населения [16].

¹ Крупный пожар охватывает площадь не менее одного ландшафтного урочища и носит смешанный характер своего развития. Такой пожар требует специальных организационных мероприятий для его тушения [2].

В современную эпоху участились холодные или очень влажные, а в отдельные годы — сухие летние сезоны. Такие типы погоды неблагоприятно сказываются на продуктивности ягодников. На примере брусники установлена связь между ростом ягод и весом листьев в разные типы лета [8]. Теплым и умеренно-влажным летом вес листьев минимален, это связано с оттоком вещества в растущие плоды. В случае холодного лета, наоборот, плодов образуется мало, оттока не происходит, вес листьев увеличивается. Не способствует образованию плодов и сухое или очень влажное лето.

В зимние оттепели из-за чрезмерной влажности разбухают шишки на елях и из них выпадают семена. Так теряется ценный корм для белок, бурундуков и птиц. По данным местных охотоведов, низкие урожаи ягодников и семян березы привели к уменьшению популяции тетерева. За последние 15 лет у этих птиц изменилась структура пищевого рациона. Теперь тетерев ест молодые побеги и почки деревьев и кустарников, а также семена хвойных деревьев [7]. Снизилась численность глухарей и рябчиков. Одну из причин этого таежные охотники видят в росте численности хищных птиц, которые за последние 10–15 лет стали активнее проникать в тайгу из более южных районов.

Летом 2009 г. отмечен массовый сброс пыльцы хвойных деревьев, преимущественно сосны обыкновенной. Зона только зафиксированного выброса по нижнему течению р. Подкаменная Тунгуска протягивалась более чем на 230 км.

Причиной подобной аномалии стали обильные осадки, выпавшие в начале лета [12]. Дождевая вода быстро смачивает частицы пыльцы и увлекает их вниз. Массовые выбросы сосновой пыльцы обычно происходят вовремя необычно теплой и дождливой погоды [1]. Пока не установлено, как это явление отражается на урожаях семян. Известно лишь, что смещение сроков развития мужских генеративных органов у лиственницы сибирской и сосны обыкновенной в условиях общего потепления осенне-зимнего периода ведет к формированию стерильной пыльцы и низкому урожаю шишек и семян [13].

Реакция мерзлотно-таежных ландшафтов на потепление климата

Наиболее уязвимые к потеплению климата мерзлотно-таежные² ландшафты расположены в пределах ледниковых равнин с темнохвойной тайгой и курумов лесного пояса (яруса) [10]. Данные природные комплексы характеризуются деградацией многолетнемерзлых пород, изменениями микрорельефа дневной поверхности и биотической части ландшафта.

Темнохвойные ландшафты ледниковых равнин

В территориальном отношении данные ландшафтные комплексы располагаются в пределах средней тайги на восточной окраине Западно-Сибирской низменности, а также — в низовьях Подкаменной Тунгуски, на западной окраине Среднесибирского плоскогорья, которая представлена ступенчато-холмистой ледниковой равниной. В ходе наших исследований выявлено, что наименее устойчивая высокотемпературная (-1°C и выше) мерзлота приурочена в основном к ландшафтным урочищам низких вершинных поверхностей и пологих склонов, сложенных глинами, суглинками, с включениями отдельных валунов, а также алеврито-тонкопесчаными отложениями ледникового комплекса. С середины 1990-х гг. по настоящее время кровля мерзлоты ушла вглубь на 1,5–2 м, местами и более, т. е. начался активный процесс деградации мерзлоты, что связано с прогревом многолетнемерзлой толщи до 0°C . Обычно эти места переувлажнены, в их пределах распространена низкорослая редкостойная кедрово-еловая и кедрово-елово-лиственничная тайга, часто с примесью березы на торфянисто-глеевой мерзлотно-почве с мохово-кустарничковым и местами лишайниковым напочвенным покровом. Дневная поверхность в таких урочищах моделируется медленной солифлюкцией (вязкопластическим течением грунта) площадного характера. Следы деграда-

² Мерзлотно-таежные ландшафты — природные комплексы бореальной зоны разного иерархического уровня, ведущим формирующим фактором которых выступает криогенез, определяющий специфику почвообразования (криотурбация, оглеение, высокая влагонасыщенность, замедленная минерализация растительных остатков), экзодинамических процессов (солифлюкция, пучение, термокаст) и особую структуру растительного покрова (угнетенность, разреженность и низкий бонитет древостоя, широкое распространение пихты стланиковой формы, карликовой березы и голубики, типично преобладание сфагновых мхов).

ции многолетнемерзлых пород нашли визуальное отражение в облике вышерассмотренных мерзлотных ландшафтов: исчезновение воды в солифлюкционных окнах-разрывах, локальное замещение солифлюкционных склонов оползнями-сплывами, частое появление упавших деревьев с целиком вывороченной корневой системой стелящегося типа, потерявших опору в виде мерзлого субстрата, что особенно характерно для березы, и для некоторых хвойных.

Курумовые ландшафты лесного яруса

Курумы – грубообломочные склоновые образования из скальных пород, получившие в рамках изучаемого региона основное распространение в правобережной части Приенисейской Сибири, т. е. в пределах Среднесибирского плоскогорья и Енисейского кряжа. В курумах лесной яруса мерзлота отступает активнее, чем в пределах мерзлотного редколесья ледниковых равнин. Основные ландшафтно-геокриологические изменения в курумах предопределены в значительной степени экспозиционным фактором. В первую очередь изменения хорошо выражены на склонах южной и западной экспозиции: между глыбами вытаял гольцовый лед, в результате чего они просели, местами образовались впадины глубиной до 1 м и исчезли подповерхностные холодные ручейки. Сегодня происходит зарастание протаявших курумов лишайниками, кустарничками и отдельными деревьями. Незалесенные курумы в низовьях Подкаменной Тунгуски даже на экспозиционно холодных склонах утратили гольцовый лед. Протаявших курумов много в северной части Енисейского кряжа и западе Среднесибирского плоскогорья вплоть до русла р. Нижняя Тунгуска. Пояс протаявших курумов доходит в среднем до абсолютной высоты – 400 м [12].

Прогнозируемые изменения бореальных ландшафтов криолитозоны

В случае сохранения в XXI в. тренда на потепление климата мы можем ожидать смещение на север зональных ландшафтов [4]. Подобные трансформации будут сопровождаться уменьшением площади мерзлотных ландшафтов. Это будет способствовать увеличению биомассы лесных массивов за счет развития высокобонитетных лесов и более мощного напочвенного покрова. Такие изменения существенно ослабят склоновые процессы и усилят глубинную эрозию в днищах долин низких порядков, что в данном случае будет объясняться отрицательным балансом вещества при усилении защитной роли растительности. Известно, что реки способны врезаться и образовывать долины при наличии на водосборах хорошо развитого почвенно-растительного покрова, сдерживающего механическую денудацию и тем самым предохраняя русловые системы от избытка наносов. Это одно из важнейших и необходимых условий для устойчивого развития глубинной эрозии [6]. Для верхних звеньев гидросети, наиболее чувствительных к изменениям структуры растительного покрова, это должно проявиться в форме перехода их долиной сети в фазу врезания, с накоплением интративного аллювия. Возможные последствия этого – понижение уровня грунтовых вод, снижение обводненности болотных ландшафтов и минерализация торфяных массивов. Минерализация торфяников, учитывая эволюцию природы в ландшафтах-аналогах, будет выступать в качестве важнейшего фактора, способствующего увеличению пожароопасности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (16-35-00327-мол_а) и Совета по грантам Президента РФ (МК-2396.2017.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас погоды: атмосферные явления и прогнозы. СПб., 2010.
2. Валендик Э. Н. Борьба с крупными пожарами. М. : Наука, 1990. 193 с.
3. Лесные пожары в Средней Сибири при аномальных погодных условиях / Э. Н. Валендик, Е. К. Кисимехов, В. А. Рыжкова, Е. И. Пономарев, Й. Г. Голдаммер // Сиб. лесной журн. 2014. № 3. С. 43–52.
4. Величко А. А. Глобальные изменения климата и реакция ландшафтной оболочки // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1991. №5. С 5–22.
5. Волокитина А. В., Софронов А. М. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск : СО РАН, 2002. 306 с.
6. Горшков С. П. Учение о биосфере. Введение. М. : МГУ. 2007. 118 с.
7. Горшков С. П. Экологический шок в Центральной Сибири: причины и следствия // География. 2008. № 4. С. 3–7.
8. Елагин И. Н. Времена года в лесах России. Новосибирск, 1994.

9. Иванова Г. А. Экстремальные пожароопасные сезоны в лесах Эвенкии // Сиб. экол. журн. 1996. № 1. С. 8–13.
10. Медведков А. А. Геоэкологический отклик среднетаежных ландшафтов Приенисейской Сибири на потепление климата конца XX – начала XXI века // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Гео-криология. 2014. № 6. С. 513–524.
11. Медведков А. А. Картографирование криогенных ландшафтов на основе анализа тепловых снимков // ИнтерКарто/ИнтерГИС. 2016. Т. 22, № 1. С. 380–384.
12. Медведков А. А. Среднетаежные геосистемы Приенисейской Сибири в условиях меняющегося климата. М. : МАКС Пресс, 2016. 144 с.
13. Носкова Н. Е., Романова Л. И. Структурно-функциональные свойства мужских генеративных органов у лиственницы сибирской и сосны обыкновенной в условиях изменения климата в Сибири // Вестн. Краснояр. гос. аграр. ун-та. 2013. № 7. С. 175–180.
14. Харук В. И., Двинская М. Л., Рэнсон К. Дж. Лиственничники Сибири и климатические тренды // Природа. 2006. № 8. С. 46–51.
15. Цветков П. А., Буряк Л. В. Исследование природы пожаров в лесах Сибири // Сиб. лес. журн. 2014. № 3. С. 25–42.
16. Medvedkov A. A. The Kets ethnos and its "feeding landscape": ecological-geographical and socio-ecological problems under globalization and changing climate // Geography, Environmental, Sustainability. 2013. Vol. 6, N 3. P. 108–118.
17. Sturm M., Racine C., Tape K. Climate change. Increasing shrub abundance in the Arctic // Nature. 2001. Vol. 411. P. 445–459.

УДК 551.583.551.582

Современные тенденции изменения климата

Республики Кот-д'Ивуар и их влияние на сельское хозяйство

Tea Мишель (thearusse@gmail.com)¹

И. В. Латышева (ababab1967@mail.ru)²

¹Республика Кот-д'Ивуар

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Проведено исследование метеорологических условий, определяющих развитие сельского хозяйства на территории Республики Кот-д'Ивуар в 1948–2014 гг. Предложена методика оценки агрометеорологических условий в период вегетации растений, учитывающая в комплексе температурные, влажностные и ветровые характеристики.

Ключевые слова: климат, сельское хозяйство, агрометеорологические показатели.

Введение

Республика Кот-д'Ивуар расположена в Западной Африке на берегу Атлантического океана. Кот-д'Ивуар – крупнейший мировой производитель и экспортёр кофе, какао-бобов и пальмового масла. Вклад сельского хозяйства в валовый внутренний продукт (ВВП) составляет ~25 %, для сравнения на долю экономического производства приходится всего около 20 %. О значимости сельского хозяйства в социально-экономическом развитии страны говорит высокий уровень занятости населения в этом секторе экономики. По данным Международной организации труда (МОТ), в сельском хозяйстве Республики Кот-д'Ивуар занята почти половина всего населения страны. Поэтому развитие сельского хозяйства – приоритетная задача государства.

Климатический режим Республики Кот-д'Ивуар характеризуется преобладающим влиянием экваториального и тропического типов климата и значительной внутрисезонной изменчивостью годовых сумм атмосферных осадков на фоне неоднородного рельефа и сравнительно незначительным внутригодовым изменением температуры воздуха. Анализ карт средних месячных температур и месячных сумм осадков, составленных по материалам многолетних наблюдений в странах Африки, свидетельствуют о том, что имеет место значитель-

ная межгодовая изменчивость, а в ряде регионов происходят существенные трендовые изменения климатического режима [2].

Связанные с изменениями климата такие последствия, как засухи, могут привести в Республике Кот-д'Ивуар к потере урожая, отсутствию продовольственной безопасности, уничтожению основных средств к существованию, массовой миграции людей и отрицательному росту национальной экономики.

Таким образом, экстремальные метеорологические явления, изменчивость климата и долгосрочное изменение климата создают серьёзные проблемы для будущего развития сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности Республики Кот-д'Ивуар.

Целью данной работы является исследование метеорологических и климатических условий на территории Республики Кот-д'Ивуар по данным Реанализа NCEP/NCAR в узлах точек, совпадающих с расположением станций: Одиенне, Ман, Буаке и Сан-Педро за 1948–2014 гг. В задачу исследования входил расчёт агрометеорологических показателей и оценка их долговременных изменений.

Полученные выводы представляют актуальность для планирования сельскохозяйственного производства Республики Кот-д'Ивуар в условиях наблюдаемых изменений климата.

Анализ развития сельского хозяйства Республики Кот-д'Ивуар

Республика Кот-д'Ивуар – одна из шестнадцати западноафриканских стран с преимущественным развитием сельского хозяйства (рис. 1), на долю которого приходится почти четверть ВВП и около 50 % доходов от экспорта [11–14]. Республика входит в тройку ведущих стран Африки по растениеводству (5,5 %) и в четверку лидеров по животноводству (4,8 %)[9].

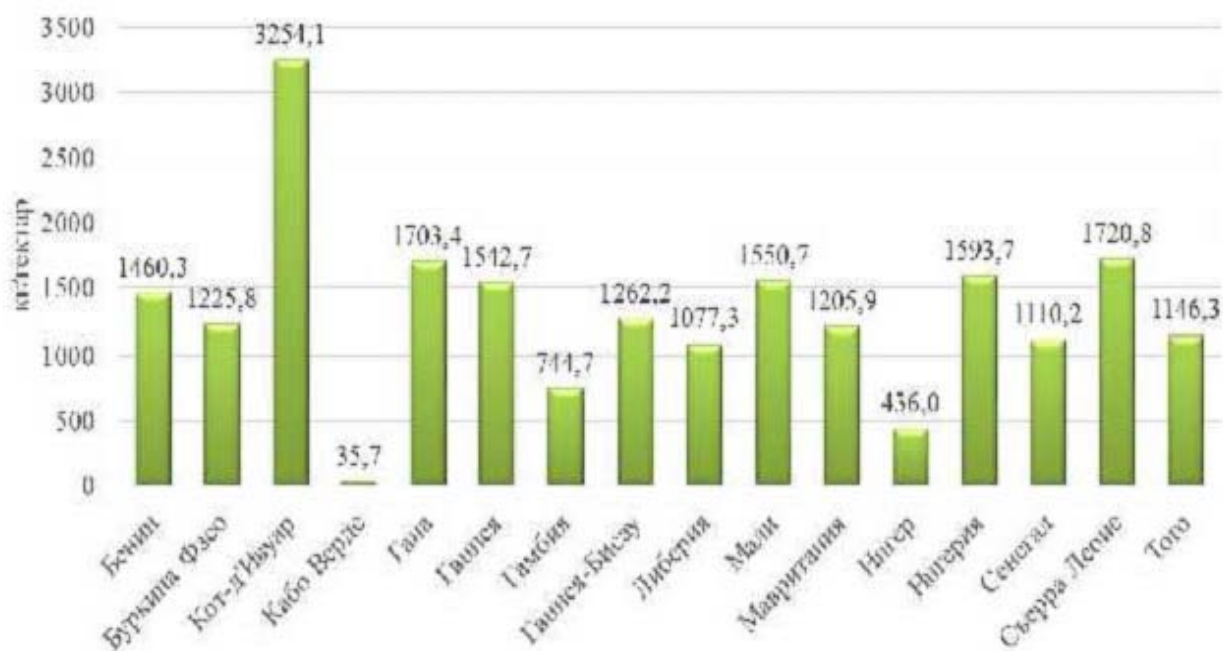


Рис. 1. Средняя урожайность зерновых (кг/га) в странах Западной Африки (по данным Word Bank за 2014 г.)

Важно отметить, что с момента признания независимости экономическая политика Республики Кот-д'Ивуар была ориентирована на развитие сельского хозяйства как базовой отрасли экономики страны [6, 7, 8]. Анализ темпов экономического роста ВВП с 1960 по 2014 гг. (рис. 2), отражает три главных периода: 1960–1980 гг., когда наблюдались высокие темпы роста ВВП; 1980–2000 гг., когда вследствие сильной зависимости экономики страны от резкого падения мировых цен на какао и кофе отмечалось падение темпов экономического роста; с 2000 г. до настоящего времени – период политической нестабильности, который негативно сказывается на социально-экономическом развитии страны.

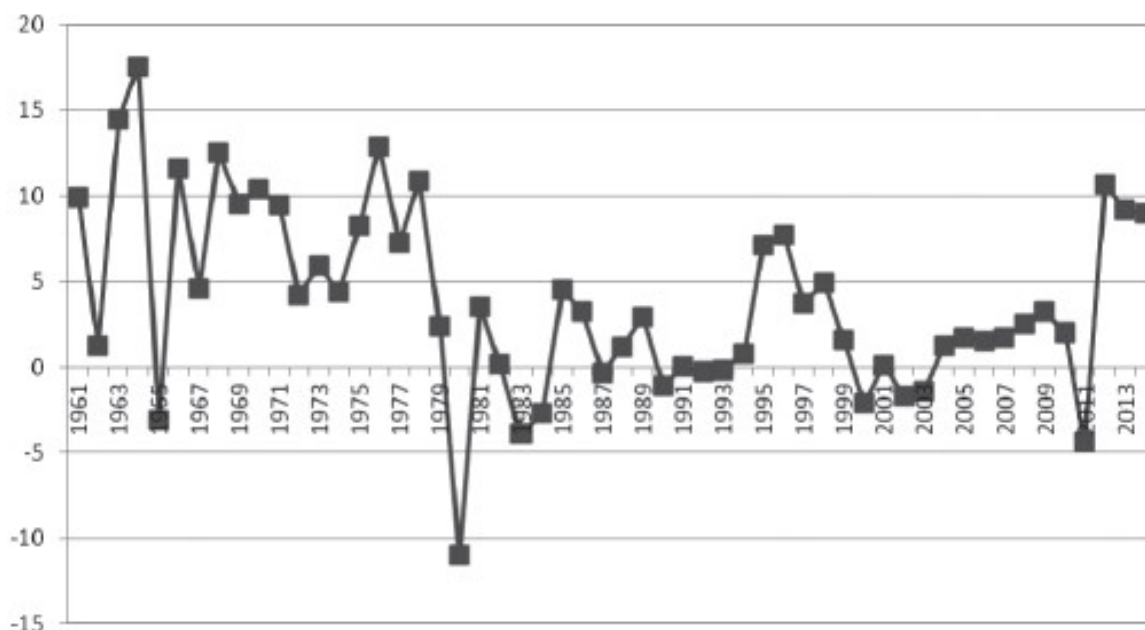


Рис. 2. Динамика темпов роста ВВП (%) в Республике Кот-д'Ивуар с 1960 по 2014 г. (по данным Perspective Monde)

Несмотря на политический кризис, Кот-д'Ивуар сохраняет лидирующую позицию в странах Экономического сообщества западноафриканских государств (ЭКОВАС) как крупнейшего производителя какао (с почти 40 % долей мирового рынка), кофе, пальмового масла, хлопка и др. О значимости сельского хозяйства в социально-экономическом развитии страны говорит высокий уровень занятости населения в этом секторе экономики.

Однако в аграрном секторе производства по-прежнему преобладает преимущественно ручной труд с использованием малого количества новых технологий. По мнению специалистов [3; 4], растениеводческая отрасль в Западной Африке страдает от низкого уровня использования удобрений. Это упущение связано с рядом факторов, в числе которых ограниченный доступ к кредитам и финансированию производителей. В итоге сельхозпроизводители стран Западной Африки используют в среднем ≤ 10 кг/га удобрений против среднего мирового показателя 107 кг/га, что приводит к снижению плодородия почвы, ее деградации и обуславливает неурожайность в будущем.

Учитывая большой вклад сельского хозяйства в социально-экономическое развитие Республики Кот-д'Ивуар, задача достижения устойчивого развития данной отрасли должна быть приоритетной. В связи с этим необходимо выделить основных факторов, которые оказывают то или иное влияние на современное развитие аграрной сферы Республики Кот-д'Ивуар.

Влияние метеорологических и климатических факторов на сельское хозяйство

Устойчивое развитие сельского хозяйства тесно связано с метеорологическими и климатическими факторами. По оценкам [1, 5] ежегодные экономические потери, связанные со стихийными погодными явлениями, составляют примерно 50–100 млрд. долл. США и увеличились в 14 раз по сравнению с 1950 гг. Особенно заметно негативное воздействие изменений климата на доходы в сельскохозяйственном секторе.

По оценкам FAO в 2003–2013 гг. в развивающихся странах на долю сельскохозяйственного сектора приходилось порядка 25 % общего экономического ущерба, наносимого бедствиями, связанными с климатом; если же рассматривать только засухи, то эта доля возрастает до 84 % и более (рис. 3).

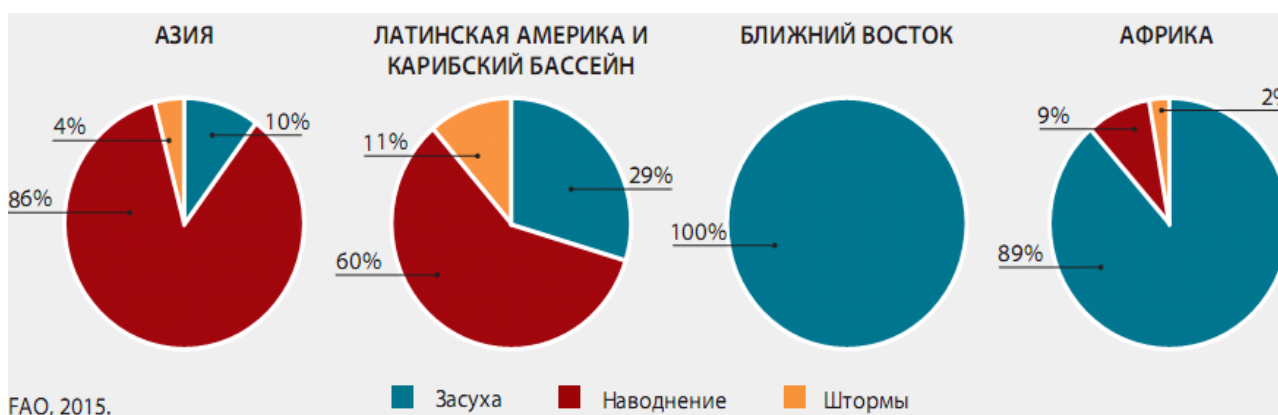


Рис. 3. Потери урожая и снижение продуктивности животноводства после средне- и крупномасштабных стихийных бедствий, связанных с изменением климата в 2003–2013 гг. (по данным FAO, 2015)

В период 1980–2008 гг. падение урожайности пшеницы во всем мире составило 5,5 %, а кукурузы – 3,8 % по сравнению с показателями, которые наблюдались, если бы климат на планете оставался стабильным [6]. Если рост экономики и численности населения пойдёт по «умеренному» сценарию, а меры по адаптации будут носить ограниченный характер; то урожайность зерновых культур и кукурузы в Республике Кот-д’Ивуар будет падать (рис. 4). В случае реализации климатических сценариев с высоким уровнем выбросов, снижение урожайности кукурузы к 2100 г. составит от 20 до 45 %, пшеницы – от 5 до 50 %, риса – от 20 до 30 %, а сои – от 30 до 60 %.

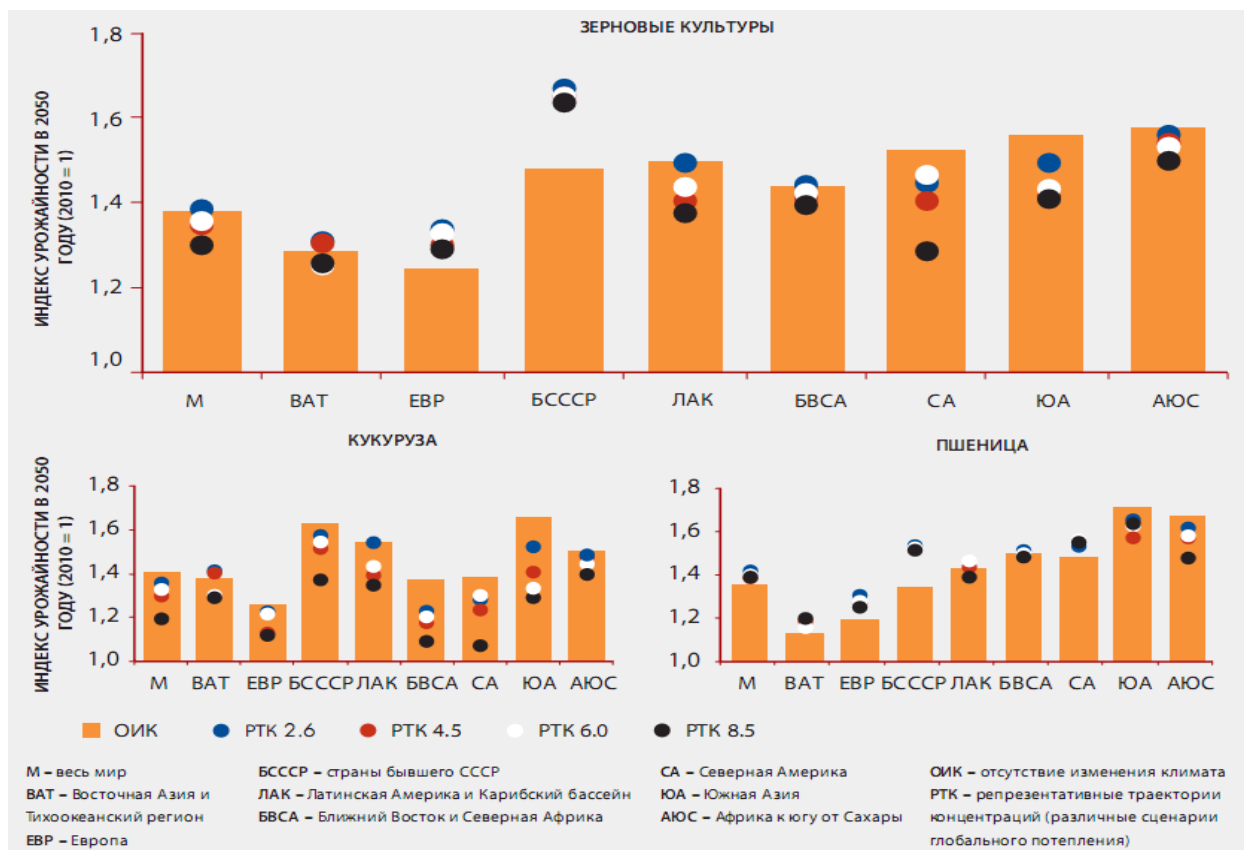


Рис. 4. Изменение индекса урожайности (падение) под воздействием климата в разных регионах мира к 2050 году по данным модели ИФПРИ IMPACT (по материалам De Pinto, Thomas and Wiebe)

Кроме того, в результате изменений климата могут ухудшиться питательные свойства основных продовольственных культур. При выращивании культур в условиях более высокого содержания углекислого газа в атмосфере, которое ожидается к 2050 году, уровень содержания цинка в зерне пшеницы может снизиться на 9 %, железа – на 5 %, белка – на 6 %; для риса, соответственно, на 3 %, 5 % и 8 % по сравнению с показателями, ожидаемыми при отсутствии климатических изменений [4].

При сохранении современных тенденций изменений климата к 2030 году прогнозируется увеличение численности живущих в нищете от 35 до 122 млн. человек по сравнению с ситуацией, при которой климат останется стабильным. Причём наиболее заметным увеличением численности бедняков предполагается в странах Африки к югу от Сахары; где большая часть населения занята в сельском хозяйстве и уровень жизни существенно зависит от темпов сельскохозяйственного производства.

На территории Африки исследованием метеорологических условий развития сельского хозяйства занимаются: Африканский центр по применению метеорологии для целей развития сельского хозяйства (АКМАД), Центр мониторинга засухи (Ботсвана); Содружество сахело-сахарских государств (СЕН-САД); Экономическое сообщество государств Западной Африки (ЭКОВАС) и др.

В основе агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства, прежде всего, количественные значения агроклиматических индексов, связанных с сельскохозяйственным производством, а также выходные данные прогностических моделей по прогнозированию урожайности сельхозкультур. Исходная и прогностическая метеорологическая и климатическая информация используется для предупреждения рисков в сельскохозяйственном секторе, подготовки к ним и реагирования на воздействие, причём, как краткосрочных рисков, вызванных экстремальными климатическими явлениями (например, засухи, экстремальные температуры), так и более долгосрочных, связанных с изменениями климата (например, увеличение интенсивности экстремальных погодных явлений, опустынивание).

Таким образом, накопленные данные метеорологических наблюдений указывают на то, что климат планеты меняется, и нет никаких сомнений в том, что современные тенденции изменения климата негативно влияют на развитие сельского хозяйства, особенно в уязвимых регионах, таких как Республика Кот-д'Ивуар, где эти последствия могут быть катастрофическими. Учитывая это, необходимо проводить исследование взаимосвязей между климатическими условиями и развитием сельскохозяйственных культур.

Результаты и их обсуждение

Для исследования агрометеорологических условий и климатического режима Республики Кот-д'Ивуар были выбраны станции: Одиенне (северная), Ман (высокогорная), Буаке (центральный район) и Сан-Педро (южная, на побережье Гвинейского залива), которые расположены в разных физико-географических районах (рис. 5). Напомним, что рельеф Республики Кот-д'Ивуар представлен равнинами на юге, плоскогорьями и горными массивами на западе и востоке. Самая высокая точка – г. Нимба расположена на высоте 1752 м [2].

В исследуемый нами период 1948–2014 гг. средняя годовая температура воздуха изменялась от 24°C на южной станции до 26,3°C – на северной, годовая амплитуда температур от 2,6°C на севере до 7,4°C на юге. В целом, наиболее изменчив температурный режим на южном побережье, где сказывается влияние муссонов. Максимум температур отмечается в марте, минимум в июле и августе. С высотой максимум наступления температур смещается на более поздние сроки (май) и уменьшается амплитуда годового хода. Изменения температуры воздуха в тропосфере в среднем составили 56–58°C.

На рис. 6 представлены прогнозируемые по разным сценариям [10] значения приземной температуры воздуха и скорости ветра, согласно которым в Республике Кот-д'Ивуар с середины и до конца XXI века ожидается рост приземной температуры воздуха, причём летом больший, чем зимой. При этом чрезвычайно жарких дней ожидается в пять раз больше, чем сегодня. Также, в XXI веке прогнозируется смещение к северу оси субтропического струйного течения, и, как следствие, смещение высотных фронтальных зон к северу.



Рис. 5. Схема района исследования (Республика Кот-д'Ивуар)

Таким образом, на территории Республики Кот-д'Ивуар прогнозируются значительные темпы изменений климата, которые в условиях повышения температур и смещения осей высотных фронтальных зон к северу увеличат риск засух, и, как следствие, усилят негативное воздействие на сельское хозяйство – основное и приоритетное направление экономического развития Республики Кот-д'Ивуар.

Для определения возможного влияния современных тенденций изменения климата на развитие сельскохозяйственных культур на территории Республики Кот-д'Ивуар по данным Реанализа NCEP/NCAR за 1948–2014 гг. нами оценивались температурно-влажностные характеристики и скорость ветра, как наиболее значимые по вкладу метеорологические факторы. В работе не рассматривались атмосферные осадки, так как данные по количеству осадков в архиве Реанализа рассчитываются с большими погрешностями. В тоже время использование показателя влагосодержания, как накопленных запасов влаги в нижнем пятикилометровом слое тропосферы, на наш взгляд, восполняет их отсутствие, так как косвенно учитывает режим выпадения атмосферных осадков.

Установлено, что в исследуемый нами период 1948–2014 гг. суммы активных температур в период вегетации растений изменялись от 6264°C на юге до 6997°C на севере Республики. Суммарное содержание влаги в нижнем пятикилометровом слое тропосферы в среднем за период вегетации варьировало от 760 г/м³ на юге до 886 г/м³ – на севере. Учитывая, что наряду с температурой и влажностью воздуха, существенное влияние на развитие растений в условиях жаркого климата оказывает ветер, то в работе рассчитывался «ветровой показатель», как сумма произведений средней скорости ветра на число дней в месяце в период вегетации растений. Средние значения данного показателя изменялись от 549 м/с на севере до 711 м/с на юге. Таким образом, в отличие от тепло- и влагосодержания его максимальные значения были не на севере Республики Кот-д'Ивуар, а на юге, где в усилении ветра сказывается влияние океанической поверхности.

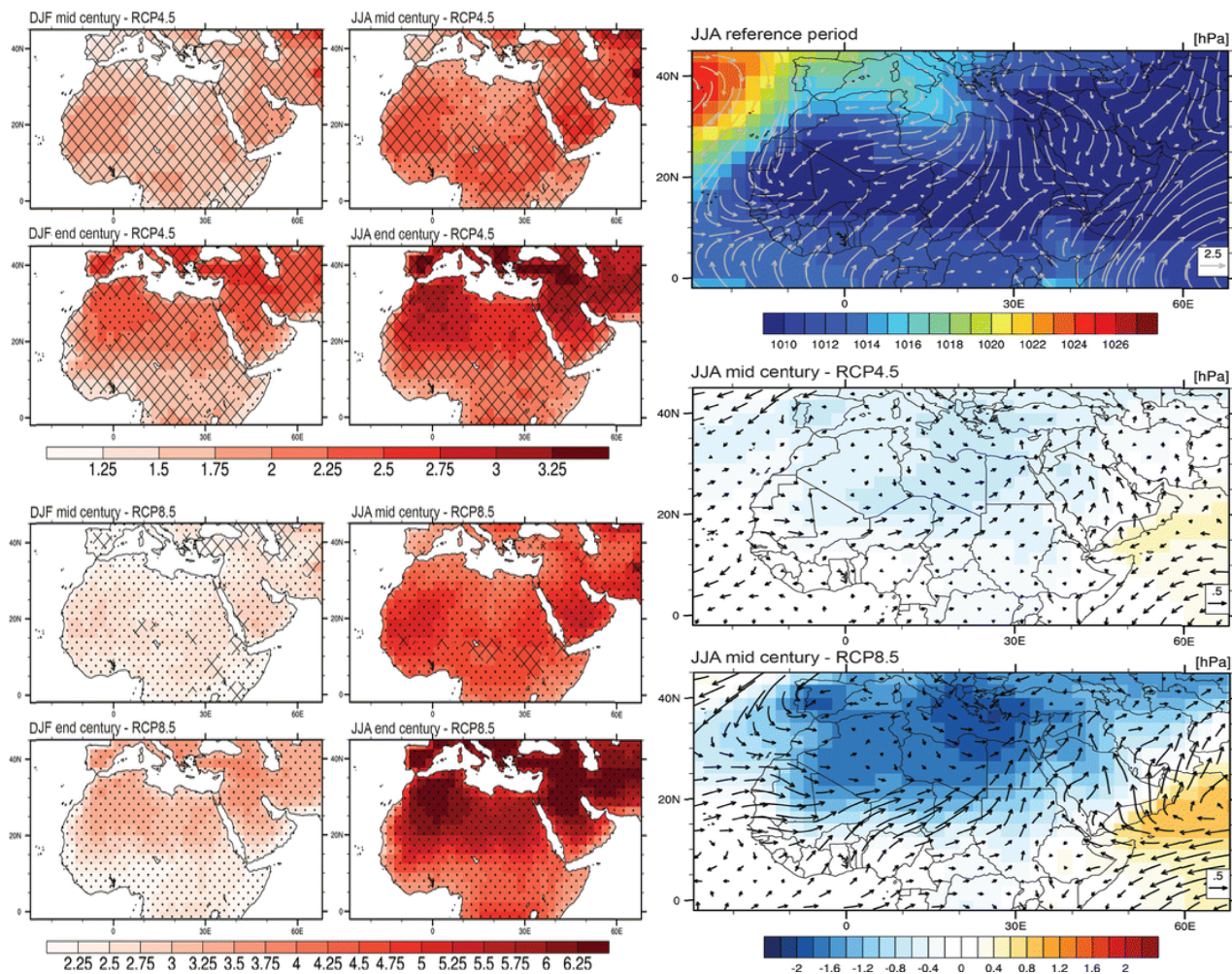


Рис. 6. Прогноз приземной температуры воздуха для декабря и июля по разным климатическим сценариям (слева) и фактическая карта преобладающего ветра у поверхности Земли в июле и прогноз ветра на середину и конец XXI века (справа)

В работе предложен комплексный агрометеорологический показатель, учитывающий влияние всех рассмотренных выше факторов на развитие растений. Средние значения комплексного агрометеорологического показателя $((^{\circ}\text{C}\cdot\text{г})/(\text{м}^2\cdot\text{с}))$ в исследуемый нами период на территории Республики Кот-д'Ивуар изменялись от $3404\cdot 10^6$ до $8432\cdot 10^6$, т. е. пространственные различия достигали 8 раз.

В многолетней динамике рассмотренных показателей на всех исследуемых станциях выявлено увеличение сумм активных температур, скорость которых варьирует от $0,4^{\circ}\text{C}/10$ лет на севере до $0,7^{\circ}\text{C}/10$ лет на юге (рис. 7). Причём наибольшие темпы роста температур происходят в начале нынешнего столетия. Аналогичные изменения во влагосодержании атмосферы, наибольший рост которого происходит в начале XXI века.

В многолетней динамике ветрового показателя выявлено ослабление ветра с наибольшей скоростью $0,7 \text{ м/с}/10$ лет в горных районах (ст. Ман) (рис. 8). При этом наибольшие скорости ослабления ветра приходятся на конец 1990-х и начало 2000-х гг.

Таким образом, современные тенденции изменения климата на территории Республики Кот-д'Ивуар характеризуются увеличением сумм активных температур и накопленных запасов влаги при ослаблении ветра, которое снижает негативное проявление роста температур в развитии сельского хозяйства.

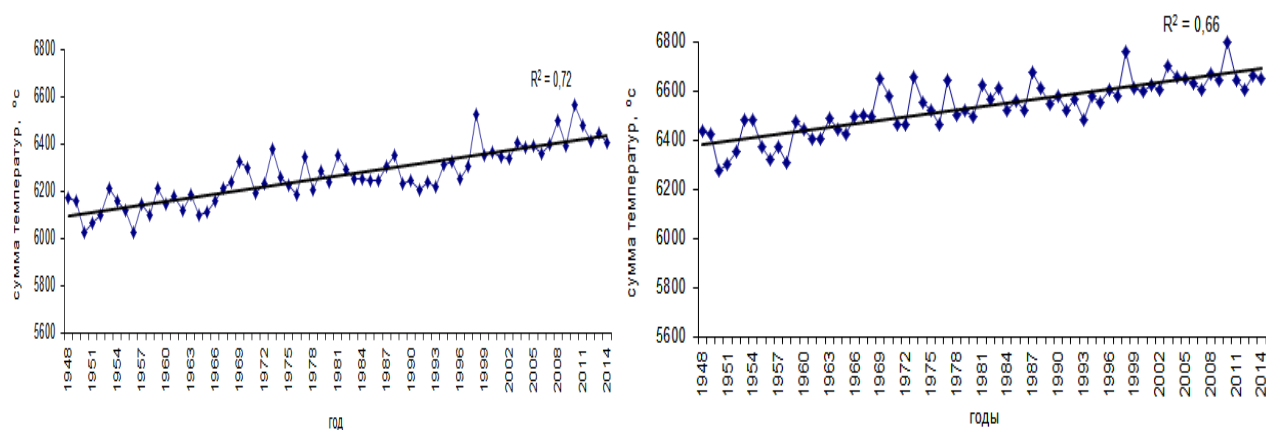


Рис. 7. Изменение сумм активных температур (°C) на ст. Сан-Педро (левый рисунок) и ст. Ман (правый рисунок) в 1948–2014 гг.

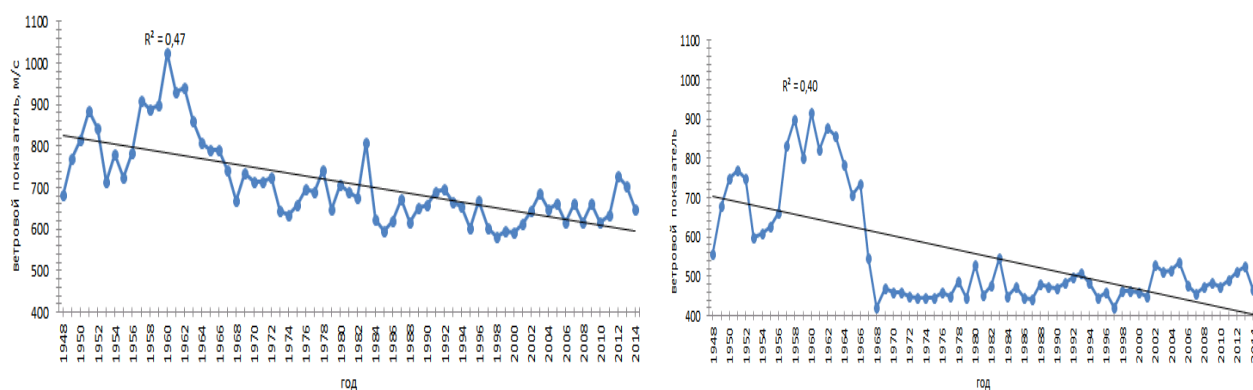


Рис. 8. Изменение суммарных значений ветрового показателя (м/с) на ст. Сан-Педро (левый рисунок) и ст. Ман (правый рисунок) в 1948–2014 гг.

Заключение

Экономическое развитие Республики Кот-д'Ивуар напрямую зависит от сельского хозяйства, поэтому для оценки рисков сельского хозяйства, вызванных экстремальными климатическими явлениями, а также долгосрочных прогнозов развития сельского хозяйства необходимо учитывать метеорологические и климатические факторы.

В этой связи предложена методика оценки климатических факторов развития сельского хозяйства на территории Республики Кот-д'Ивуар, которая включает расчёт накопленных за период активной вегетации растений количественных показателей температуры, влажности воздуха и скорости ветра.

Впервые определены средние значения комплексного агрометеорологического показателя за 1948–2014 гг. и оценены его многолетние изменения. Установлено, что наиболее благоприятные условия для растениеводства наблюдаются на севере Республики Кот-д'Ивуар, а наиболее неблагоприятные в горных районах и на юге.

Современные тенденции изменения климата на территории Республики характеризуются увеличением тепло- и влагосодержания атмосферы на фоне ослабления скорости ветра, что в целом благоприятно для развития сельского хозяйства в западных районах Африки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аджиева А. А. Новый подход к совершенствованию управления сельскохозяйственным производством на основе стохастических методов прогнозирования // Науч. вестн. 2016. № 1 (7). С. 222–234.
2. Бамба И., Диа Т. Я. Дипольный индекс теплового состояния Тропической Атлантики в задаче долгосрочного прогноза осадков Западной Африки // Материалы XIII Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и мол. учёных «ЛОМОНОСОВ-2006». М.: Изд. МГУ, 2006. С. 14.

3. Дакуа А., Макарова Е. П. Основные направления инновационной политики в сфере сельского хозяйства Республики Кот Д'Ивуар // Инновационные процессы в АПК : сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, мол. учёных, аспирантов и студентов. Москва, 16–18 апр. 2014 г. М. : РУДН, 2014. С. 297–298.
4. Зогбэ Пэпэ Корин Оценка динамики развития республики Кот-д'Ивуар // Экон. науки. 2015. Вып. №10 (62). С. 33–41.
5. Мельник В. И. Климатическое обслуживание агропромышленного комплекса в Республике Беларусь в условиях меняющегося климата 19–20 окт. 2015 г. Сочи, 2015. С. 18–22.
6. Сионтъяндиоби С. Причины региональной сельскохозяйственной политики и решения для развития сельского хозяйства в Западной Африке // Актуальные проблемы глобальной экономики : материалы XVI науч. конф. молодых учёных экон. фак. М. : РУДН, 2016. С. 332–341.
7. Фуако Зереги Брис Пути повышения конкурентоспособности и предпринимательской активности при производстве какао и кофе в странах Западной Африки // Междунар. сельскохоз. журн. 2016. № 2. С. 41–57.
8. Кукукина И. Г., Яо К. В. Базовые условия инновационного развития экономики республики Кот-д'Ивуар // Соврем. наукоём. технологии. Регион. прил. 2014. № 3(39). С. 59–63.
9. Cf Cote d'Ivoire en chiffre, partie I: les Fondamentaux. Abidjan : Librairie de France, 2015. 289 p.
10. Strongly increasing heat extremes in the Middle East and North Africa / J. Lelieveld, Y. Proestos, P. Hadjinicolaou, M. Tanarhte, E. Tyrllis, G. Zittis // (MENA) in the 21st century. 2016. Vol. 137. P. 245–260.
11. Статистика Кот д'Ивуар [Электронный ресурс]. URL: http://www.statistiquesmondiales.com/cote_divoire.htm (дата обращения: 24.10.2016).
12. Экономика Кот-д'Ивуар [Электронный ресурс]. URL: <http://ru-world.net/kot-divuar-ekonomika> (дата обращения: 24.10.2016).
13. Economie de la Côte d'Ivoire [Электронный ресурс]. URL: <http://afriquepluriel.ruwenzori.net/cote%20d'ivoire-f.htm> (дата обращения: 12.11.2016).
14. Statistiques-mondiales [Электронный ресурс]. – URL: http://www.statistiques-mondiales.com/cote_divoire.htm (дата обращения: 11.03.2017).

УДК 551.58

Региональные последствия в Байкальском регионе как отклик на глобальное изменение климата

М. Ю. Шиховцев (Max97Irk@yandex.ru)¹

А. Ю. Шиховцев (Ashikhovtsev@iszf.irk.ru)²

¹ Иркутский государственный университет, г. Иркутск

² Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. Рассматривается изменение уровня озера Байкал за период времени с 1948 по 2016 г. Анализируется динамика количества осадков в Байкальском регионе. Проведенное исследование показывает, что основные негативные факторы связаны с глобальным изменением климата, в частности с глобальным потеплением.

Ключевые слова: климат, осадки, глобальное потепление, озеро Байкал.

Введение

Несмотря на то что существуют несколько различных точек зрения на причины климатических изменений, факт глобального потепления можно считать почти доказанным. Одна из главных проблем – это высокие темпы роста температуры воздуха, особенно в высоких и средних широтах, которые в последние десятилетия создают угрозу биоразнообразию. Многим видам становится проблематично адаптироваться к новым изменяющимся условиям.

Помимо известного антропогенного влияния, к причинам региональных и глобальных климатических изменений также относят вариации солнечной активности и собственные колебания климатической системы атмосфера-океан-суша. Например, Lockwood делает вывод, что вариации солнечной светимости могут объяснить 52 % роста глобальной температуры за период 1910–1960 гг. и 31 % быстрого роста за период с 1970-х по конец 1990-х гг. На фоне более коротких отрезков времени эффект влияния солнечной активности на состояние климатической системы уменьшается. Сегодня во время интенсивных климатических изменений мы находимся в периоде минимума солнечной активности. Это позволяет говорить о том, что

физическая картина потепления и его пространственной несимметричности должны быть еще установлены. Можно предположить, что с высокой вероятностью региональный отклик нижних слоев атмосферы и водности озера Байкал связан с повышением глобальной температуры.

Байкальский регион – уникальное место не только с точки зрения биоразнообразия, он представляет собой научную лабораторию изменений климата. По мере развития потепления отклик экосистемы Байкала, динамики ключевых абиотических компонентов: количества осадков, температуры воздуха и воды, уровня загрязнения, обменных процессов может усиливаться. Оценка усиливающегося роста температуры воздуха особенно важна на фоне прогностического учета его вклада в динамику ключевых абиотических компонентов. Так по прогнозным оценкам Межправительственной группы по изучению климата, в первой половине нашего столетия глобальная температура повысится на 1.0°C , во второй половине – уже на $\sim 2,0^{\circ}\text{C}$.

В этом случае это может привести к дестабилизации экосистемы Байкала, экосистема может не вернуться в изначальное состояние, её привлечёт ближайшее состояние динамического равновесия. Исследования амплитуды колебаний уровня в сопоставимых условиях с учетом ограниченного расхода воды в нижнем бьефе, выполненные в работе [1] указывают на уменьшение уровня озера Байкал. Протекающие в озере биологические и химические процессы теснейшим образом зависят как от температуры воды, так и от определяемой ею гидрологической структуры водной толщи. Обогащение глубинных слоев воды кислородом – происходит в результате перемешивания водных масс, в том числе ветрового и вертикальной температурной циркуляции.

В данной работе рассматриваются влияние глобального потепления на изменения уровня озера Байкал на временной шкале с 1948 г. по настоящее время.

Результаты исследований влияния климатических изменений на озеро Байкал и их обсуждение

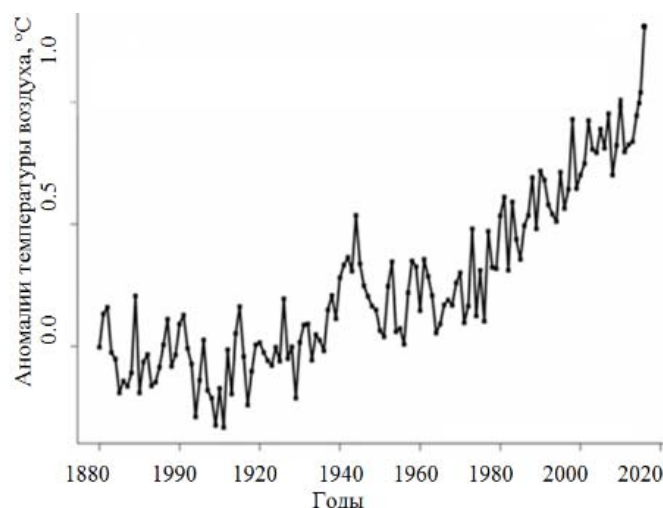
Для выявления усиления и продолжительности потепления рассмотрим вариации глобальной температуры воздуха в нижних слоях атмосферы. На рис. 1 показаны изменения аномалий: глобальной температуры воздуха, оцененные NASA (а) и температуры воздуха на ст. Иркутск на уровне 2 м над подстилающей поверхностью, рассчитанные по данным реанализа за период с 1948 по 2016 г. (б). По ассимилированным данным архива реанализ NCEP/NCAR аномалии температуры воздуха оценивались как разность между средней годовой температурой воздуха за текущий год и температурой воздуха, осредненной за период с наиболее низкими температурами, с 1960 по 1970 г.

По характеру изменений глобальных аномалий температуры воздуха выбранный временной интервал был разбит на отдельные периоды:

- 1) с 1880 по 1940 г. – с квазистационарным ходом температуры;
- 2) с 1940 по 1980 г. – с ростом температуры и последующим ее насыщением
- 3) с 1980 г по настоящее время – со значительным ростом температуры воздуха $\sim 1^{\circ}$.

Анализ рис. 1 показывает, что характер изменений аномалий температуры воздуха на ст. Иркутск на уровне 2 м достаточно хорошо согласуется с изменениями глобальной температуры воздуха. Особенно ярко изменения глобальной температуры воздуха проявляются с 1980 г. За 110-летний период наиболее длительный период низких притоков воды в оз. Байкал также отмечается в последние десятилетия, а именно, с 1996 по 2016 г. Можно считать, что с 2014 г. относительно благоприятный период сменился маловодьем, рекордным с начала эксплуатации Иркутского гидроузла, приток в Байкал составил около всего 67 % от нормы. Кроме того, если выполнить анализ амплитуд колебаний уровня Байкал за период с 1903 по 2015 г. в сопоставимых условиях с учетом ограниченного расхода воды в нижнем бьефе [1], то можно заключить, что для притока воды в озеро Байкал и тесно связанных с ним уровня как в естественных, так и в зарегулированных условиях характерна высокая изменчивость и неравномерность на фоне сезонной и многолетней цикличности. При этом с 2000 г. как суммарный расход, так и амплитуды колебаний уровня и их максимумы значительно уменьшились по величине.

а)



б)

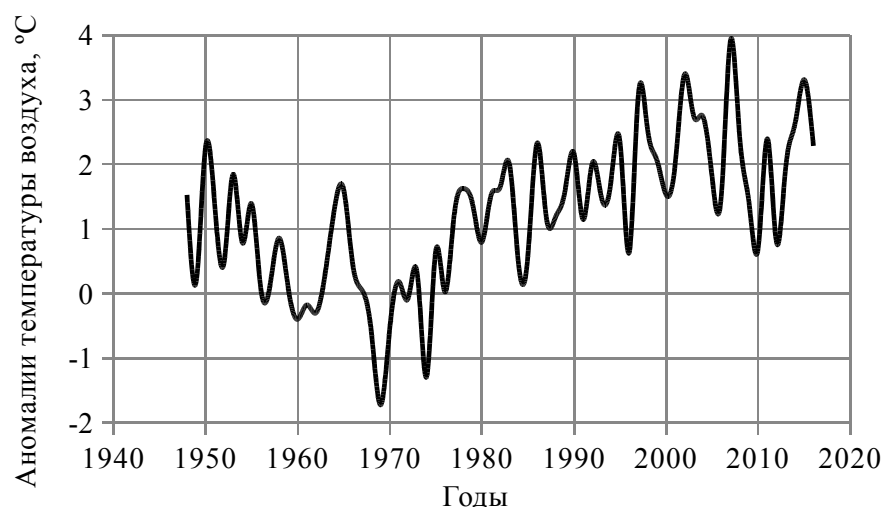


Рис. 1. Изменения аномалий: глобальной температуры воздуха, оцененные NASA (а) и температуры воздуха на ст. Иркутск на уровне 2 м над подстилающей поверхностью, рассчитанные по данным реанализа за период с 1948 по 2016 г. (б)

Один из основных факторов, влияющих на приток воды в озеро являются количество осадков. В данной работе было рассчитано суммарное изменение количества осадков в Байкальском регионе.

Исследования изменений суммарного количества осадков выполнены на основе данных архива NCEP/NCAR Reanalysis за период с 1948 по февраль 2017 г. Суммарное количество осадков за каждый год рассчитывалось на равномерной сетки с шагом $2,5^\circ$ в диапазоне от 50° с. ш. до $57,5^\circ$ с. ш. и от 102° в. д. до 110° в. д. На рис. 2. показаны изменения суммарного количества осадков для зимы и лета в Байкальском регионе за период с января 1948 г. по февраль 2017 г.

На рис. 2 пунктирной линией показано изменения суммарного количества осадков для зимы, непрерывной линией для лета. Анализ рис. 2 показывает, что на фоне непрерывного роста температуры воздуха с 1980 г. наблюдается резкое уменьшения количества осадков в Байкальском регионе в летний период. Так за период с 1980 по 2017 г. количество осадков уменьшилось более чем на 100 мм, что может являться одной из причин, понижения уровня Байкала. Особенно ярко тенденция уменьшения осадков проявляется последние несколько лет.

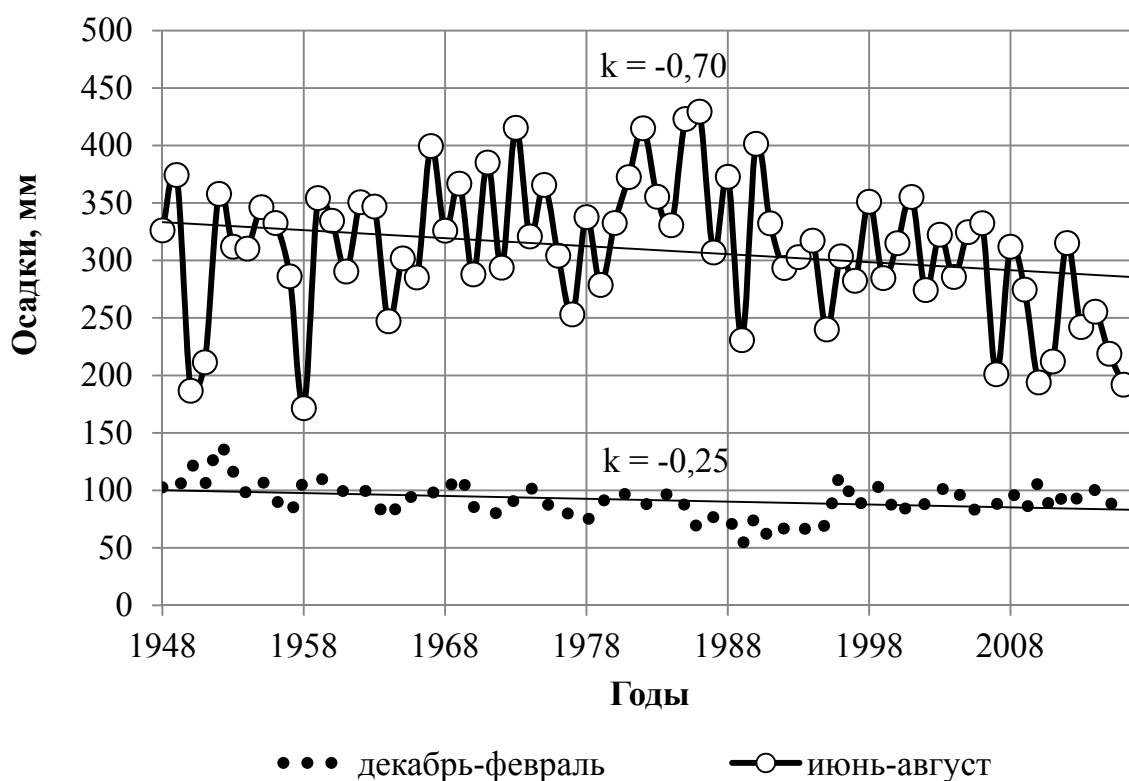


Рис. 2. Изменение суммарного количества осадков для разных сезонов в Байкальском регионе за период с января 1948 г. по февраль 2017 г., рассчитанные по данным архива NCEP/NCAR Reanalysis

В зимний период уменьшение количества осадков также наблюдается, однако, амплитуда изменений количества осадков значительно ниже. Суммарное количество осадков в зимний период составляет порядка 100 мм. В зимний период, количество осадков с 1948 г. по 1985 г. уменьшилось на ~ 20 мм, с 1985 по 2017 г. даже наблюдается рост, составляющий ~ 20 мм.

В целом уменьшение количества осадков в летний ~ 100 мм может служить, по крайней мере, одной из причин понижения уровня озера Байкал.

Успех в построении физической картины маловодья оз. Байкал во многом зависит от того, насколько полный спектр и с каким весом выявлены отдельные факторы, определяющие связи и закономерности увлажнения в рассматриваемой системе. Например, повышение температуры воздуха прямо противоположно воздействует на уровень в оз. Хубсугул [2]. По данным работы за период с 1992 по 2008 г. уровень оз. Хубсугул ощутимо повысился, но за счет стока рек ледникового питания.

Стоит заметить, что уменьшение количества осадков с 1987 г. наблюдается на фоне роста относительной влажности воздуха и фактически за на фоне роста влагоосодержания. Относительная влажность характеризует содержание влаги по сравнению с максимальным количеством влаги, которое может содержаться в воздухе в состоянии термодинамического равновесия. На рис. 3 показаны изменения среднегодовых значений относительной влажности в Байкальском регионе, в том числе над поверхностью оз. Байкал, полученных по данным архива NCEP/NCAR Reanalysis за период с января 1948 г. по февраль 2017 г.

Полученные большие величины относительной влажности могут быть объяснены тем, что весовая доля ассимилированных данных анализируется в узлах сетки находящихся непосредственно на уровне 2 м над поверхностью Байкала. Анализ изменений среднегодовых значений относительной влажности указывает на сильную межгодовую изменчивость этой величины. По-видимому, с 1987 г. наблюдаемый рост уровня относительной влажности, про-

исходящий на фоне роста давления насыщения обеспечивает рост влагосодержания в атмосфере. На фоне резкого повышения температуры воздуха с 1980 г., а значит и давления насыщения характер изменений среднегодовых значений относительной влажности в Байкальском регионе позволяет говорить о том, что влагосодержание воздуха растет достаточно быстро.

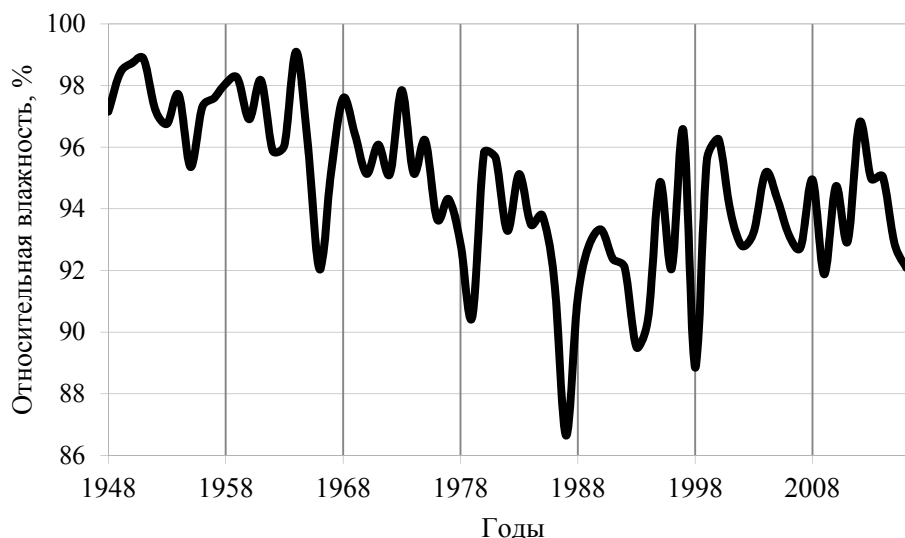


Рис. 3. Изменения среднегодовых значений относительной влажности в Байкальском регионе, полученных по данным архива NCEP/NCAR Reanalysis за период с января 1948 г. по февраль 2017 г.

Заключение

Ключевые абиотические компоненты в Байкальском регионе, включая температуру и относительную влажность воздуха в нижних слоях атмосферы, а также количество осадков испытывают заметные амплитудные и временные колебания. Показано, что, начиная с 1980 г. на фоне роста глобальной температуры воздуха, в Байкальском регионе наблюдается существенное уменьшение количества осадков, особенно выраженное в летний сезон. В зимний период на фоне повышения суммарного количества с 1985 на 20 мм на более длинной временной шкале с 1948 г. по 2017 г. с количеством осадков в среднем уменьшается.

По-видимому, в условиях пересеченной местности воздействие тепловой инерции огромной водной массы озера Байкал приводит к мезометеорологическим особенностям в колебаниях температурного и ветрового режимов, а также характере осадков.

Таким образом, показано, что одним из факторов, влияющем на уменьшение уровня оз. Байкал, может служить существенное уменьшение количества осадков Байкальской котловины, связанное с глобальными климатическими изменениями и, в первую очередь, со значительным повышением температуры воздуха в самом нижнем, приземном, слое атмосферы.

В свою очередь решение проблемы регионального отклика нижних слоев атмосферы и озера Байкал на глобальное потепление всецело зависит от понимания его причин. Например, по результатам цикла исследований было установлено влияние климата на современные условия формирования и происходящие изменения режимов годового и межсезонного стока бассейнов рек Восточной Сибири [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычков И. В. Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения // География и природные ресурсы. 2015. № 3. – С. 8.
2. Оюунгэрэл Б. Отражение глобального потепления в изменении озера Хубсугул // Вестн. БГУ. 2011. С. 190–192.
3. Смахтин В. К. Влияние изменения климата на гидрологический режим рек Забайкалья : дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.27. Чита, 2015. 131 с.

УДК 551.576

Динамика средней скорости ветра вблизи тропопаузы в районе аэродрома Иркутск

А. С. Щеблыкин (foxdesert@mail.ru)¹С. В. Латышев (lavserg@icloud.com)²¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск²Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск

Аннотация. Проанализированы особенности изменения средней скорости ветра на АТ–300 гПа в районе аэродрома Иркутск в различные циркуляционные эпохи.

Ключевые слова: струйные течения, Иркутская область, скорость ветра, геопотенциал, градиенты температур, циркуляционные эпохи.

Введение

Струйные течения, где сконцентрированы значительные горизонтальные контрасты температур, оказывают существенное влияние на динамику погоды и климата [4; 7]. Струйные течения различной интенсивности и повторяемости отмечаются в основном между уровнями 300 и 200 гПа почти над всем земным шаром и имеют вид длинных волн различной амплитуды, которая уменьшается с высотой [14].

Увеличение скорости ветра происходит в основном на циклонической стороне струи с северными слагающими ветра в зонах конвергенции потоков и адвекции холода, а уменьшение на антициклонической стороне в области дивергенции потоков и адвекции тепла. Наряду с термическими факторами усиление ветра в зоне струйного течения связано с накоплением в струйном течении количества движения и вихря, излучением мезомасштабных волн и т. д. [5].

Искривлённость вертикального профиля скорости ветра при наличии слабой циклонической кривизны изогипс в струйных течениях создаёт благоприятные условия для роста амплитуд малых колебаний, которые приводят к образованию спорадически возникающих и исчезающих турбулентных пятен [8, 12]. Поэтому в зоне струйных течений нередко отмечается интенсивная атмосферная турбулентность, вертикальные движения в области струйных течений имеют скорости порядка нескольких см/с, охватывают значительную толщу тропосферы и способствуют воздухообмену между тропосферой и стратосферой.

При полётах в зоне струйных течений из-за большой скорости ветра путевая скорость может значительно отличаться от воздушной. Поэтому самолёт, пересекая область струйного течения, может испытывать болтанку и значительный снос [1].

В настоящее время характеристики струйных течений определяют по данным радиозондирования атмосферы, применяются автоматизированные методы, основанные на вычислении поля ветра в верхней тропосфере по перемещениям атмосферных трассеров [9]. В последние десятилетия отмечается перенос водяного пара и зон струйных течений в северную часть Тихого океана и в Северную Атлантику, что приведёт к увеличению экстремальных погодных эффектов [16].

Представляют интерес работы, в которых исследуется влияние струйных течений на циклонические вихри. Впервые отметил связь между возникновением тропического циклона и восточным струйным течением и высказал предположение об аналогичности роли струйных течений в циклогенезе внетропических и тропических широт Р. Ф. Бурлуцкий [2]. В дни с торнадо выявлено значительное увеличение повторяемости струйных течений [11]. Используя радиолокационные и спутниковые данные, Корфиди и его коллеги обнаружили, что струйный поток способствовал развитию торнадо 3–4 апреля 1974 г. В период 1979–1988 гг. установлена тесная связь числа случаев с торнадо и струйными течениями. Однако отмечается, что струйный поток является лишь одним из основных факторов для развития торнадо [15].

Известно, что верхнетропосферные струйные течения оказывают синергетическое воздействие друг на друга, а возникающие в зоне входа и дельты струи поперечные циркуляции

приводят к значительным изменениям погодных условий. Зона взаимодействия струйных течений, где проявляется влияние оказывающих на поток силы плавучести и эффекта Кориолиса, определяется как радиус зоны деформации. Данный параметр также используется для изучения относительных вкладов синоптических и планетарных волн в процессе их взаимодействия [10].

Постановка задачи

Для обеспечения авиации важно иметь представление о параметрах ветра в области верхнетропосферных струйных течений, вблизи которой проходят основные эшелоны пилотирования воздушных судов. Территория Иркутской области – регион, где существенное влияние на пилотирование воздушных судов оказывают неоднородный рельеф, сравнительно большая повторяемость опасных явлений погоды и возросшие темпы изменений климата. Выполненная работа преследовала следующие цели. Во-первых, исследование характеристик ветра на уровне АТ–300 гПа в районе аэродрома Иркутск в различные циркуляционные эпохи с помощью архива ассимилированных данных NCEP/NCAR Reanalysis с пространственным разрешением $2,5 \times 2,5^\circ$ [13]. Для анализа циркуляционных условий была использована типизация элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) Северного полушария, разработанная Б. Л. Дзердзеевским с учениками [3] и продолжаемая Н. К. Кононовой в Лаборатории климатологии Института географии (ИГ РАН) [6]. В исследуемый нами период (1948–2016 гг.) в Сибирском секторе сменилось 4 циркуляционные эпохи: две меридиональные (1963–1976 гг. и с 2006 г. по настоящее время) и две зональные (1935–1962 гг. и 1977–2005 гг.). Для оценки долговременных тенденций временных рядов скорости ветра применялся трендовый анализ (линейный), значимость которого оценивалась по коэффициентам аппроксимации. Для исследования скрытой периодичности в многолетних значениях скорости ветра применены автокорреляционная и спектральная функции.

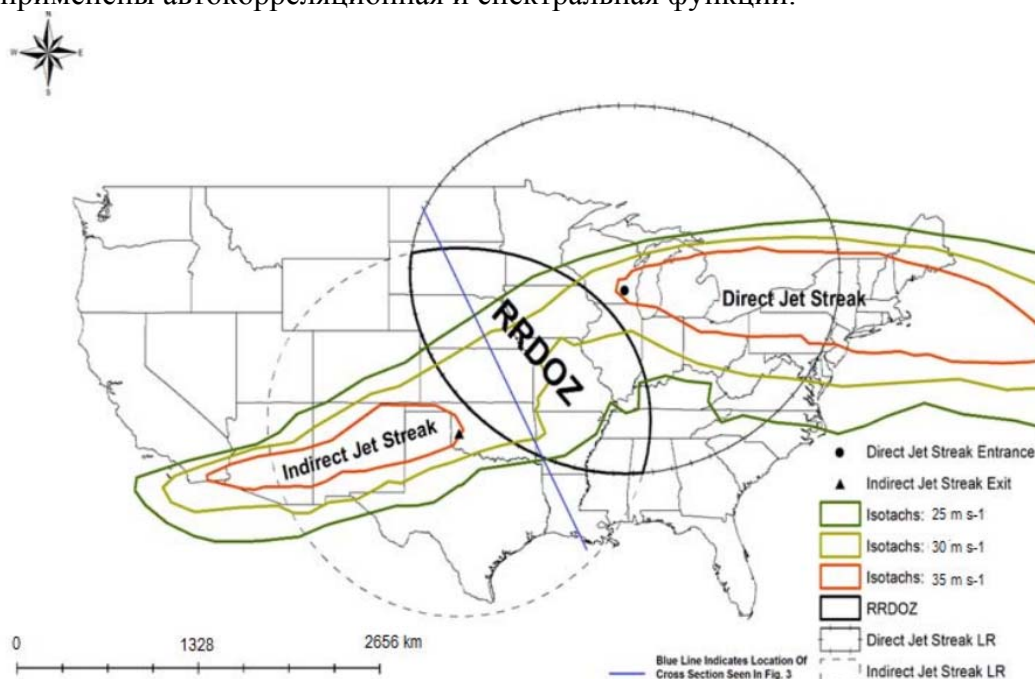


Рис. 1. Пример радиуса области зоны деформации (RRDOZ) в результате пересекающихся зон вокруг входа (чёрный круг) и дельты (чёрный пунктирный круг) потенциально связанных струйных полос на АТ–250 гПа 29.01.2009

Результаты исследования

Многолетний режим средней скорости ветра на уровне АТ–300 гПа в районе аэродрома Иркутск в 1948–2016 гг. (рис. 2) характеризуется двумя максимумами, приходящимися на апрель и ноябрь (25 м/с) и минимумом в июле (13 м/с). Значения коэффициента вариации изменялись от 0,12 в декабре до 0,24 в августе.

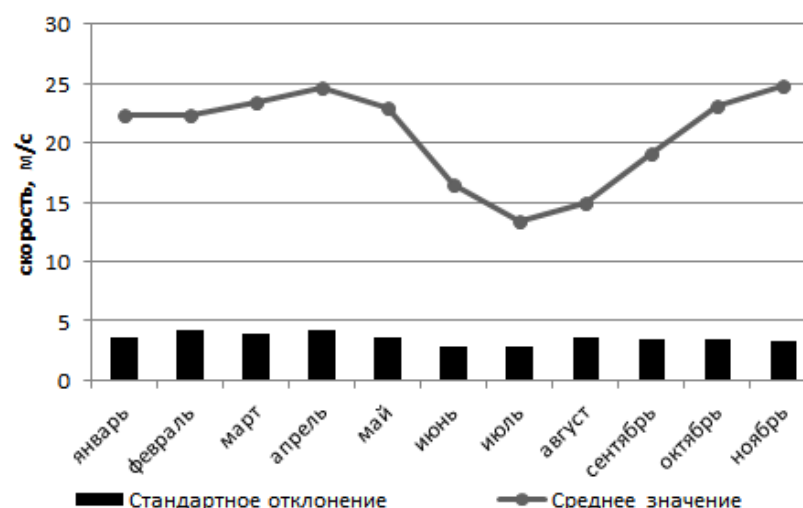


Рис. 2. Изменение средней скорости ветра в районе аэродрома Иркутск в 1948–2016 гг.

Наибольшие значения средней скорости ветра в Иркутске на АТ–300 гПа в исследуемый период составили 36 м/с и отмечались в марте 2013 г. (рис. 3, а) и в апреле 2004 г., а наименьшие (8 м/с) в июле 1990 г. (рис. 3, б).

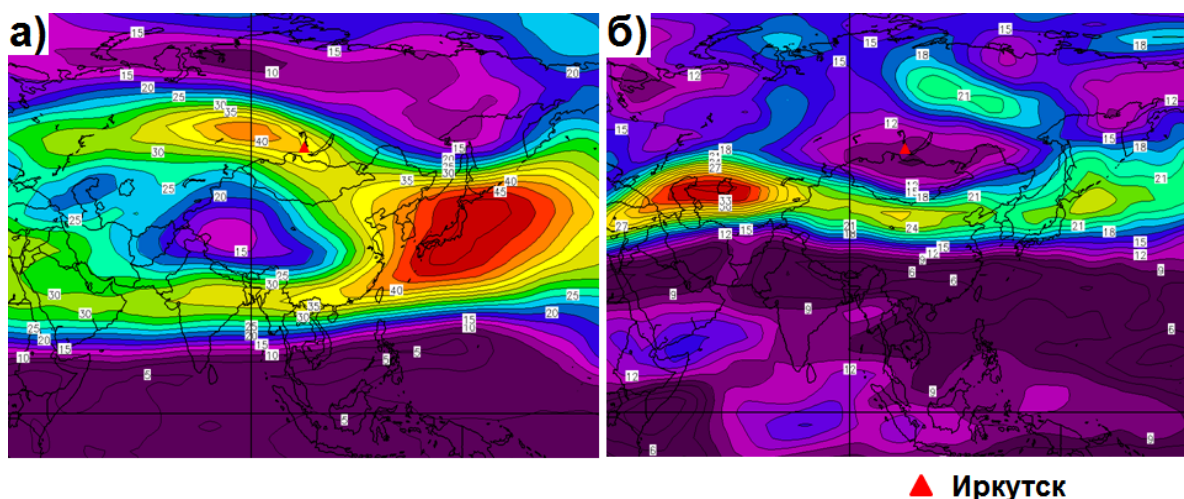


Рис. 3. Карты средней скорости ветра на АТ–300 гПа в марте 2013 г. (а) и в июле 1990 г. (б)

Оценка многолетних тенденций временных рядов средней месячной скорости ветра, выполненная на основе линейного тренда, не показала наличие значимых коэффициентов в исследуемый период (1948–2016 гг.). Более выражена цикличность колебаний, которая наглядно отражена в аномалиях средней скорости ветра (рис. 4).

Исследование многолетней динамики средней скорости ветра в различные циркуляционные эпохи показало следующее. В последние годы (2006–2016 гг.) на территории Иркутской области преобладает тенденция усиления ветра вблизи тропопаузы, которая хорошо выражена в марте, июле, августе, октябре и ноябре (рис. 5).

Сравнительно высокие скорости ветра в верхней тропосфере сохраняются в феврале, апреле, сентябре и декабре (рис. 6).

Ослабление ветра на АТ–300 гПа в Иркутске отмечается только в январе, мае и июне (рис. 7).

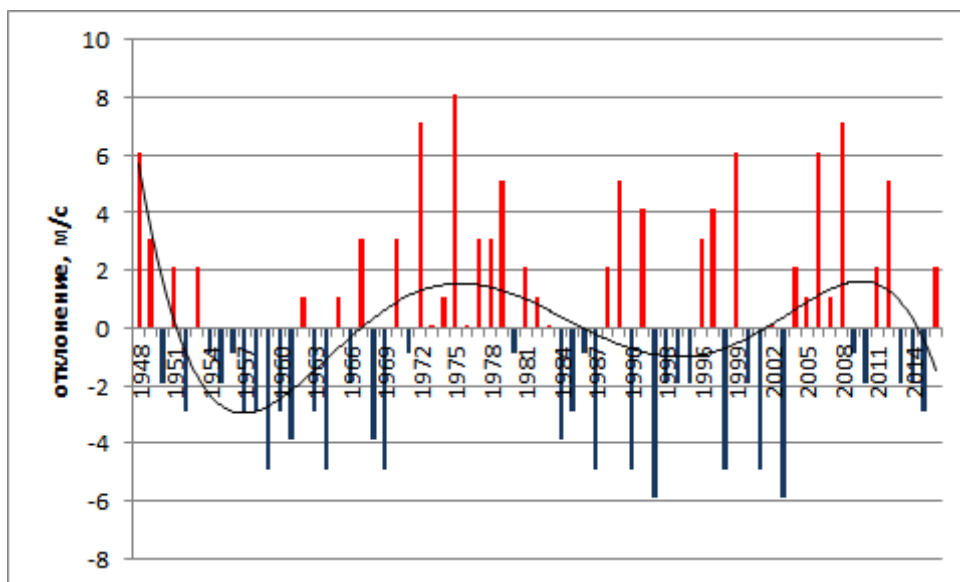


Рис. 4. Изменение средней скорости ветра на АТ–300 гПа в августе 1948–2016 гг. в районе аэродрома Иркутск

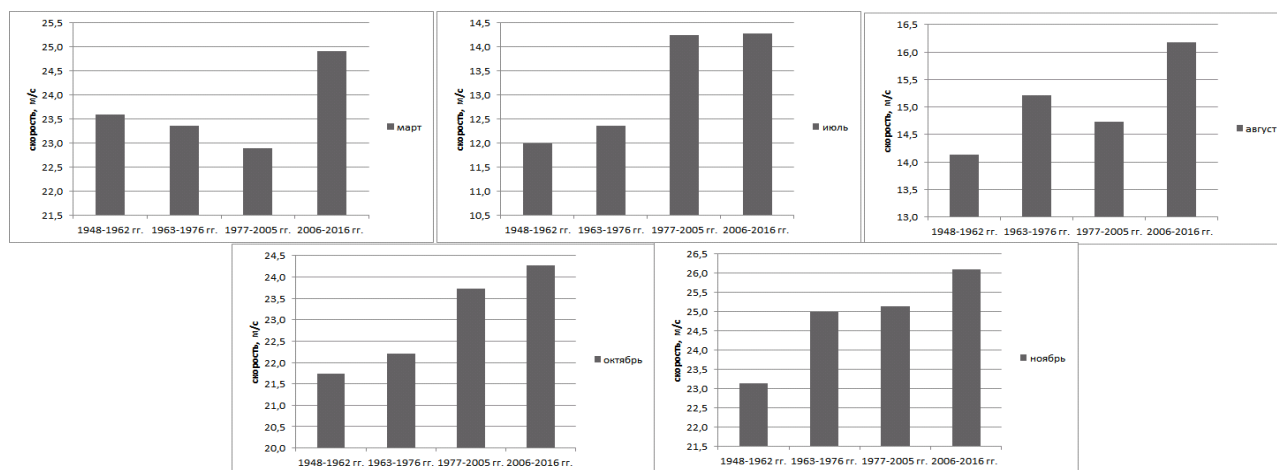


Рис. 5. Средние скорости ветра на АТ–300 гПа в различные циркуляционные эпохи в районе аэродрома Иркутск

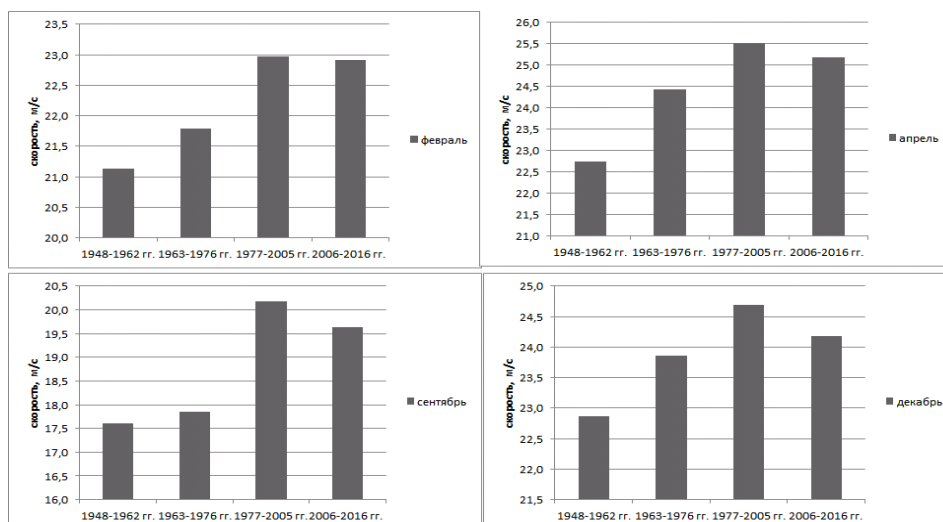


Рис. 6. Средние скорости ветра на АТ–300 гПа в различные циркуляционные эпохи в районе аэродрома Иркутск

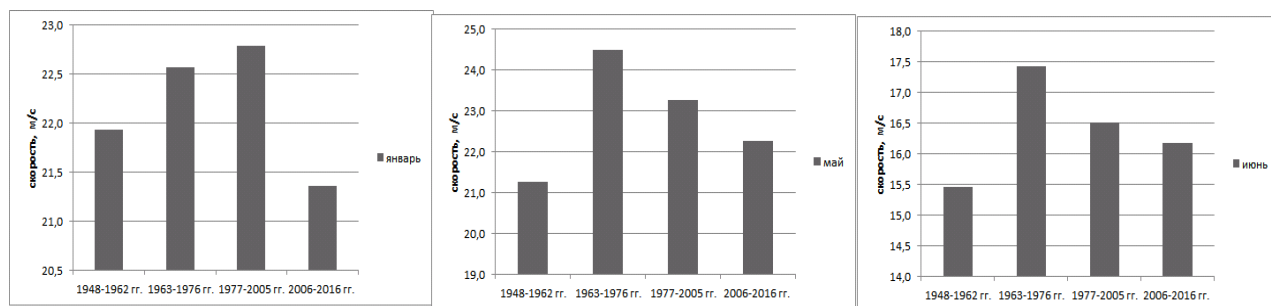
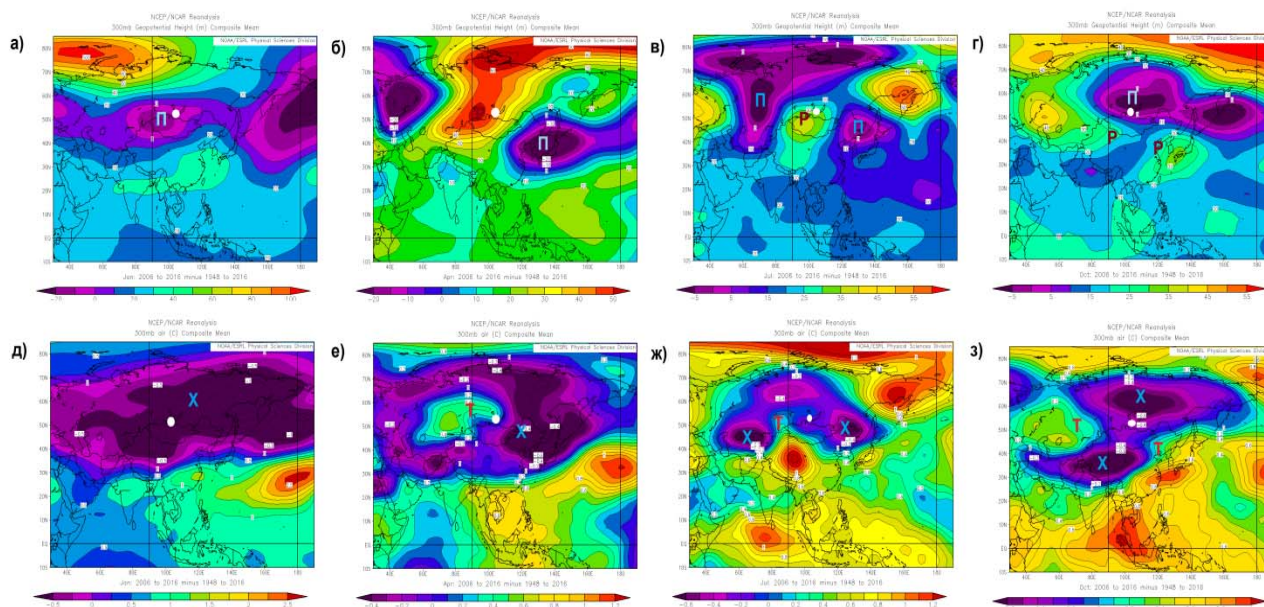


Рис. 7. Средние скорости ветра на АТ–300 гПа в различные циркуляционные эпохи в районе аэродрома Иркутск

На основе автокорреляции и использования метода Фурье в многолетних изменениях средней скорости ветра было выделено преобладание циклов короткого периода (≤ 10 лет): 2-х, 3-х и 9-ти месячные, полугодовой, годовой и 3-х летний. Наряду с циклами короткого периода проявляются циклы среднего (3 года) и длинного (~ 30 лет) периодов.

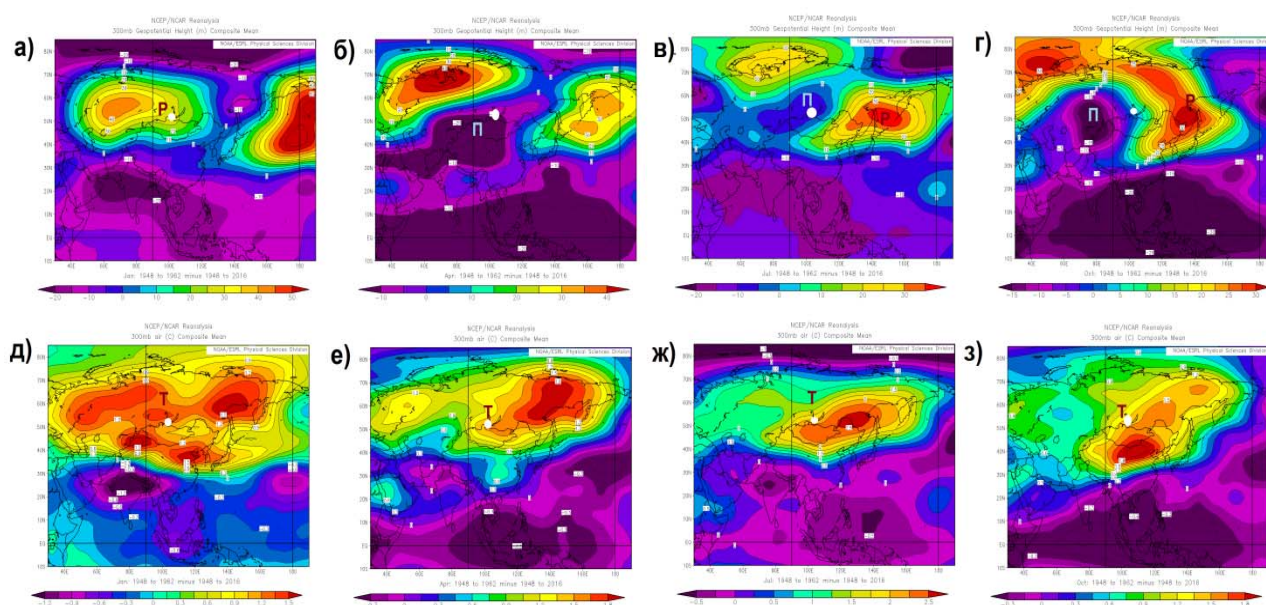
Учитывая, что причиной усиления ветра являются термические и барические градиенты, были рассчитаны аномалии полей геопотенциала и температуры воздуха на АТ–300 гПа в 2006–2016 гг., когда большую часть года (кроме января, мая и июня) в районе аэродрома Иркутск отмечалось усиление ветра (рис. 8) и в 1948–1962 гг., когда преобладали отрицательные аномалии средней скорости ветра (рис. 9). Оказалось, что усиление ветра в 2006–2016 гг. происходило на фоне усиления антициклогенеза (рис. 8 б,в,г) и увеличения горизонтальных градиентов температур при преобладающей тенденции понижения температур в верхней тропосфере (рис. 8 е,ж,з).

Ослабление ветра в Иркутске в январе 2006–2016 гг. (рис. 8, а, д), в апреле (рис. 9 б,е), июле (рис. 9, в, ж) и октябре (рис. 9, з, з) 1948–1962 гг. наблюдалось на фоне пониженных значений в поле геопотенциала и ослабления температурных градиентов.



Точкой показан г. Иркутск

Рис. 8. Аномалии геопотенциальных высот и температуры воздуха на АТ–300 гПа в январе (а,д), апреле (б,е), июле (в,ж) и октябре (г,з) 2006–2016 гг.



Точкой показан г. Иркутск

Рис. 9. Аномалии геопотенциальных высот и температуры воздуха на АТ–300 гПа в январе (а, д), апреле (б, е), июле (в, ж) и октябре (г, з) 1948–1962 гг.

Заключение

Современные особенности ветрового режима на уровне тропопаузы в районе г. Иркутска в 2006–2016 г. характеризуются преобладающей тенденцией усиления ветра по сравнению с более ранними циркуляционными эпохами, начиная с 1948 г., что может оказывать негативное влияние на деятельность авиации.

Наиболее выражено усиление ветра в переходные сезоны и во вторую половину лета, т. е. в период максимального развития циклогенеза у поверхности Земли. Ослабление ветра происходит в январе, в мае и июне, т. е. в период максимального развития приземного антициклогенеза.

Наличие коротких периодов в долговременных изменениях средней скорости ветра в верхней тропосфере может указывать на вклад синоптических процессов и более крупномасштабных волн Россби.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А. М., Солонин С. В. Авиационная метеорология. Л. : Гидрометеиздат, 1981. С. 139–141.
2. Бурлуцкий Р. Ф. О структуре тропической атмосферы при возникновении тайфунов // Метеорология и гидрология. 1964. № 3. С. 27–30.
3. Дзердзеевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. М. : Наука, 1975. 285 с.
4. Зверев А. С. Синоптическая метеорология. Л. : Гидрометеиздат, 1977. С. 258–267.
5. Иванова А. Р., Шакина Н. П. Возмущения поля ветра в струйных течениях и их взаимодействие с осредненным во времени потоком // Тр. ГНИЦ. Вып. 305. Анализ и прогноз погоды для авиации. Л. : Гидрометеиздат, 1989. С. 3–16.
6. Кононова Н. К., Мальнева И. В. Влияние изменения характера атмосферной циркуляции на активность опасных природных процессов // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2003. № 4. С. 52–62.
7. Пашкевич А. Р. Расчёт характеристик энергообмена в струйных течениях с применением фильтра Ланцоша // Тр. ГНИЦ. Вып. 296. Анализ и прогноз погоды для авиации. Л. : Гидрометеиздат, 1988. С. 135–144.
8. Пчелко И. Г. Метеорологические условия полётов на больших высотах. Л. : Гидрометеиздат, 1957. С. 21–29.

9. Ивангородский Р. В., Нерушев А. Ф. Характеристики струйных течений верхней тропосферы по данным измерений европейских геостационарных метеорологических спутников // *Соврем. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11, № 1. С. 45–53.
10. Burkhardt J. P., Lupo A. R. The planetary and synoptic-scale interactions in a Southeast Pacific blocking episode using PV diagnostics // *J. Atmos. Sci.* 2005. Vol. 62. P. 1901–1916.
11. Revisiting the 3–4 April 1974 Super Outbreak of Tornadoes / S. Corfidi, S. Weiss, J. Kain, S. Corfidi, R. Rabin, J. Levit // *Weather and Forecasting*. 2010. Vol. 25. P. 465–510.
12. Joseph B., Mahalov A., Nicolaenko B. Variability of turbulence and its outer scales in a model tropopause jet // *J. Atmos. Sci.* 2004. Vol. 6. P. 621–643.
13. Kalnay E. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project // *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 1996. Vol. 77. P. 437–471.
14. Rutti P. M., Lucarini V. Does the subtropical jet catalyze the midlatitude atmospheric regimes? // *Geophys. Res. Lett.* 2006. Vol. 6. P. L06814/1-L06814/4.
15. Zurbenko I., Mingzeng G. Sun Jet Stream as a Major Factor of Tornados in USA // *Atmospheric and Climate Sciences*, 2016. Vol. 6. P. 236–253.
16. Zurbenko I. G., Luo, M. Surface Humidity Changes in Different Temporal Scales // *American Journal of Climate Change*. 2015. Vol. 4. P. 226–238.

УДК 91:574(571. 150)+338. 43 (571. 150)

Опыт районирования территории Алтайского края для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции

Г. Я. Барышников

О. Н. Барышникова (bgj@geo.asu.ru)

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Аннотация. Рассматриваются результаты проведенного ландшафтно-экологического районирования на территории Алтайского края для получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Делаются прогнозы по перемещению границ природных зон в связи с изменением климата. Анализ состояния и особенности почвенного покрова, предгорных и низкогорных пространств территории Алтайского края, позволили сделать вывод о том, что почвы этих районов имеют повышенный процент гумуса, что крайне благоприятно для создания кластеров по выращиванию высокопродуктивной и экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Исключение могут составить лишь районы падения первых ступеней ракет носителей с космодрома Байконур и места загрязнения радионуклидами территории Алтайского края при испытании в прошлом ядерных устройств на Семипалатинском полигоне.

Ключевые слова. Районирование, экологический, сельскохозяйственная продукция, ландшафт, провинция, переходная зона, предгорья, агроэкокластер, плодородие, природная среда.

Районирование территории, ориентированное на производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции, основывается на исследованиях компонентов природной среды, в которую входят: строение покровных четвертичных отложений, поскольку они являются основой при формировании почв; особенности рельефа; климат, как один из важнейших показателей, определяющих урожайность сельскохозяйственных культур; дренированность территории, обеспечивающей водонасыщенность почв; особенности почвенного покрова и его качественных показателей; растительность и другие составляющие природной среды, позволяющие оценить агропотенциал территории.

Оценка экологического потенциала территории проводится в рамках концепции рационального использования земель, фундаментальный вклад в которую привнесли К. В. Зворыкин [8] и А. Н. Ракитников [31]. Развитие этой концепции имеет принципы климатического, геоботанического и комплексного физико-географического районирования. Объектом служат геосистемы разного уровня иерархии. Агрохозяйственное районирование, проведенное на основе данной концепции, позволяет оценить экологический потенциал ландшафтов той или иной территории. Так, например, А. Г. Исаченко [12, 13] на основе экологической оценки территории России выделил полосу с оптимальным для ведения сельского хозяйства увлажнением площадью 4034,1 тыс. км² (23,85 % всей площади страны) – это зона активного

земледелия, где сумма активных температур превышает 1600°C , а коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову и М. И. Будыко находится в пределах 0,4–1,4. Исследуемая нами территория располагается в границах этой зоны (Барышников Г. Я. и др., 2016).

Такое положение района исследования создает основу для проведения районирования территории для целей производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции, т. е. продукции, которая производится с минимальным внесением химических удобрений и без применения гербицидов, а значит с опорой на природный (экологический) потенциал ландшафтов. Подобное зонирование позволяет избежать рисков снижения рентабельности сельскохозяйственного производства. В истории хозяйственного освоения исследуемой нами территории Алтайского края есть примеры, демонстрирующие негативные последствия при освоении целинных и залежных земель [4].

В этот период в Алтайском крае дополнительно было распаханно свыше 3 млн га, в значительной мере в зоне сухой Кулундинской степи. Площадь пахотных земель увеличилась с 30 % до 46–48 % в целом, а по отдельным районам она достигла 75–85 %. Сразу же после этого за короткий промежуток времени по различным причинам она резко сократилась на 1,5–2,0 млн га и к настоящему времени достигла 6,5 млн га по краю, что составляет 39 % от первоначально освоенных земель [23]. В 1990–2001 гг. из-за экономического кризиса произошло дальнейшее сокращение используемых в сельском хозяйстве земель.

В Алтайском крае общая площадь пашни за 50 лет сократилась примерно вдвое по отношению к введенным в эксплуатацию землям при подъеме целинных и залежных земель. На остальной территории снизились урожайность и плодородие, произошло вторичное засоление из-за проводимой водной мелиорации [22; 23]. Современное промышленное производство в степной зоне стало причиной потери речного стока. Эти процессы усугубляются использованием вод на орошение сельскохозяйственных угодий на территории Китая, Казахстана и Алтайского края. В связи с интенсивной эксплуатацией подземных вод, осуществляемой с превышением возобновления запасов вод, наблюдается общее понижение уровня грунтовых вод в пределах целого ряда участков Кулундинской степи, что в целом свидетельствует о дальнейшем обезвоживании почв за пределами поливных площадей. Существуют крупные депрессионные воронки радиусом до 50–60 км и глубиной до 40–55 м [24].

За 65 лет эксплуатации 1-й Алейской оросительной системы произошло поднятие уровня грунтовых вод в местах полива, солонцы слились в единый солоносный почвенный массив, занимающий в настоящее время 80 % ранее орошаемой площади. Вдоль Кулундинского канала, протяженностью 182 км, также наблюдается засоление почв.

Таким образом, в основу районирования территории для выявления площадей с производством экологически чистой сельскохозяйственной продукции, прежде всего, должно быть положено природное или географическое районирование, как универсальный метод упорядочения и систематизации территориальных агросистем.

Обобщающий труд по природному районированию Алтайского края был представлен еще в 1958 г. Но особый интерес для нас вызывает климатическое районирование, разработанное А. П. Слядневым [33]. Это одна из первых схем климатического районирования территории Алтайского края, на которой автор выделяет сухую и засушливую части степи, колочную степь и лесостепь.

К настоящему времени для территории исследования были составлены более детальные схемы природного районирования, характеризующие как отдельные компоненты ландшафта, так и дифференциацию природных комплексов. Так, В. А. Николаевым [28; 29] было проведено районирование, в основе которого лежит глубокий анализ ландшафтной структуры территории. Схема физико-географического районирования, построенная на основе ландшафтной типологической карты имеет важное для решения прикладных задач содержание.

Предшествующие схемы районирования опирались в основном на материалы отраслевых покомпонентных изысканий, в то время как схема В. А. Николаева была построена на основе детальных ландшафтных исследований и ландшафтного картографирования. Им была разработана систематика ландшафтов Алтайского края, в основу которой положена структур-

но-генетическая ландшафтная классификация. Исходной единицей систематики и обзорного регионального картографирования был признан вид ландшафтов. Все виды ландшафтов, согласно принятой систематике, сгруппированы в типологические сообщества более высоких таксономических рангов.

Позднее была проведена природно-мелиоративная оценка земель в Алтайском крае на уровне физико-географических областей и провинций [5]. Территория Алтайского края была поделена на девять ландшафтных провинций (рис. 1).

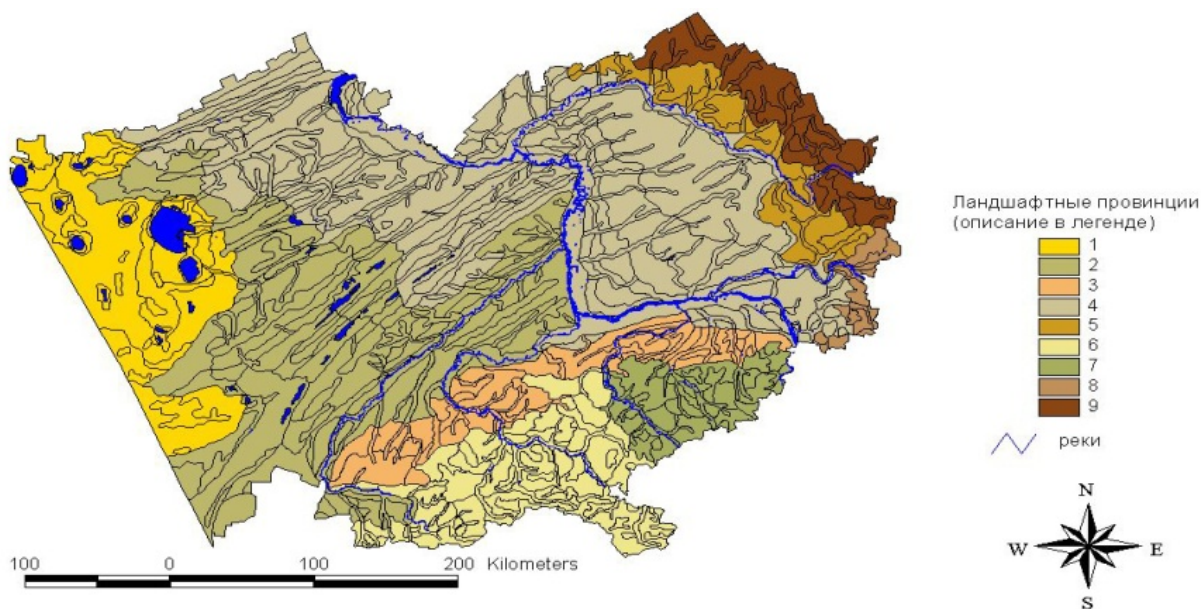


Рис. 1. Физико-географическое районирование Алтайского края на уровне провинций [5]

1 – Кулундинская степная, 2 – Южно-Приалейская степная, 3 – Предалтайская степная, 4 – Верхнеобская лесостепная, 5 – Предсалаирская лесостепная, 6 – Северо-Западная Алтайская горная, 7 – Северо-Алтайская горная, 8 – Северо-Восточная Алтайская горная, 9 – Салаирская горная.

Степная зональная область состоит из трех провинций: *Кулундинская провинция* – Кулундинская степь, полупустынная территория с большим количеством соленых и пресных озер (Западная Кулунда), а также пространства лесостепи (Восточная Кулунда). Провинция включает в свой состав крайние восточные районы степной зоны, лежащие к востоку от долины Иртыша. Характерная особенность Кулундинской провинции – повышенная континентальность ее климата.

Сменяя Кулундинскую провинцию, в направлении с запада на восток располагаются *Южно-Приалейская провинции*. В геоморфологическом отношении они принадлежат Приобскому плато. Разделение между ними происходит по границе зональных областей: степной и лесостепной. В этом же направлении с запада на восток происходит увеличение влажности климата.

Предалтайская провинция включает Предалтайскую равнину или Приобское плато. Это древняя равнинная зона Верхнего Приобья, ограниченная с юго-запада предгорьями, с северо-востока Салаирским кряжем, а с запада Кулундинской степью. Лесостепные зоны перемежаются ленточными и приобскими борами.

Лесостепная зональная область включает две провинции: *Верхнеобская провинция* – Верхнеобская лесостепь, располагающаяся на волнисто-увалистой равнине Приобского плато, примыкающей к предгорьям Алтая и Салаира.

Предсалаирская провинция. На данной территории имеются холмисто-увалистые междуречные расчлененные поверхности с разнотравно-злаковыми остепненными лугами, на черноземах выщелоченных в сочетании с березовыми перелесками на серых и темно-серых

лесных почвах, плоскоувалистые слаборасчлененные поверхности с разнотравно-злаковыми остепненными лугами на черноземах выщелоченных в сочетании с редкими березовыми, иногда с примесью осины, колками на темно-серых лесных почвах; террасированные долины с разнотравно-злаковыми и осоково-злаковыми лугами на луговых и болотно-луговых почвах, местами на солончаках и луговых солончаковатых почвах; террасированные долины с осиново-березовыми осоковыми и осоково-вейниковыми заболоченными лесами на торфяно-глеевых и перегнойно-глеевых почвах; пойменные долины с разнотравно-злаковыми и осоково-злаковыми заболоченными лугами в сочетании с древесно-кустарниковыми зарослями на луговых и лугово-болотных аллювиальных почвах.

Алтае-Саянские горы (Алтайская область). Алтае-Саянская горная страна, занимающая цепь гор южной Сибири, расположена в центре Азии. Разнообразие природных условий, создаваемое горными и котловинными формами рельефа (достаточно хорошо выражена высотная поясность), определяет богатый набор разнообразных по происхождению ботанических и зоологических объектов и сообществ. Здесь происходит стыковка ареалов различных флор и фаун, прохождение границ ряда природно-географических провинций и округов и, как следствие этого, многие виды растений и животных, в том числе и экосистемы, представлены здесь интразонально в виде локальных, часто единичных изолятов (Алтае-Саянских эндемиков).

Здесь выделяют три провинции: *Северо-Западная Алтайская горная провинция.* Представлена останцово-холмистыми водораздельными поверхностями, местами с выходами на дневную поверхность коренных горных пород, с альпийскими мелкотравными и осоково-злаковыми лугами на горно-луговых маломощных почвах в сочетании с мохово-лишайниковыми тундрами на торфянисто-тундровых почвах, а также глубокорасчлененными крутосклонными поверхностями с высокотравными субальпийскими, крупнотравными альпийскими лугами на черноземно-луговых субальпийских и альпийских почвах, кедрово-еловыми лесами на горных бурых щебнистых почвах; увалистыми пенеппенизированными водораздельными среднегорными поверхностями с елово-пихтово-кедровыми, кедрово-лиственничными и кедрово-высокотравными и мохово-лишайниковыми, иногда с осинкой и березой, лесами на горно-лесных бурых почвах, местами с высокотравными лесными лугами на горно-луговых почвах.

Северо-Алтайская горная провинция. Представлена холмисто-увалистыми пенеппенизированными водораздельными поверхностями с елово-пихтово-кедровыми, лиственничными, елово-лиственничными и кедрово-лиственничными лесами на горно-лесных бурых почвах, высокотравными лесными лугами на горно-луговых почвах; останцово-увалистые слаборасчлененные водораздельные поверхности с сосновыми, лиственнично-березовыми с примесью ели и сосны травяными лесами на горно-лесных серых и темно-серых почвах в сочетании с разнотравно-злаковыми луговыми степями на горных черноземах выщелоченных и оподзоленных; речные долины с разнотравно-злаковыми и осоково-злаковыми заболоченными лугами в сочетании с древесно-кустарниковыми зарослями на луговых и лугово-болотных аллювиальных почвах.

Северо-Восточная Алтайская горная провинция – это холмистые слаборасчлененные междуречные поверхности, иногда с выходами коренных пород, с осиново-пихтовыми высокотравными закустаренными лесами на горно-лесных дерновых глубокооподзоленных почвах и с разнотравно-злаковыми луговыми степями и остепненными лугами на черноземах выщелоченных занимают значительные площади. Характерны террасированные долины с березово-сосновыми травяными закустаренными лесами на дерново-слабоподзолистых почвах.

Салаирская горная провинция. Салаир и Горная Шория (юго-западные отроги) – древние, сильно разрушенные кряжи. Границей между Салаиром и Горной Шорией является р. Неня, между предалтайской равниной и Салаиром – р. Чумыш. Эти регионы отличаются мягким влажным климатом и распространением реликтовой черневой тайги (лиственница, кедр, пихта, ель, сосна).

На рассмотренных схемах физико-географического районирования, положение зонально-провинциальных границ различно, но ни одна из представленных выше схем районирования не может быть отвергнута, так как каждая из них представляет собой анализ природной обстановки, существовавший в конкретный временной интервал развития ландшафтной структуры территории. Это приводит к выводу о том, что схемы районирования территории для получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции должны учитывать не только современные характеристики экологического потенциала ландшафтов, но и их изменчивость от нескольких лет и до десятилетий, что позволит создать в регионе адаптивные системы земледелия.

В настоящее время внимание многих учёных сосредоточено на изучении тенденций изменения климата [6; 7; 9–11; 15; 16; 18–20; 30; 32; 35; 37; и др.]. Разрабатываются различные сценарии таких изменений и их последствий, допускается возможность изменения положения границ природных зон, изменения ландшафтной структуры территорий и урожайности сельскохозяйственных культур, моделируются возможные изменения значений гидролого-климатических параметров.

Так, О. В. Мезенцевой [27] для территории Западной Сибири установлены конфигурация и положение границ между различными гидро-климатическими зонами в сухие и влажные годы за период инструментальных наблюдений (рис. 2). На рисунке видно, что западная часть территории Алтайского края попадает в границы зоны недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности в сухие годы, которые повторяются один раз в пять лет и оптимальной в остальные годы. Большая часть Алтайского края относится к зоне оптимального увлажнения и теплообеспеченности.

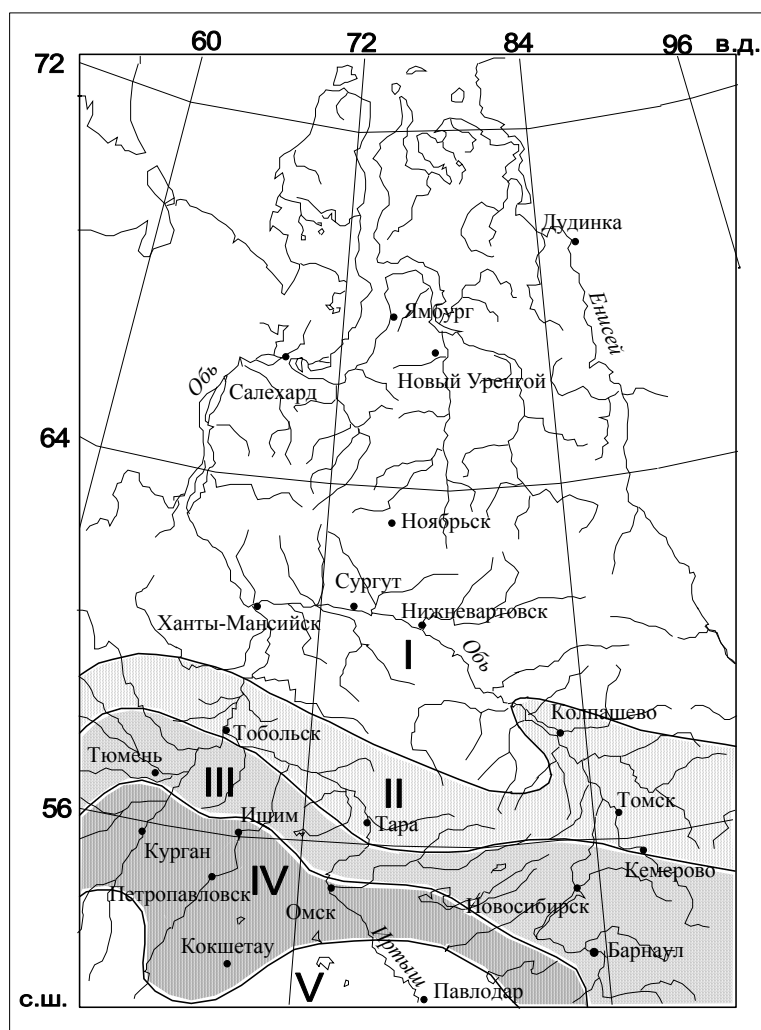


Рис. 2. Гидролого-климатические зоны Западно-Сибирской равнины [27]

В пределах зоны оптимального увлажнения Западной Сибири [25; 26] значения коэффициента увлажнения составляют 0,55–1,0, среднегодового дефицита увлажнения (–300...0 мм/год).

I – зона весьма избыточного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности, II – зона избыточного увлажнения и недостаточной теплообеспеченности во влажный год повторяемостью один раз в пять лет и оптимального в остальные годы, III – зона оптимального увлажнения и теплообеспеченности во все годы, IV – зона недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности в сухой год повторяемостью один раз в пять лет и оптимального в остальные годы, V – зона весьма недостаточного увлажнения и избыточной теплообеспеченности.

Для территории юга Западной Сибири был разработан прогноз изменений ландшафтной структуры [3]. В процессе прогнозирования учитывалось изменение ландшафтной структуры территории под воздействием климатических факторов с учетом характера подстилающей поверхности и хозяйственной деятельности человека. Моделирование региональной трансформации глобальных климатических изменений выполнялось одновременно двумя взаимодополняющими методами.

Первый – статистическая обработка с анализом многолетних данных по температуре и осадкам и выявлением трендов климатических характеристик в отдельных точках характеризуемой территории по модели Бокса-Дженкинса. Временной ряд значений средней годовой температуры воздуха по метеостанции «Барнаул» за 166 лет позволил выявить периоды похолоданий и потеплений. Были установлены отклонения средней месячной температуры воздуха для каждого из 12 месяцев года.

Второй – выявление многолетних трендов температур и осадков по отдельным природным зонам юга Западной Сибири в качестве площадных характеристик с помощью разработанной математической модели агроклиматического потенциала территории как функции температурного режима и режима увлажнения [14]. Анализ современных климатических изменений с помощью модели агроклиматического потенциала территории выполнялся в рамках системно-аналитического моделирования, которое предполагало обработку больших массивов экспериментальных данных (тысячи наблюдений) с одновременным просчетом сложной системы уравнений модели. Нахождение трендов с помощью системно-аналитического моделирования основано на учете реальных трендов, информация о которых заключена в многолетних рядах наблюдений за климатическими факторами и урожайностью зерновых.

С помощью модели агроклиматического потенциала территории решалась обратная задача восстановления трендов площадных климатических характеристик по данным о многолетней динамике урожайности зерновых. Именно площадные климатические тренды позволяют прогнозировать изменение ландшафтной структуры территории. По восстановленным двумя путями трендам температур и осадков с учетом особенностей географического положения территории, характера подстилающей поверхности и хозяйственной деятельности человека было рассчитано их влияния на изменение биоклиматического и агроклиматического потенциалов и эволюция ландшафтной структуры территории.

Прогнозы изменения границ природных зон допускают возможность продвижения лесостепей на север, на восток, а степей — на север на территорию современных хвойных лесов и на юг на территорию, занимаемую в настоящее время полупустынями и пустынями [17; 36]. В данном случае речь может идти об изменении климатических условий. Но климатические изменения трансформируются региональными орографическими, гидрологическими и экосистемными особенностями территории. Положение юга Западной Сибири в экотонной или буферной зоне между аридными и гумидными территориями обусловило полигенезис его ландшафтной структуры, поликлимакс растительных сообществ, включая мозаичные климаксы с многократной их трансформацией [34].

Мозаичное строение почвенного покрова, особенно Кулундинской степи, нарастание аридизации климата обуславливает создание гибкой системы природопользования, соответствующей структуре природных систем. Именно такая система экономически эффективного

и экологически приемлемого развития аграрного сектора экономики в условиях природно-климатических и социально-экономических изменений предложена Б. А. Краснойровой [21]. Она основана на том, что Алтайский край является аграрно-индустриальным регионом и обладает самым высоким за Уралом потенциалом развития аграрного природопользования. Ей охарактеризовано понятие «аграрно-экономического потенциала, который отражает наличие необходимых для сельскохозяйственного производства ресурсов – трудовых, основных производственных фондов и сельскохозяйственных угодий и эффективность их использования через экономическую продуктивность – валовое производство продукции сельского хозяйства. Сопряженный анализ природного и аграрно-экономического потенциалов территории позволил выделить регионы с разным уровнем аграрно-природного потенциала. По мнению [21] высокий совокупный аграрно-природный потенциал имеют практически все пригородные и близкие к ним районы, расположенные главным образом на территории лесостепной зональной области, отличающейся самым высоким фоновым природным и аграрно-экономическим потенциалами. Низкий совокупный аграрно-природный потенциал имеют большинство районов, расположенных в Кулундинской и Южно-Приалейской степных провинциях, характеризующихся низким фоновым природным и относительным аграрно-природным потенциалом. Большинство районов, территориально связанных с Алтайской горной областью, характеризует средний аграрно-природный потенциал. Они, как правило, обладают высоким природным и низким аграрно-экономическим потенциалами. Эти районы наиболее перспективны для дополнительных инвестиций.

Пространственно-временная дифференциация аграрно-экономического потенциала в Сибири отражает природную обусловленность региональных систем и историческую предопределенность социально-экономических и экологических проблем их функционирования. Освоение исторического опыта природопользования может позволить определить возможности их решения. В основе определения границ региональных систем аграрного природопользования лежит ландшафтная дифференциация территории. Они формируются, как правило, в рамках физико-географических провинций и отличаются даже в том случае, если расположены в одной зональной (азональной) области.

Сопряженный анализ природного и аграрно-экономического потенциалов территории Алтайского края, позволяет выделить районы с разным уровнем аграрно-природного потенциала и предложить схему районирования территории для целей получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции. В этом случае наиболее приемлемой для получения такой продукции является территория предгорий и частично низкогорий, которая выделена нами, в так называемую, переходную зону горного сооружения Алтая [2].

Экологическое состояние этой зоны, его туристско-рекреационный, а также земельно-ресурсный потенциал выступили основным критерием для выбора данной территории при разработке проекта зонального агроэкокластера. На основе изучения конкретных социально-экономических и земельно-ресурсных условий отдельных территориальных зон Алтайского края представляется возможным создание пилотного зонального агроэкокластера в границах почвенной зоны чернозёмов предгорных равнин, предгорий и низкогорий Алтая.

Данная зона отличается высокой почвенной продуктивностью и относительной экологически чистой территорией. Предгорная почвенная зона расположена в нижнем уровне вертикального опоясывания северной, северо-западной, северо-восточной территории Алтая и пространственно находится южнее рек Бии, Чарыша и юго-восточнее среднего течения р. Алей.

В административных границах зона чернозёмов предгорных равнин, предгорий и низкогорий Алтая ограничена рамками Змеиногорского, Курьинского, Краснощековского, Усть-Калманского, Усть-Пристанского, Быстроистокского, Смоленского, Алтайского, Солонешенского, Чарышского районов, а также в восточной и юго-восточной частях рамками Локтевского, Рубцовского и Шипуновского районов.

К настоящему времени большая часть территории зоны распахана, наиболее крупные пахотные массивы пашни расположены по предгорным равнинам и увалистым предгорьям. Предгорная почвенная зона характеризуется высокой степенью современной хозяйственной

освоенностью, пахотные угодья занимают свыше 50 % от общей площади сельскохозяйственных угодий. По уровню почвенной продуктивности предгорная зона превосходит остальные почвенные зоны края, здесь отмечены наивысшие показатели кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения Алтайского края. Пахотные угодья на рекордные 88 % расположены на плодородных чернозёмах, под кормовую базу используются лугово-чернозёмные, луговые, аллювиальные и другие почвы. В границах представленной зоны имеются все необходимые земельно-ресурсные и производственные предпосылки для создания зонального агроэкокластера с проектным названием «Предгорья Алтая» [1].

Таким образом, анализ состояния и особенности почвенного покрова, предгорных и низкогорных пространств территории Алтайского края, позволяет сделать вывод о том, что почвы этих районов имеют повышенный процент гумуса, что крайне благоприятно для создания кластеров по выращиванию высокопродуктивной и экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Исключение могут составить лишь районы падения первых ступеней ракет носителей с космодрома Байконур и места загрязнения радионуклидами территории Алтайского края при испытании в прошлом ядерных устройств на Семипалатинском полигоне.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект 16-02-00235).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Районирование территории Алтайского края для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции / Г. Я. Барышников, О. Ю. Воронкова, О. Н. Барышникова, Е. А. Ельчищев. Барнаул : Изд-во АЗБУКА, 2016. 136 с.
2. Барышников Г. Я. Рельеф переходных зон горных стран. Барнаул : Изд-во Алт. госун-та, 2012. 499 с.
3. Прогнозная модель изменения границ для лесостепной зоны России / О. Н. Барышникова, Ю. Б. Кирста, Н. Ф. Харламова, О. В. Ловцкая // Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений. М., 2003.
4. Батлук Н. В., Барышникова О. Н., Чупиков А. В. Некоторые итоги хозяйственного использования степей юго-востока Западной Сибири // Степи Северной Евразии : материалы IV Междунар. симп. Оренбург, 2006. С. 90–92.
5. Природно-мелиоративные оценки земель Алтайского края / Ю. И. Винокуров [и др.]. Иркутск, 1988. 136 с.
6. О неопределенности некоторых сценарных климатических прогнозов температуры воздуха и осадков на территории России / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Л. Н. Аристова, Л. К. Клещенко // Метеорология и гидрология. 2006. № 10. С. 5–23.
7. Добровольский С. Г. Изменение параметров океана и их прогноз // Соврем. глоб. изменения природной среды. 2006. Т. 1. С. 330–339.
8. Зворыкин К. В. Принципы экономической оценки земельных ресурсов // Вопр. географии. 1968. Сб. 78 : Оценка природных ресурсов. С. 56–67.
9. Изменение климата и ландшафтов за последние 65 млн лет / отв. ред. А. А. Величко. М., 1999.
10. Израэль Ю. А., Павлов А. В., Анохин Ю. А. Эволюция криолитозоны при современных изменениях глобального климата // Метеорология и гидрология. 2002. № 1. С. 22–34.
11. Израэль Ю. А., Сиротенко О. Д. Моделирование влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства России // Метеорология и гидрология. 2003. № 6. С. 5–17.
12. Исаченко А. Г. Ландшафтное районирование России как основа для регионального эколого-географического анализа // Изв. РГО. 1996. Т. 128, вып. 5. С. 42–60.
13. Исаченко А. Г. Макроландшафтные закономерности в сельском хозяйстве России // Изв. РГО. 2004. Т. 136, вып. 4. С. 9–18.
14. Оценка и прогноз агроклиматического потенциала Алтайского края в условиях современных изменений климата / Ю. Б. Кирста, Г. С. Зинченко, О. В. Ловцкая, Т. А. Белоторонина // Изв. Алт. гос. ун-та. 2002. № 3. С. 61–68.
15. Клиге Р. К. Глобальные изменения в гидросфере. Глобальные изменения природной среды. М., 2000. С. 171–182.
16. Клиге Р. К., Евсеева Л. С. Изменение мирового водного баланса. Современные глобальные изменения природной среды. М., 2006. Т. 1. С. 210–279.
17. Кобак К. И., Кондрашева Н. Ю. Глобальное потепление и природные зоны // Метеорология и гидрология. 1992. № 8. С. 91–98.
18. Коломыц Э. Г. Региональные палеогеографические сценарии глобального потепления // География и природные ресурсы. 2005. № 1. С. 5–13.

19. Кондратьев К. Я. Глобальные изменения на рубеже тысячелетий // Вестн. РАН, 2000. Т. 70, № 9. С. 788–796.
20. Котляков К. Я., Клиге Р. К., Захаров В. Г. Глобальные циклы климатических изменений и оледенение Антарктиды // Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим). М., 2000. С. 70–90.
21. Красноярова Б. А. Территориальная организация аграрного природопользования Алтайского края. Новосибирск, 1999. 159 с.
22. Лузгин Б. Н. Полигенность засоления почв Кулундинской степи // Сиб. экол. журн. 2001. № 3. С. 361–368.
23. Лузгин Б. Н. Динамика агросистем Алтайского края // Сиб. экол. журн. 2003. № 2. С. 243–251.
24. Лузгин Б. Н., Барышникова О. Н., Барышников Г. Я. Активизация процессов опустынивания на юге Западной Сибири // Вестн. Алт. Науч. центра Сиб. акад. наук высш. шк. 2003–2004. С. 56–65.
25. Мезенцев В. С. Атлас увлажнения и теплообеспеченности Западно-Сибирской равнины. Омск, 1961. 66 с.
26. Мезенцев В. С. Гидролого-климатические основы проектирования гидромелиораций. – Омск, 1993. – 110 с.
27. Мезенцевой О. В. Криоклиматическая характеристика территории Западной Сибири // Ом. науч. вестн. 2004. № 4(29). С. 168–171.
28. Николаев В. А. Ландшафтная структура и физико-географическое районирование Алтайского края // Природное районирование и проблемы охраны природы. 1986. С. 38–43.
29. Николаев В. А. Ландшафты Азиатских степей. М., 2000. 300 с.
30. Павлов А. В. Мерзлотно-климатические изменения на севере России: наблюдения, прогноз // Изв. РАН. Сер. геогр. 2003. № 6. С. 39–50.
31. Ракитников А. Н. География сельского хозяйства (проблемы и методы исследования). М. : Мысль, 1970. 346 с.
32. Сиротенко О. Д., Грингоф И. Г. Оценки влияния ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2006. № 8. С. 92–102.
33. Сляднев А. П. Очерки климата Алтайского края. Барнаул, 1958. 139 с.
34. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, 1978. 320 с.
35. Сочава В. Б. Растительный покров на тематических картах. Новосибирск, 1979.
36. Харламова Н. Ф., Михайлова Л. А. Влияние изменения климата Алтайского региона на природную зональность // Современные глобальные и региональные изменения геосистем. Казань, 2004. С. 408–410.
37. Школьник И. М., Мелешко В. П., Катцов В. М. Возможные изменения климата на Европейской территории России и сопредельных территориях к концу XXI века: расчет с региональной моделью ГГО // Метеорология и гидрология. 2006. № 3. С. 5–16.

УДК 631. 41:54+581

Применение агрохимических средств в сельском хозяйстве

А. П. Ольферт (olfert_a@mail.ru)

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Аннотация. Рассматривается применение агрохимических средств защиты растений. Даны объемы внесения пестицидов в открытый грунт. Приведена диаграмма внесения минеральных удобрений.

Ключевые слова. Пестициды, минеральные удобрения, микотоксины, «экологически чистые» регионы.

В Российской Федерации одной из ведущих отраслей является сельское хозяйство, на сегодня демонстрирует уверенный рост по всем позициям. По итогам 2015 г. прирост составил 3 %, в России выполнили 5 из 8 показателей Доктрины продовольственной безопасности, обеспечили рынок продуктами отечественного производства и уже наращивается экспорт. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и сохранности произведённой продукции было и остаётся одной из первоочередных задач агропромышленного сектора страны. В числе мер по реализации данных задач значительная роль отводится методам по защите растений, одним из которых является протравливание химическими препаратами [1].

Сельскохозяйственные ядохимикаты (пестициды, агрохимикаты)— химические вещества, применяемые в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями и болезнями растений, для регулирования роста растений, предуборочного удаления листьев и подсушивания растений, для уничтожения сорной растительности. Некоторые препараты обладают широким спектром действия и могут применяться как в качестве инсектицидов, так и фунгицидов (инсектофунгициды) [4; 6].

В практике агрономов, как в России, так и за рубежом, достаточно часто применяются баковые смеси различных пестицидов. Эти комбинации позволяют решить целый комплекс задач: расширить спектр пестицидного действия, увеличить «окно» применения препаратов (по фазе, температуре), снизить фитотоксическое действие на культуру и избежать риска последствий на другие культуры в севообороте, предотвратить механические повреждения культурных растений, сэкономить ГСМ, снизить стоимость агрохимических работ, повысить производительность труда. Кроме того, такие комбинации незаменимы в антирезистентных программах борьбы с вредными объектами.

В работе «Экономический аспект применения пестицидов в современном земледелии России» Захаренко В. А., Захаренко А. В., указывается, что защита растений представляет экономически выгодную сферу приложения для промышленности, так как даже в неблагоприятных экономических условиях затраты окупаются дополнительным урожаем. Прямые затраты на защитные мероприятия обеспечили увеличение продукции растениеводства на общей уборочной площади 77 770 тыс. га (при обработке 35 151 тыс. га в пересчете на обработку в один след) на общую сумму 37,9 млрд руб.; увеличение урожая на каждом обработанном гектаре в денежном эквиваленте составило – 1079 руб. /га (4,6 ц зерновых единиц/га) по существу на каждый рубль прямых затрат в сельском хозяйстве получено на 2,95 руб. продукции растениеводства [5].

Выращивание культурных растений в сельском хозяйстве не может осуществляться без использования пестицидов, на культурах могут развиваться грибы, которые в процессе жизнедеятельности способны выделять микотоксины. Микотоксины – это отравляющие продукты жизнедеятельности грибов. Микотоксины токсичны для позвоночных и других групп животных в низких концентрациях. В практике часто наблюдались случаи массового отравления людей и животных зерном и хлебом, содержащим микотоксины возбудителя фузариоза гриба *Fusarium graminearum* (так называемый «пьяный хлеб») [2].

Как показывают исследования последних лет, многие пестициды оказывают неоднозначное, часто отрицательное влияние на почвенную биоту. Применение пестицидов может приводить к перестройке экологической обстановки в почве, изменяя ее микробиоценоз – угнетая одни группы микроорганизмов и стимулируя размножение других, представители которых способны продуцировать фитотоксические вещества и тем самым усугублять негативное влияние применяемых препаратов. Л. В. Коваленко установлено, что комплексное применение химических средств защиты растений в рекомендованных дозах приводит к снижению численности аммонифицирующих бактерий, происходит сдвиг микроценоза целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почве. Исследователем отмечается, что пестициды не только обуславливают токсичность почвы, но и аккумулируются в корневой системе и конечной продукции, что приводит к получению экологически неполноценной продукции [3]. Доза внесения пестицидов в России за последние 6 лет практически не менялась (табл. 1).

Таблица 1

Объем внесения пестицидов в открытом грунте, кг/га посева

Группа пестицидов	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Инсектициды	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5
Фунгициды	1,7	1,4	1,4	1,5	1,2	1,4
Гербициды	0,7	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9
Всего	28	27	28	29	25	28

По данным Минсельхоза России, самые «чистые» с точки зрения доз внесения пестицидов в 2015 г. были Республика Тыва (внесено всего по 0,2 кг/га инсектицидов и гербицидов), Республика Хакасия (внесено 0,1 кг/га инсектицидов и по 0,3 кг/га фунгицидов и гербицидов), Забайкальский край (внесено 0,4 кг/га фунгицидов и 0,3 кг/га гербицидов), Республика Алтай (внесено 0,1 кг/га инсектицидов и 0,9 кг/га гербицидов), Калужская область (внесено 0,2 кг/га инсектицидов, 0,6 кг/га фунгицидов и 0,5 кг/га гербицидов), Ульяновскую область (0,1 кг/га инсектицидов, 0,3 кг/га фунгицидов и 0,5 кг/га гербицидов) [1].

В сельском хозяйстве не только используют пестициды, но важнейшим элементом агротехники является применение минеральных удобрений. По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, внесение минеральных удобрений за 25 лет уменьшилось более чем в 2 раза (с 88 кг/га до 42 кг/га). По объему внесения минеральных удобрений в 2015 г. лидировала Карачаево-Черкесская Республика – 243 кг/га. Более 100 кг минеральных удобрений в пересчете на 100 % питательных веществ на 1 га посевов сельскохозяйственных культур в 2015 г. было внесено в Ямало-Ненецком АО (184,4 кг/га), Астраханской области (121,4 кг/га), Краснодарском крае (118,2 кг/га), Липецкой (116,9 кг/га), Курской (113,3 кг/га), Орловской (103,4 кг/га) и Калининградской (102,0 кг/га) областях. В тоже время в ряде регионов было внесено менее 10 кг/га. Республика Алтай (0,4 кг/га), Оренбургская область и Забайкальский край – по 1,8 кг/га, Омская (3,0), Челябинская (5,1), Саратовская (6,1), Новосибирская (6,4), Кемеровская (6,5) области, Алтайский край (6,8), Костромская область (7,1), ХМАО – 7,5 кг/га [1].

Почвы Алтайского края недостаточно богаты азотом и серой, а эти элементы необходимы для роста и созревания зерновых и овощных культур, а также улучшения их качественных характеристик. По данным Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю доза внесения минеральных удобрений (в пересчете на 100 % питательных веществ) под посевы сельскохозяйственных культур в 2016 г. составила 287197 т. Данный показатель в 2 раза выше показателей 2015 года, динамика внесения минеральных удобрений представлена на рисунке (рис. 1) [6].



Рис. 1. Диаграмма внесения минеральных удобрений под посевы сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных организациях

Таким образом, выращивание культур в России не может происходить без использования агрохимических средств. Обработка полей химическими средствами экономически выгодно и позволяет получить высокие урожаи. По объемам внесения агрохимических средств, существуют большие различия между регионами России, позиционировать себя с точки зрения «экологически чистой» продукции могут только отдельные регионы, например Республика Алтай, Оренбургская область и Забайкальский край, Омская, Челябинская, Саратовская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край, Костромская область.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». М. : Минприроды России; НИА-Природа, 2016. 639 с.
2. Зайченко А. М., Рубежнюк И. Г., Кобзистая О. П. Макроциклические трихотеценовые микотоксины: продуценты, распространение, определение, физиология токсинообразования, токсигенный потенциал // Соврем. пробл. токсикологии. 2001. № 2. С. 56–62.
3. Коваленко, Л. В. Экологическая оценка применения химических средств защиты растений при возделывании культур в севообороте на дерновоподзолистой тяжелосуглинистой почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 03.00.16. М, 1993. 42 с.
4. Лухменёв В. П., Глинушкин А. П. Средства защиты растений от вредителей, болезней и сорняков / под ред. В. П. Лухменева. Оренбург : Изд. центр ОГАУ, 2012. 596 с.
5. Захаренко В. А., Захаренко А. В. Экономический аспект применения пестицидов в современном земледелии России // Химия в защите растений. 2005. № 3. С. 55–63.
6. Сельское хозяйство [Электронный ресурс] / Упр. Федер. службы гос. статистики по Алтайскому краю и Респ. Алтай. URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst01/DBInet.cgi>, свободный.

Раздел 8

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАННОСТИ И ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ»

УДК 911.3(571.122)

Актualityные проблемы и перспективы развития лесного комплекса Югры

С. Н. Соколов (snsokolov1@yandex.ru)

Нижевартовский государственный университет, г. Нижневартовск

Аннотация. Даны краткие сведения о структуре лесного фонда и состоянии лесного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – Югры). Для описания динамики развития лесного комплекса предложены уравнения тренда.

Ключевые слова: лесной фонд, лесосырьевые ресурсы, лесной комплекс, природно-ресурсный потенциал, Югра, уравнение тренда.

Введение

Наиболее важными вопросами социально-экономической географии, на наш взгляд, являются исследования по оптимизации территориальной организации хозяйства и общества на период становления рыночной экономики на базе использования природно-ресурсного потенциала (ПРП) территории и модернизации региональной экономики. ПРП – одно из фундаментальных понятий географии, оно активно используется в научных, образовательных и практических целях. Природно-ресурсный потенциал территории – это совокупность естественных ресурсов, выступающих в качестве средств производства или предметов потребления в границах ландшафтов или регионов. Современный этап развития экономики отличается возрастающими масштабами потребления природных ресурсов, резким усложнением процесса взаимодействия природы и общества, интенсификацией и расширением сферы проявления специфических природно-антропогенных процессов. В этой связи большое значение приобретает изучение ПРП отдельных регионов и страны в целом, анализ структуры и систем их хозяйственного использования.

Ограниченность запасов отдельных природных ресурсов, в частности нефти и газа, нерациональное использование возобновляемых (лесных, водных, земельных) ресурсов, ставит задачи эффективного их использования. Природные ресурсы являются исходной базой экономики любого индустриального общества.

В экономике региона существенную роль играют минеральные ресурсы (в основном, топливно-энергетические), на которые приходится около 99,1 % стоимости ПРП. Что касается других видов ресурсов, то, естественно, они по стоимости заметно уступают минеральным. Если же взять за 100 % стоимость неминеральных ресурсов, то на древесные ресурсы будет приходиться 7,7 %, на недревесные лесные ресурсы – 8,8 %, на охотничье-промысловые ресурсы – 1,9 %. Стоимость водных ресурсов составит 10,9 %, земельных ресурсов – 1,2 %, рекреационных – 69,5 % от стоимости неминеральных ресурсов в ПРП округа [7]. Для проведения корректной оценки потенциала лесных ресурсов необходимо взять наиболее существенные показатели, отражающие качественные и количественные аспекты лесного фонда округа.

Состояние лесного фонда

Одной из составных частей ПРП региона является его лесной комплекс, объединяющий лесное хозяйство и комплекс по заготовке и переработки древесины.

Территория ХМАО – Югры характеризуется многоцелевым использованием лесов, исходя из экономической, социальной и экологической составляющих. Лесной комплекс региона в настоящее время не достаточно развит, несмотря на то что большая часть территории ХМАО – Югры занята землями лесного фонда, что составляет 94,3 % от площади округа. Общая площадь земель, на которых расположены леса составляет 50,406 млн га (4,3 % от общей площади лесов РФ), в том числе земли лесного фонда – 49,355 млн га, из них земли, покрытые лесной растительностью – 28,83 млн га (55,2 %) [10]. В общих характеристиках лесного фонда за 2006–2016 гг. произошли некоторые изменения. Общая площадь лесов увеличилась на 94,1 тыс. га, площадь лесных земель – на 89,2 тыс. га. При этом общая площадь покрытых лесом земель возросла на 806,5 тыс. га. Основной причиной увеличения земель лесного фонда являлось включение в него земель, ранее находившихся во владении сельскохозяйственных организаций. Кроме этого, площадь покрытых лесом земель выросла в связи с переводом молодняков в категорию покрытых лесом земель и повсеместным снижением сплошных рубок [4].

Запас древесины в автономном округе достигает 3,18 млрд м³ (4 % общероссийского объема), в том числе по хвойным породам 80,04 %. По общему запасу древесины округ находится на 5-м месте среди субъектов РФ, пропуская лишь Красноярский край, Иркутскую область, Республику Саха (Якутия) и Хабаровский край. Общий средний прирост превышает 30 млн. м³ в год [1].

Основу лесов региона составляют три породы: сосна, кедр и береза, – занимающие соответственно 46, 3, 21,7 и 13,6 % общего запаса лесонасаждений. Кроме того, произрастает ель – 9,5 %, осина – 4,9 % и лиственница – 2,9 %, пихта – 0,5 % общего запаса [10]. Земли лесного фонда региона представлены лесными и нелесными землями, причем преобладают лесные земли. Тенденция уменьшения площади лесных и увеличения нелесных земель происходит за счет отвода лесных земель под дороги, просеки, усадьбы, нефтепромысловые объекты. Непокрытые лесной растительностью земли представлены, в основном, гарями и вырубками.

Общая лесистость территории округа составляет 53,8 %. По показателю лесистости все административные районы можно сгруппировать в три группы. Первая группа районов – с высокой лесистостью: Советский, Березовский и Октябрьский районы (лесистость 76, 75 и 66 % соответственно). Вторая группа районов – со средним показателем лесистости: Белоярский (59 %), Нижневартовский (55 %), Ханты-Мансийский (54 %) и Нефтеюганский (51 %) районы. В третью группу войдут районы с низкой лесистостью: Кондинский и Сургутский районы (45 и 36 % соответственно).

В возрастной структуре лесных насаждений в регионе доминируют спелые и перестойные насаждения (57,9 %), из которых 21,1 % составляли перестойные леса [3], что свидетельствует о низкой степени вовлеченности лесов в промышленное использование, а также создает предпосылки для роста производства и развития отрасли. В среднем по округу запас спелых и перестойных лесов на 1 гектаре составляет около 142 м³. Интенсификация вырубки спелой и перестойной древесины в перспективе создаст интенсивный прирост молодняков и увеличение объемов переходящих возрастных групп к периоду промышленной эксплуатации. В то же время, основные запасы спелых и перестойных насаждений сконцентрированы в наименее обеспеченных лесовозными дорогами лесничествах, что затрудняет их освоение.

Значимость лесосырьевых ресурсов в потенциале развития лесного комплекса ХМАО – Югры определяется фактором наличия сырья. Запасы спелых и перестойных насаждений эксплуатационного лесного фонда в районе составляет 1,77 млрд м³ ликвидной древесины на площади 12,4 млн га (58 % земель, покрытых лесной растительностью). Продуктивность насаждения, зависящая от степени богатства лесорастительных условий, характеризующаяся классами бонитета насаждений, довольно низкая. Преобладают насаждения V класса боните-

та 39,4 % покрытых лесной растительностью земель лесного фонда. Насаждения II класса и выше бонитета занимают всего лишь 1,2 %. Наличие больших площадей болот и лесов низкого бонитета определяет возможность широкого сбора дикоросов: грибов, ягод, лекарственных растений; кедррачи, кроме того, позволяют использовать сбор орехов [2].

Основные запасы качественной древесины связаны с Белоярским, Березовским, Советским, Октябрьским районами, которые характеризуются меньшей степенью заболоченности территории, это, в свою очередь, облегчает технологический процесс и снижает себестоимость заготовки древесины. Определённый потенциал имеет и Нижневартовский муниципальный район, в котором сосредоточены основные запасы кедра в автономном округе, однако бонитет древостоя здесь ниже.

С 2008 г. начала действовать новая организационная структура Департамента лесного хозяйства ХМАО – Югры. В соответствии с ней 19 лесхозов преобразованы в 20 территориальных управлений-лесничеств, которые включают 85 участков лесничеств и выступают операционными структурными единицами в новой децентрализованной системе государственного управления лесным фондом на территории округа (рис. 1). На период до 2018 г. был разработан лесной план ХМАО – Югры – основополагающий документ, согласно которому лесное хозяйство и все сопряженные с ним отрасли экономики автономного округа будут развиваться в течение ближайшего десятилетия. Лесной план был утвержден постановлением Губернатора автономного округа от 29. 12. 2008 г. №190 «Об утверждении Лесного плана Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» (в ред. 17.07. 2013 г.) [1]. По лесорастительным и хозяйственным условиям выделено 6 лесоэкономических зон (ЛЭЗ).

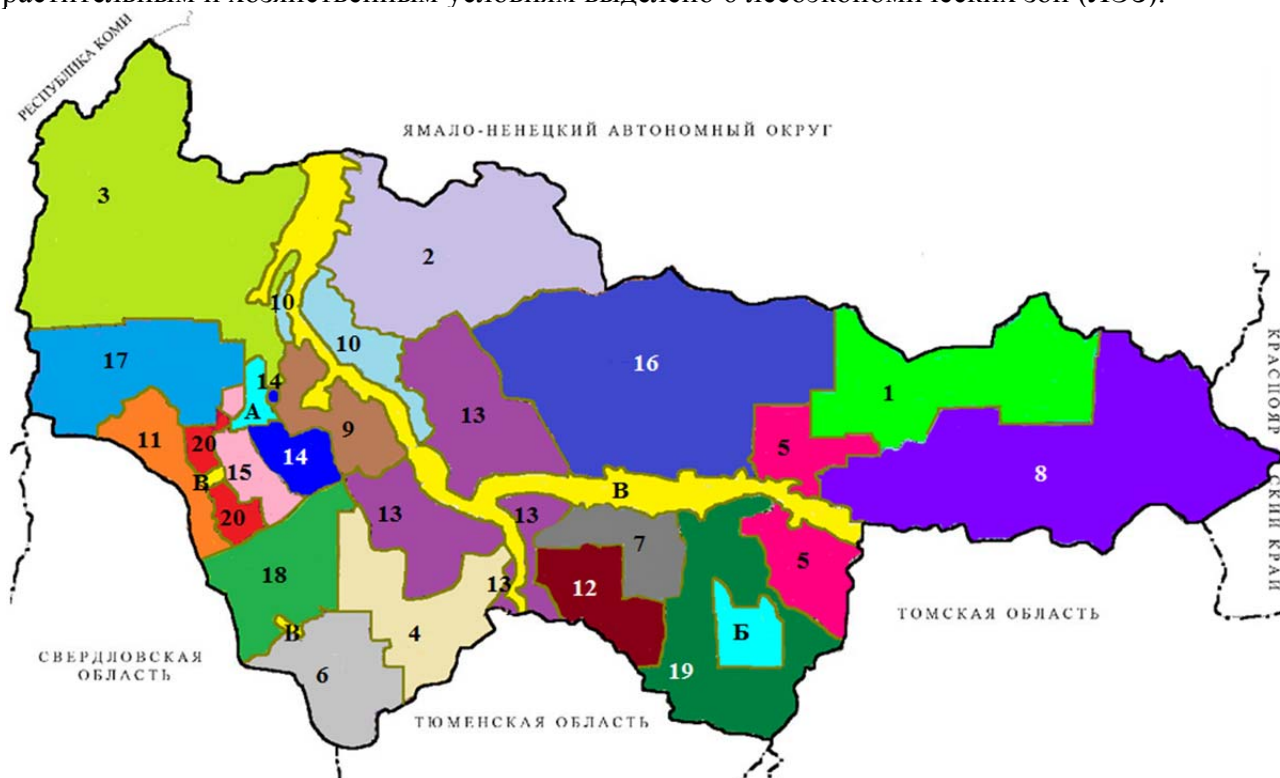


Рис. 1. Территориальные лесничества ХМАО – Югры (2008–2012 гг.)

Цифрами обозначены территориальных лесничества: 1 – Аганское, 2 – Белоярское, 3 – Березовское, 4 – Кондинское, 5 – Мегионское, 6 – Междуреченское, 7 – Нефтеюганское, 8 – Нижневартовское, 9 – Няганское, 10 – Октябрьское, – Пионерское, 12 – Салымское, 13 – Самаровское, 14 – Самзасское, 15 – Советское, 16 – Сургутское, 17 – Торское, 18 – Урайское, 19 – Юганское, 20 – Югорское.

Буквами обозначены: А – заповедник «Малая Сосьва»,
Б – Юганский заповедник, В – территория, не входящая в лесной фонд.

В состав Департамента природных ресурсов и несырьевого сектора экономики Югры входят 14 казенных подведомственных учреждений – лесхозов, занимающихся лесоустрой-

ством на землях лесного фонда: Аганский (г. Радужный), Белоярский (г. Белоярский), Берёзовский (п. Березово), Кондинский (п. Междуреченский), Мегионский (г. Мегион), Нефтеюганский (г. Нефтеюганск), Нижневартовский (г. Нижневартовск), Октябрьский (г. Нягань), Самаровский (г. Ханты-Мансийск), Советский (г. Советский), Сургутский (г. Сургут), Няксимвольский (п. Агириш), Урайский (г. Урай) и Юганский (г. Сургут).

С 2012 г. по приказам Департамент природных ресурсов и несырьевого сектора экономики ХМАО – Югры «Об утверждении лесохозяйственного регламента» [5] сетка лесничеств была пересмотрена (рис. 2), новые территориальные лесничества были образованы путем объединения прежних в Советском, Кондинском, Октябрьском и Нефтеюганском районах.

Территориальные лесничества состоят из 65 участковых лесничеств. Самое большое из участковых лесничеств – Корликовское (Нижневартовское территориальное), самое малое – Ун-Юганское (Октябрьское территориальное). Средняя площадь участкового лесничества составляет 759236 га, но в Аганском, Белоярском, Березовском, Няксимвольском, Самаровском, Сургутском и Юганском территориальных лесничествах она больше. Количество участковых лесничеств колеблется от двух (в Няксимвольском) до девяти (в Советском территориальном). Центрами территориальных лесничеств в основном являются административные центры районов, но центром Нефтеюганского является Пыть-Ях, а Октябрьского – Нягань. Кроме того, центр Няксимвольского территориального лесничества находится в Агирише, Урайского – в Урае, Аганского – в Радужном, Мегионского – в Мегионе. С другой стороны, Сургут является центром для двух территориальных лесничеств: Сургутского и Юганского.



Рис. 2. Территориальные лесничества ХМАО – Югры (с 2012 г.)

Цифрами обозначены территориальных лесничества: 1 – Аганское, 2 – Белоярское, 3 – Березовское, 4 – Кондинское, 5 – Мегионское, 6 – Нефтеюганское, 7 – Нижневартовское, 8 – Няксимвольское, 9 – Октябрьское, 10 – Самаровское, 11 – Советское, 12 – Сургутское, 13 – Урайское, 14 – Юганское.

Буквами обозначены: А – заповедник «Малая Сосьва»,

Б – Юганский заповедник,

В – территория, не входящая в лесной фонд (территория городов).

Общая площадь лесов, структура лесного фонда и запас древесины приведен в табл. 1.

Таблица 1

Структура лесного фонда и запас древесины по территориальным лесничествам
и лесоэкономическим зонам ХМАО – Югры

Территориальное лесничество, лесоэкономическая зона	Общая площадь, га	Лесные земли, %	Земли, покрытые лесом, %	Болота, %	Доля защитных лесов, %	Запас древесины, тыс. м ³
Северо-Западная ЛЭЗ	12 221 435	72,8	72,3	21,7	6,8	867 264
Белоярское	3 941 476	62,8	62,4	32,5	3	267 399
Березовское	6 297 042	77	76,5	16,4	7,9	415 668
Октябрьское	1 982 917	79,6	78,4	16,8	10,9	184 198
Западная ЛЭЗ	4 916 332	80,1	79,0	17,8	5,5	420 323
Няксимвольское	2 116 516	83,8	83,4	14,1	7,9	197 385
Советское	2 799 816	77,3	75,7	20,6	3,6	222 938
Ханты-Мансийская ЛЭЗ	3 945 509	55,9	55,4	37,9	11,4	290 305
Самаровское	3 945 509	55,9	55,4	37,9	11,4	290 305
Южная ЛЭЗ	5 216 470	48,0	47,2	44,0	3,6	241 372
Кондинское	3 442 144	47,3	46,4	44,7	3,8	168 427
Урайское	1 774 326	49,4	48,8	42,5	3,1	72 944,5
Центральная ЛЭЗ	11 740 339	40,3	40,1	47,5	4,8	647 897
Нефтеюганское	2 363 071	55,8	55,4	38,9	7,9	190 829
Сургутское	6 386 261	23,2	23	57,8	3,5	125 111
Юганское	2 991 007	64,7	64,6	32,2	5,1	331 957
Восточная ЛЭЗ	11 410 265	54,1	53,5	39,7	4,1	709 404
Аганское	3 138 924	46,6	46,1	46,3	1,2	141 540
Мегионское	1 947 896	63,2	62,9	30,5	8,1	185 297
Нижневартовское	6 323 445	55	54,3	39,2	4,3	382 567
ИТОГО	49 450 350	57,5	57	35,2	5,6	3 176 565

Как можно заметить, самое большое по площади из территориальных лесничеств – Сургутское, самое малое – Урайское. Наибольшая доля лесных земель и земель, покрытых лесом, наблюдается в Няксимвольском лесничестве, наименьшая – в Сургутском. Самым заболоченным является Сургутское, наименее – Няксимвольское. Наибольшей долей защитных лесов в лесном фонде характеризуется Самаровское лесничество, наименьшей – Аганское. Наибольший запас древесины характерен для Березовского лесничества, наименьший – для Урайского.

Запас древесины на 1 га покрытых лесной растительностью земель лесного фонда составляет 129 м³. Запас древесины в расчете на 1 га покрытых лесной растительностью по территориальным лесничествам и в целом в округе показан на рис. 3.

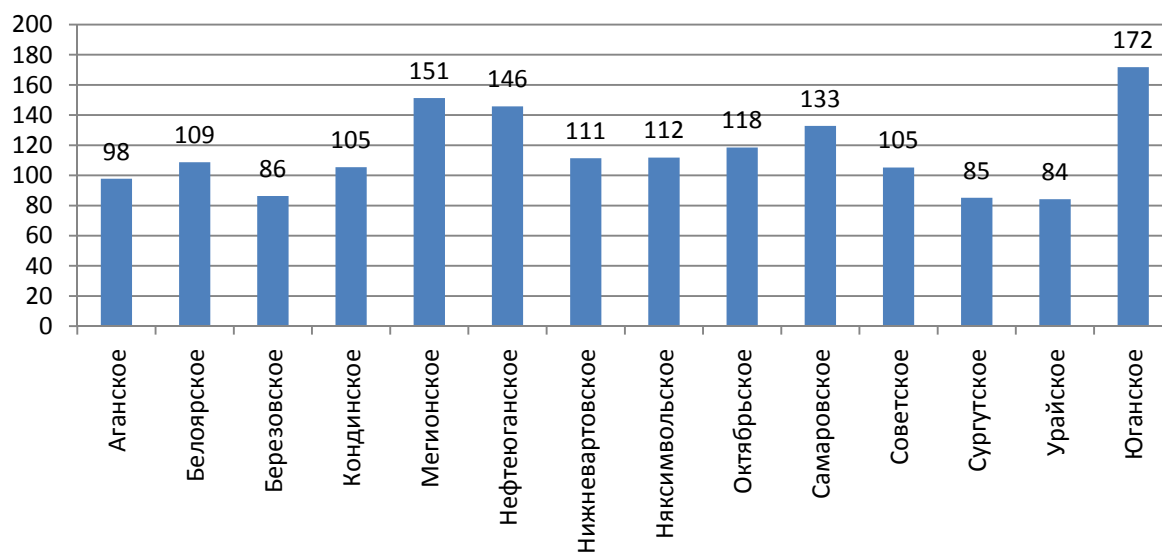


Рис. 3. Запас древесины на территории, покрытой лесной растительностью в лесничествах
ХМАО – Югры (м³ на 1 га)

Наибольшие значения этого показателя характерны для Юганского, Мегионского, Нефтеюганского и Октябрьского, наименьшие – для Урайского, Сургутского, Березовского и Аганского.

По целевому назначению в лесном фонде округа защитные леса составляют 5,6 %, а эксплуатационные – 94,4 % [3]. Потребность ХМАО – Югры в древесине в основном удовлетворяется за счет лесозаготовок в лесном фонде округа. Спрос на древесные ресурсы в автономном округе определяется в основном уровнем развития и финансовой стабильностью организаций лесоперерабатывающей промышленности.

Состояние лесозаготовительной промышленности

По данным 2012 г. в округе 184 предприятия лесозаготовки вырубili 2,1 млн м³, хотя ежегодно можно вырубать около 5 млн м³. Главная проблема в лесо-географическом положении – недостаточное количество лесовозных дорог [9]. Основные лесозаготовительные районы (Советский, Кондинский и Октябрьский) дают более 3/4 всей древесины округа.

Мозаичное размещение крупных лесных массивов и слабое развитие лесовозных путей транспорта определили очаговый характер эксплуатации лесосечного фонда. В настоящее время в структуре промышленного производства лесная и деревообрабатывающая промышленность занимает малозаметное место, что явно не соответствует ее сырьевому потенциалу.

Основу лесного комплекса в округе составляют предприятия Советского района, на которых в 2010 г. мощности по заготовке и вывозке древесины составили 35 %, а в 2014 г. 43 % (рис. 4).

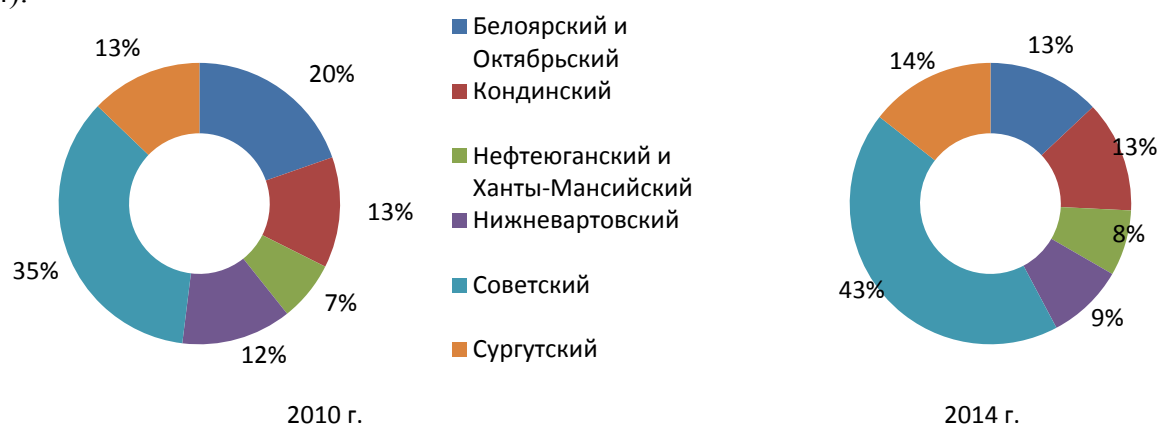


Рис. 4. Структура вырубки древесины по районам ХМАО – Югры

В 1990-х гг. в связи со сложившейся экономической обстановкой предприятия, заготавливающие древесину на территории ХМАО – Югры, вынуждены были сменить форму собственности, роль лесной промышленности в формировании экономики региона значительно уменьшилась. Снижение спроса на древесину привело к банкротству крупнейших лесозаготовительных предприятий – Нижневартовского, Мегионского и других леспромпхозов [8].

Возможный годовой объем заготовки древесины без ущерба для лесного хозяйства и экологического состояния лесов в районе составляет 38,6 млн м³ (для сравнения, в 2007 г. всего 29,2 млн м³). Расчетная лесосека (ежегодный допустимый объем изъятия древесины) в 2017 г. составляет 39,6 млн м³ (5,5 % расчетной лесосеки РФ), в том числе по хвойным породам деревьев 20,1 млн м³ (табл. 2).

Объем вырубленной ликвидной древесины в 2014 г. составил около 4 млн м³ древесины, т. е. 10,3 % расчетной лесосеки, в том числе по хвойным 14,3 %. Динамика вырубки древесины приведена на рис. 5.

Таблица 2

Расчетная лесосека и объемы вырубki в ХМАО – Югре

Показатели	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016
Расчетная лесосека, млн. м ³	35,6	35,6	35,6	35,6	24,7	25,1	25,1	25,1	38,6	38,6	39,6
из нее по хвойному хозяйству	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	17,7	17,7	17,7	20,1	20,1	20,1
Доля хвойных в расчетной лесосеке, %	55,6	55,6	55,6	55,6	80,4	70,6	70,6	70,6	52,0	52,0	50,8
Объем вырубленной ликвидной древесины – всего, млн. м ³	2,3	2,4	3,0	2,5	1,8	3,1	4,1	3,8	4,4	4,0	5,2
из нее хвойной древесины	1,8	1,8	2,2	1,8	1,6	2,4	3,1	2,9	3,3	2,9	3,1
Доля вырубki хвойных во всей вырубке, %	78,1	73,1	72,5	74,5	87,5	77,5	75,7	76,1	74,0	72,1	60,4
Доля вырубок в расчетной лесосеке, %	6,4	6,8	8,4	6,9	7,5	12,3	16,2	15,1	11,4	10,3	13,1
в т. ч. по хвойной древесине, %	8,9	8,9	11,0	9,3	8,1	13,5	17,4	16,3	16,2	14,3	15,6
Заготовка предприятиями лесного комплекса, млн. м ³	1,8	1,8	2,0	1,9	1,6	1,8	2,3	2,4	2,8	2,3	2,3
Доля предприятий лесного комплекса в общей заготовке, %	79,2	76,3	66,1	78,4	84,6	58,3	56,5	63,2	63,6	57,7	45,5

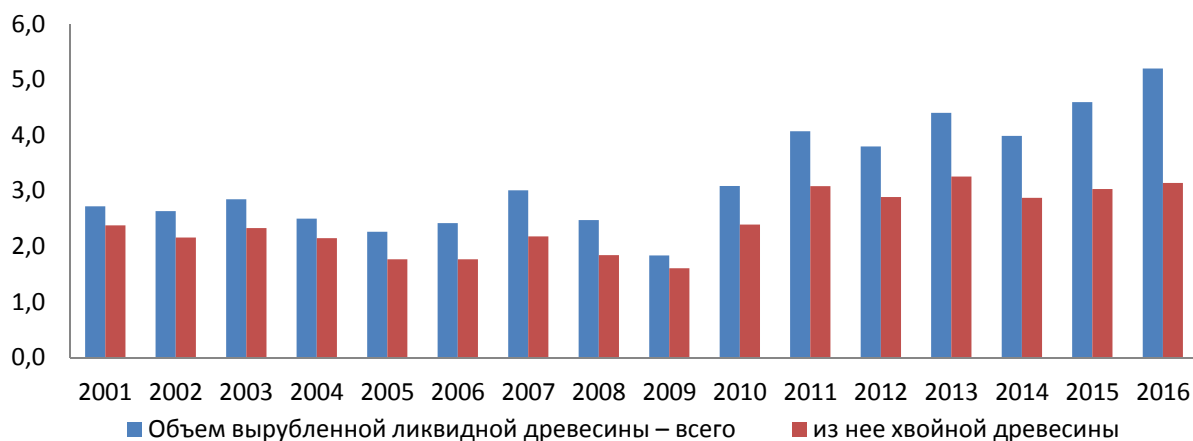


Рис. 5. Динамика вырубki древесины в ХМАО – Югре (млн м³)

Для описания динамики вырубki всей ликвидной древесины (млн. м³) можно предложить уравнение тренда:

$$Y = -0,0019t^3 + 0,1015t^2 - 1,5273t + 8,8594 \quad (1)$$

где t – условный показатель времени (в 1992 г. $t = 1$). Коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,8079$. Прогноз на 2017 г. – 4,4 млн м³.

Уравнение тренда для динамики вырубki хвойной древесины (млн м³) будет выглядеть так:

$$Y = -0,0015t^3 + 0,0933t^2 - 1,7604t + 12,277 \quad (2)$$

где коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,691$. Прогноз на 2017 г. – 3,2 млн. м³.

Динамика и структура вырубki древесины по районам отражена на рис. 6.

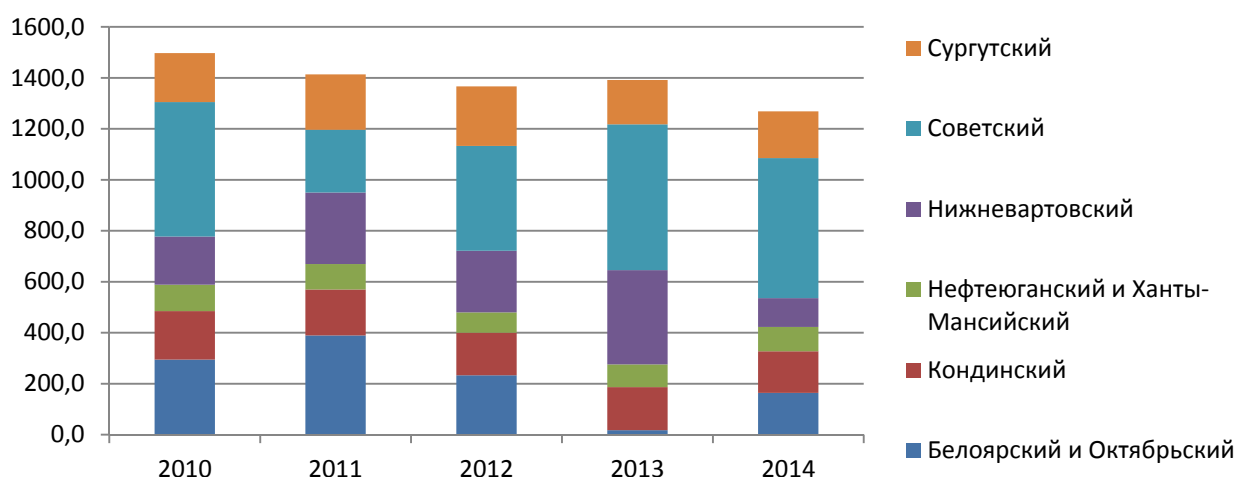


Рис. 6. Динамика и структура производства деловой древесины по районам ХМАО – Югры (тыс. м³)

Заготовка древесины является одним из основных видов использования лесов на территории ХМАО – Югры. По состоянию на 01.01.2015 действовало 133 договора аренды лесных участков для заготовки древесины с ежегодным объемом заготовки 3281,9 тыс. м³. Наибольшее количество лесных участков предоставлено в аренду в Советском (34 лесных участков), Октябрьском (20), Нижневартовском (14) и Нефтеюганском лесничествах (13). Государственную регистрацию в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 № 122-ФЗ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» прошли 130 договоров аренды лесных участков, из них на 126 договоров аренды лесных участков разработаны и имеют положительную экспертизу проекты освоения лесов [6]. С 1 января 2015 г. лесные участки (в том числе и для заготовки древесины), предоставляемые в аренду по результатам аукциона, подлежат обязательной постановке на кадастровый учет.

Состояние лесоперерабатывающей промышленности

Внутренний рынок в значительной степени обеспечен пиломатериалами собственного производства. Основными потребителями древесины являются предприятия лесного комплекса с организованными в них деревообрабатывающими производствами. В составе лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности автономного округа 10 крупных и средних предприятий, а общее число предприятий лесного комплекса превышает 130. В лесном комплексе автономного округа большинство предприятий, осуществляющих производственную деятельность, являются малыми и средними фирмами. В общеотраслевом объеме отгрузки продукции собственного производства удельный вес крупных и средних организаций составляет почти 80 %. В общем объеме отгрузки промышленной продукции автономного округа доля лесного комплекса составляет всего 0,2 % [4]. В структуре обрабатывающего сектора организации лесного комплекса занимают 1,7 %.

В округе создана крупная вертикально-интегрированная структура лесного комплекса: ОАО «Югорский лесопромышленный холдинг» с ежегодным объемом производства экспортных пиломатериалов 150 тыс. м³. В его структуру входят: ООО «ЮграТрансСервис» (заготовка древесины 600 тыс. м³ в год), ООО «Лесопильные заводы Югры» (4 завода общей мощностью 180 тыс. м³ в год), ООО «ЛВЛ-СтройПроект» (застройка по каркасно-панельным технологиям) и ОАО «ЛВЛ-Югра».

Имеются 3 предприятия по производству плитной продукции: ОАО «ЛВЛ-Югра» в Нягани (39 тыс. м³ хвойной фанеры и шпонируемого бруса ЛВЛ в год); ОАО «Югра-плит» в Советском (265 тыс. м³ древесностружечной плиты в год); ООО «Завод МДФ» в поселке Мортка (50 тыс. м³ древесноволокнистой плиты в год). Кроме того к крупным и средним предприятиям относятся ООО «Сургутмебель», ЗАО «Строймонтаж», ООО «Приоритет» и ООО «Домстройинвест».

Проектная мощность предприятий деревянного домостроения позволяет производить 145 тыс. м² домов заводского изготовления. Ведущими производителями являются: ОАО «Югорский лесопромышленный холдинг» (ОАО «ЛВЛ – Югра», г. Нягань), ООО «Сургутмебель» (Сургутский район, Барсово), ООО «МПАС-Строй» (г. Белоярский), ООО «Партнер-Групп» (ОП «Завод каркасно-панельных конструкций», г. Ханты-Мансийск), ОАО «Югра-Плит» (г. Советский). Невысокие объемы производства и реализации готового деревянного жилья связаны, прежде всего, с отсутствием земельных участков под индивидуальное жилищное строительство с подготовленной инфраструктурой.

Ведущим производителем биотоплива (топливных гранул из древесины) является ООО «Сургутмебель» (31,2 тыс. т брикетов в год), другие производители: ЗАО «Строймонтаж» в Советском (900 т в год) и ООО «Югра-Строй» в Нижневартовске (400 т в год). Динамика продукции деревообработки приведена в табл. 3.

Таблица 3

Динамика продукции деревообработки

Показатели	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Пиломатериалы, тыс м ³	407	404	433	403	394	316	298	281	274	279
древесно-стружечные плиты, тыс м ³						2,6	101	116	75,7	157
древесно-волоконистые плиты МДФ, тыс м ³	19,7	17,3	34,6	38,5	12,8	22,9	19,4	30,6	40,5	50,8
шпонированный брус ЛВЛ, тыс м ³	22,1	20	21,6	20,9	8,96	6,99	4,3	3,2	3,9	2,03
производство деревянных домов, тыс м ²	2,3	3,6	18,5	27,3	23,1	26,8	25,8	29,2	12,3	7,8
пеллеты (древесные биогранулы), тыс. т			0	3,3	2,7	7	11,8	11,8	13,3	23,1

Для описания динамики производства пиломатериалов можно предложить уравнение тренда:

$$Y = 0,0677t^3 - 2,1348t^2 + 1,9163t + 446,6757 \quad (3)$$

где t – условный показатель времени (в 2002 г. $t = 1$). Коэффициент аппроксимации $R^2 = 0,9419$.

По производству пиломатериалов лидирует Советский район (72 %), далее идет Сургутский район (16 %).

Низкосортная древесина, отходы лесопиления и деревообработки частично используется: как дрова для котельных муниципальных образований и населения; переработка в технологическую щепу, производство древесностружечных плит (ОАО «Югра-плит»); в качестве топлива на котельных установках предприятий (ОАО «Югорский лесопромышленный холдинг» – ООО «Лесопильные заводы Югры», ООО «Сургутмебель», ЗАО «Строймонтаж» и др.) [3]. В использовании и переработке низкотоварной древесины и отходов древесного сырья в автономном округе используются производственные комплексы для выпуска плитной продукции и биотоплива: ООО «Завод МДФ (п. Мортка), завод древесностружечной плиты ОАО «Югра-Плит» (г. Советский), изготовитель топливных гранул ООО «Сургутмебель» (п. Барсово). Общий объем перерабатываемой всеми предприятиями ХМАО – Югры низкосортной древесины и отходов лесопиления составляет более 500 тыс. м³ в год.

Перспективы развития лесного комплекса

На период до 2025 г. в ХМАО – Югре планируется к реализации ряд значимых инвестиционных проектов в сфере лесного комплекса: 1) создание производства по выпуску фанеры хвойной на производственной площадке ОАО «ЛВЛ-Югра» мощностью до 60 тыс. м³ (ОАО «Югорский лесопромышленный холдинг», г. Нягань); 2) расширение производства древесных плит (МДФ/ХДФ) мощностью до 150 тыс. м³ в год на базе ООО «Завод МДФ» (п. Мортка); 3) создание производства по выпуску OSB мощностью до 250 тыс. м³ в год на

базе завода ОАО «Югра-Плит», создание производства по выпуску смол для плитной промышленности на базе завода ОАО «Югра-Плит»; Создание производства по пропитке (импрегнированию) бумаги для ламинирования на базе завода ОАО «Югра-Плит» (г. Советский); 4) модернизация действующего производства ООО «Торский лесопильный завод» с увеличением объема выпуска пиломатериала до 100 тыс. м³ в год ОАО «Югорский лесопромышленный холдинг», п. Агириш) [4].

Развитие лесного комплекса автономного округа в соответствии со Стратегией социально-экономического развития ХМАО – Югры на период до 2030 г. рассматривается не только как важная народнохозяйственная задача по модернизации и диверсификации экономики региона, определяет формирование конкурентоспособных производств с продукцией высокой добавленной стоимости, но также и как механизм решения социальных вопросов территорий его присутствия и создание новых привлекательных рабочих мест. Ключевую роль в достижении указанных целей будет играть сбалансированное развитие лесосырьевых участков ХМАО – Югры и лесоперерабатывающих мощностей региона [1].

Главным негативным фактором развития лесного комплекса является удаленность от всех основных рынков сбыта лесопродукции, что будет стимулировать последующее оформление новой рыночной модели. Она должна быть основана на выпуске уникальной, мелкопорционной продукции, ориентированной под узкий потребительский спрос. Традиционная модель развития лесного комплекса округа заключается в экономии на масштабе, и которая предлагает однотипную массовую продукцию, но емкие рынки сбыта подобной продукции отсутствуют. Поэтому переход на новой рыночной модели должен осуществляться за счет внедрения новых технологических решений, позволяющих быстро реагировать на потребности рынка, а также выпускать изделия по индивидуальному заказу.

Таким образом, учитывая особенности существующей структуры отрасли и потенциал перехода на новую модель функционирования, основными перспективными направлениями развития лесного комплекса ХМАО – Югры являются: развитие производств по глубокой переработке древесины в лесоизбыточных районах округа; развитие малого лесного предпринимательства, в том числе лесного фермерства; развитие комплексной сети лесных дорог круглогодичного использования; сборе и переработке дикоросов.

Ключевым условием для дальнейшего развития лесного комплекса ХМАО – Югры является улучшение транспортной доступности между основными местами сосредоточения ресурсов, перерабатывающими мощностями и потребителями. Для малого и среднего бизнеса лесного комплекса привлекательным направлением является замещение ввоза лесной продукции в Югру собственным производством, а также формирование местного предложения древесных строительных материалов для обустройства промыслов и жилищного строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесной план Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Ханты-Мансийск: Департамент лесного хозяйства ХМАО – Югры, 2008. URL: <http://www.ugrales.ru/files/lespl/lespl1.rar>.
2. Метелёв С. Еф., Елкина О. С., Елкин С. Е. Экономика ХМАО: социально-экономические приоритеты и стратегия развития. Омск : Изд. ИП Погорелова Е. В., 2009. 186 с.
3. О государственной программе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Развитие лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на 2016–2020 годы»: Постановление правительство Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. URL: <http://www.admhmao.ru/dokumenty/gosudarstvennye-programmy/razvitie-lesnogo-khozyaystva-i-lesopromyshlennogo-kompleksa-khanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yu/>.
4. О государственной программе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Развитие промышленности в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2017–2020 годах и на период до 2025 года»: Постановление правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. URL: <http://www.admhmao.ru/dokumenty/ocenka/pubconsult/>.
5. Лесохозяйственные регламенты лесничеств Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. URL: <http://www.depprirod.admhmao.ru/deyatelnost/lesnoe-khozyaystvo/-normativnye-pravovye-akty-v-sfere-lesnogo-khozyaystva/113719/lesokhozyaystvennye-reglamenti-lesnichestv-khanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry>.
6. Паспорт Департамента природных ресурсов и несырьевого сектора экономики Югры. Ханты-Мансийск, 2015. 90 с.

7. Соколов С. Н. Проблемы оценки природно-ресурсного потенциала территории // Экологический мониторинг и биоразнообразие. – Ишим, 2010. – Т. 5. – № 1. – С. 205–207.
8. Соколов С. Н. Состояние лесного комплекса Нижневартовского района // Экологические проблемы природных и антропогенных территорий : сб. науч. ст. I Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 2010 г.). – Чебоксары : Тип. «Новое время», 2011. С. 122–124.
9. Стратегия социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2020 года и на период 2030 года. URL: http://www.depeconom.admhmao.ru/wps/portal/ecr/home/ser_hmao/material_ser/6a7e92c4-3f50-4519-a34c-6334a0f0886c/strateg.
10. Характеристика лесного фонда Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на 1 января 2017 года. URL: <http://www.depprirod.admhmao.ru/deyatelnost/lesnoe-khozyaystvo-/760090/kharakteristika-lesnogo-fonda-khanty-mansiyskogo-avtonomnogo-okruga-yugry-na-1-yanvarya-2017-goda>.

УДК 550. 4

Активность радиоцезия в почвах Прителецкой тайги

М. И. Кайзер (marinakaizer@mail.ru)

Горно-Алтайский государственный университет, г. Горно-Алтайск

Аннотация. Изучено пространственное и внутрипрофильное распределение цезия-137 в почвах Прителецкой тайги. Рассчитано содержание нуклида в почвах на ближайшие годы. Оценена активность нуклида в почвах исследованной территории с экологических позиций.

Ключевые слова: радиоцезий, почвы, внутрипрофильное распределение, пространственное распределение.

Введение

Телецкое озеро располагается в Северо-Восточной части Горного Алтая. Климат в данной местности зависит от особенностей рельефа и носит континентальный, горный характер. Зима побережья Телецкого озера мягкая, а лето – прохладное и влажное [3].

Растительность прилегающей территории Телецкого озера относится к лесному поясу и представлена кедрово-лиственничными породами, в травянистом ярусе – папоротниками и высокогорным разнотравьем [5].

Почвенный покров Прителецкой тайги состоит из горно-лесных бурых, серых оподзоленных и горно-лесных дерново-подзолистых почв, в высокогорьях – горно-луговых [6].

Изучение содержания и поведения радиоактивных элементов в объектах окружающей среды в настоящее время остается актуальным, так как многие из них, в том числе цезий-137, являются индикаторами бывшего радиоактивного загрязнения, связанного с испытанием ядерных устройств. Мониторинговые исследования по изучению активности цезия-137 на территории Горного Алтая продолжаются много лет. Результаты исследований доказывают присутствие и сегодня этого нуклида в почвах, а, следовательно, и в других объектах окружающей среды.

В основу полевых исследований положен сравнительно-географический метод. Почвенные разрезы закладывали в системе геоморфологических профилей. Почвенные образцы отбирали по генетическим горизонтам.

Определение активности радиоцезия в почвенных образцах проводили на гамма-спектрометре.

Результаты исследований

Природный цезий представлен одним стабильным изотопом ^{133}Cs . В состав продуктов деления входят два его изотопа – ^{134}Cs и ^{137}Cs , относящиеся к числу биологически подвижных в пищевых цепочках.

Период полураспада ^{137}Cs составляет 30,17 года. ^{137}Cs образуется в результате последовательного распада цепочки продуктов деления с массовым числом 137: $^{137}_{53}\text{I}$ (β^- / $T_{1/2}=2,4$ с) $\rightarrow$ $^{137}_{54}\text{Xe}$ (β^- / $T_{1/2}=3,9$ с) $\rightarrow$ $^{137}_{55}\text{Cs}$ (β^- / $T_{1/2}=30$ лет) $\rightarrow$ $^{137m}_{56}\text{Ba}$ (γ / $T_{1/2}=2,57$ мин) $\rightarrow$ $^{137}_{56}\text{Ba}$ стаб. [4].

Большая подвижность радиоизотопов цезия определяется тем, что они являются химическими аналогами калия, который является в природных системах их химическим носителем.

Степень окисления ^{137}Cs в любых компонентах природной среды +1. Важной особенностью поведения цезия – это способность его ионов и необменной фракции связываться твердой фазой почв. Причиной фиксации является взаимодействие ионов Cs^+ с кристаллической решеткой некоторых глинистых минералов. Цезий может участвовать в кристаллохимических реакциях с вхождением его в межпакетное пространство вторичных глинистых минералов. В такой форме нуклид в существенно меньшей степени переходит в почвенный раствор и мало доступен растениям [7].

Фракция ила в наибольшей степени сорбирует ^{137}Cs в почве. На сорбцию цезия значительное влияние оказывает минералогический состав почв. Сорбция цезия на минералах монтмориллонитовой группы, гидрослюдах, каолините, слюдах происходит довольно полно. Формы нахождения ^{137}Cs в зависимости от свойств почв существенно различаются. Содержание обменного цезия практически на почвах всех типов больше кислоторастворимого (необменного) [4, 7].

При оценке загрязненности исследованной территории придерживались величины глобального фона, определенной для Алтайского края и Республики Алтай в 56–60 мКи/км² [8].

Распределение плотности загрязнения радиоцезием в исследованных почвах является контрастным (таблица 1). Выявлены локальные загрязнения, превышающие глобальный фон в несколько раз. Во многих точках опробования активность цезия-137 ниже фоновых значений. Мозаичность пространственного распределения ^{137}Cs определяется неравномерностью выпадений атмосферных осадков, природными условиями (рельеф, характер растительности, свойства почв), влияющими на его перераспределение.

Таблица 1

Содержание ^{137}Cs в почвах Прителецкой тайги

Типы почв	Число разрезов	мКи/км ²		
		среднее	min	max
Горно-лесные серые	12	98	24	131
Горно-лесные бурые	11	110	32	225
Горно-лесные дерновоглубоко-подзолистые	8	63	46	97
Горно-луговые	8	179	43	442

Средняя плотность загрязнения цезием-137 исследованных почв превышает показатели фоновой плотности загрязнения для региона. Современная ситуация пространственного распределения ^{137}Cs в почвах исследованной территории представлена на рис. 1. Полученные данные пересчитаны по закону радиоактивного распада до 2031 г.

Ведущими факторами, обеспечивающими поведение ^{137}Cs в профиле почв, являются физико-химические свойства почв, тип почвообразования и положение почвы в ландшафте [1; 2].

Внутрипрофильное распределение ^{137}Cs в исследованных почвах Прителецкой тайги свидетельствует о значительном разнообразии поведения нуклида в профиле в зависимости от генезиса почв. Почти во всех исследованных типах почв радиоцезий отличается аккумулятивным типом внутрипрофильного распределения. Имея низкий коэффициент биологического поглощения, цезий достаточно прочно связывается органоминеральными соединениями гумусового горизонта, что объясняет его незначительное проникновение в нижележащие горизонты. Радиоцезий сосредоточен в верхней 10-см толще гумусового горизонта. С глубиной концентрация ^{137}Cs резко падает и ниже 15 см обнаруживается очень редко.

В профиле исследованных горно-луговых почвах, не смотря на условия промывного режима, ненасыщенности поглощающего комплекса и слабокислой реакции почвенного раствора, основное количество ^{137}Cs обнаружено в верхнем дерновом горизонте (0–10 см), и лишь незначительно нуклид мигрирует по толще почвенного профиля. В выявлены аномальные по уровню загрязнения ^{137}Cs концентрации, превышающие в несколько раз фоновые значения.

Более равномерное распределение ^{137}Cs в гумусовом горизонте некоторых дерново-подзолистых почв района исследования обуславливается промывным типом водного режима

и кислой реакцией среды. В горно-лесных бурых и серых почвах, развитых в различных природных условиях, характер распределения ^{137}Cs носит более контрастный характер.

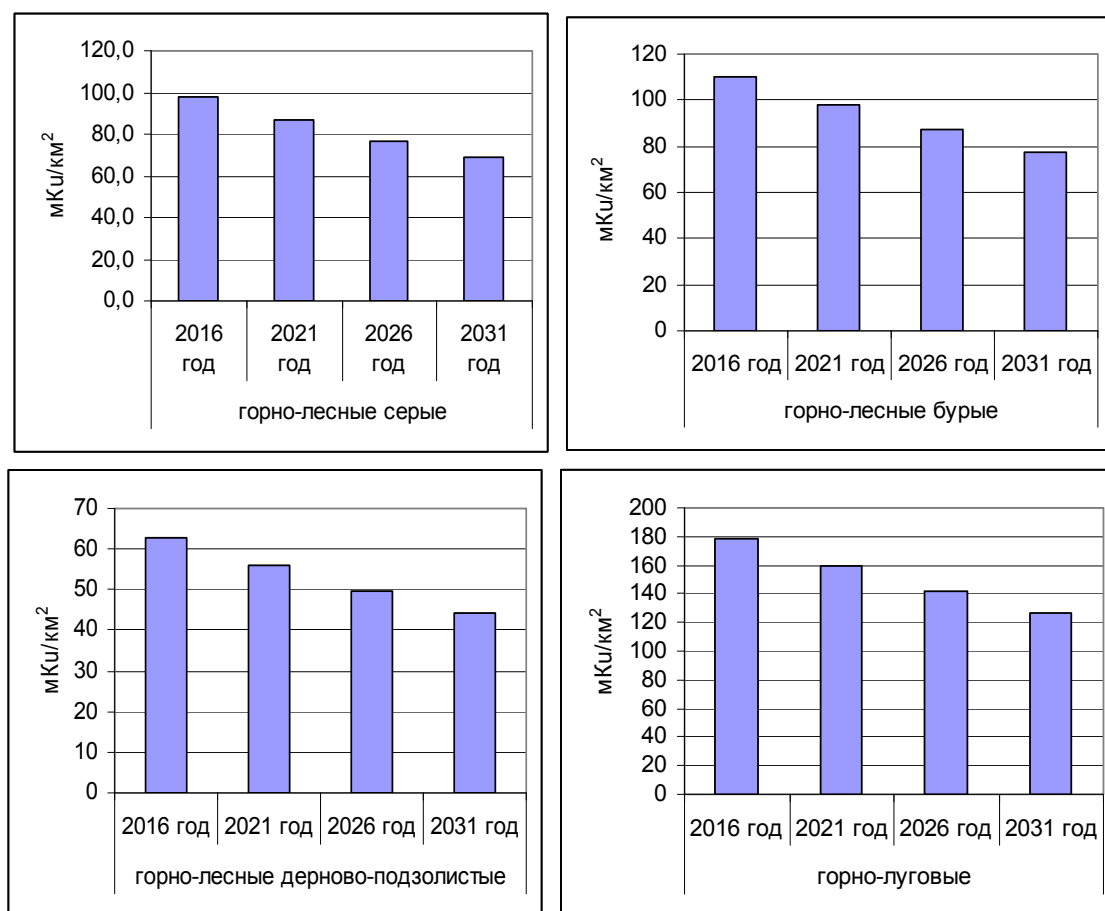


Рис. 1. Плотность загрязнения почв ^{137}Cs на 2016–2031 гг.

С целью выявления зависимости содержания и характера профильного распределения радионуклида в исследуемых почвах Прителецкой тайги, был применён корреляционный анализ. Для расчета использовались данные физико-химического анализа свойств почв (гумус, ил, физическая глина, карбонаты (CO_3^{2-}), pH, емкость поглощения (ЕКО) и значения удельной активности ^{137}Cs .

На рис. 2 приводятся коэффициенты линейной корреляции между содержанием ^{137}Cs и свойствами некоторых почв. Проведённые расчеты показывают наличие тесной связи между содержанием радионуклида и гумуса в почвах горно-лесного пояса исследованной территории. В почвах высокогорного пояса исследованной территории определены отрицательные значения коэффициента корреляции. Между содержанием в почвах радиоцезия, физической глины и ила наблюдается обратная картина по данным типам почв. Отрицательная средняя и близкая к средней линейная зависимость обнаружена в 70 % случаев между значениями pH и содержанием ^{137}Cs .

Выводы

Распределение плотности загрязнения радиоцезия в ненарушенном почвенном покрове исследованной территории Прителецкой тайги неравномерное, что обусловлено пестротой исходного выпадения осадков и последующим перераспределением ^{137}Cs в ландшафтно-геохимических системах.

Обнаружены локальные загрязнения, превышающие глобальный фон, приуроченные к вершинам гор, седловинам, верхним частям облесенных склонов гор, к местам с максимальным количеством атмосферных осадков.

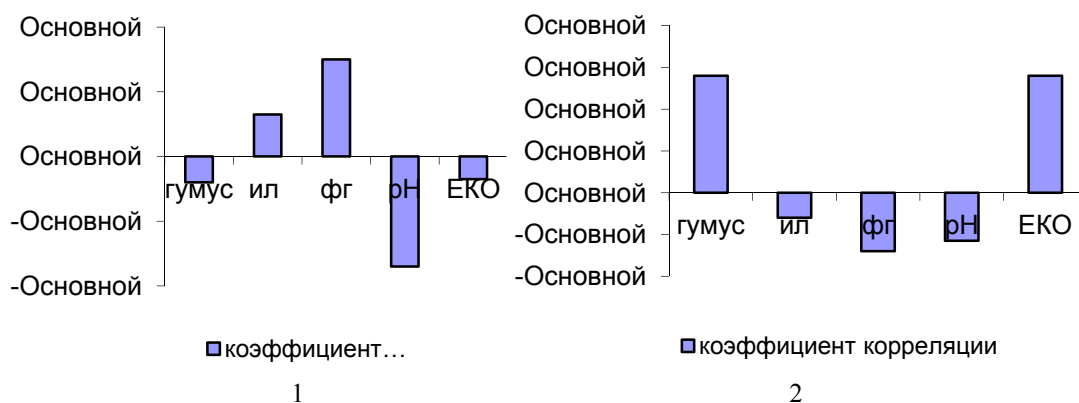


Рис. 2 – Зависимость содержания ^{137}Cs от физико-химических свойств почв
1 – горно-луговые, 2 – почвы горно-лесного пояса

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова М. И., Мальгин М. А., Пузанов А. В. Вертикальное распределение радиоцезия в почвах Уймонской котловины // Проблемы социально-экономического и экологического развития Республики Алтай: состояние и перспективы. Горно-Алтайск : ГАГУ, 2001. С. 97–99.
2. Цезий-137 в почвах Центрального Алтая / М. И. Кузнецова, М. А. Мальгин, А. В. Пузанов, В. Н. Алейникова // Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы : материалы 3-й рос. биогеохим. шк. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. С. 212–213.
3. Модина Т. Д. Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. Новосибирск, 2007. 230 с.
4. Моисеев А. А., Рамзаев П. В. Цезий-137 в биосфере. М. : Атомиздат, 1975. 182 с.
5. Огуреева Г. Н. Ботаническая география Алтая. – М. : Наука, 1980. 188 с.
6. Почвы Горно-Алтайской автономной области. – Новосибирск: Наука, 1973. 352 с.
7. Прохоров В. М. Диффузия цезия-137 в почве // Радиохимия. 1963. Т. 5, № 5. С. 639.
8. Силантьев А. Н., Шкуратова И. Г. Изменение параметров миграции цезия-137 в почве // Атомная энергия. 1988. Т. 65, № 2. С. 137–141.

УДК 502.4(571.5)

Оценка антропогенной нагрузки на территорию Прибайкальского национального парка

П. А. Утюжникова (pila38rus@rambler.ru)

С. Ж. Вологжина (svologzhina@gmail.com)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Статья посвящена оценке фактической рекреационной нагрузки на территорию Прибайкальского национального парка. В результате проведенных исследований выявлено, что территория Прибайкальского национального парка испытывает большую антропогенную нагрузку в связи с нарушением баланса использования территорий в хозяйственных и рекреационных целях, и природоохранных целях.

Ключевые слова: Прибайкальский национальный парк, антропогенная нагрузка, индекс NDVI.

Введение

Ответной реакцией на тотальное использование природных ресурсов явилось создание сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) на различных уровнях, от регионального до международного. Природно-заповедные территории имеют важное значение в решении проблем взаимоотношений между обществом и природой. Только на неэксплуатируемых участках можно изучать развитие природных процессов, динамику биогеоценозов, последствия антропогенных воздействий, что необходимо для определения путей наиболее

рациональной эксплуатации и охраны природных ресурсов. Поэтому сегодня большинство экологических исследований не может быть решено вне изучения охраняемых участков.

В условиях обострения экологических проблем, следствием которого является нарушение и деградация природных экосистем на больших территориях и акваториях, становится очевидной необходимость сохранения уникальных участков земной поверхности и акваторий. ООПТ должны выполнять роль экологического каркаса, позволяющего сохранять в естественном состоянии наиболее ценные природные комплексы, а также способствовать успешному восстановлению экосистем, подверженных антропогенным воздействиям.

Однако природные комплексы особо охраняемых территорий ежедневно испытывают прямое или косвенное антропогенное воздействие (антропогенную трансформацию). Поэтому за состоянием ООПТ необходима организация систематических наблюдений в целях обнаружения и прогнозирования негативных изменений природных экосистем ООПТ.

Методы исследования и результаты

Сбалансированное соотношение различных видов деятельности и интересов различных групп населения на территории с учетом потенциальных и реальных возможностей природы обеспечивает устойчивое развитие природы и общества, воспроизводство природных ресурсов и не вызывает негативные экологические изменения и последствия [1].

Процентное соотношение территорий с различными видами природопользования отображено на рис. 1.



Рис. 1. Распределение функциональных зон ПНП по занимаемым площадям.

Для определения степени антропогенной нагрузки земель ПНП были установлены балльные оценки для каждого вида землепользования, в соответствии с зонированием ПНП (табл. 1).

Для оценки антропогенной нагрузки, применяется коэффициент (K_0) относительной экологической напряженности, рассчитываемый по формуле (1)

$$K_0 = \frac{АН_5 + 0,8АН_4 + 0,6АН_3 + 0,4АН_2}{АН_1}$$

где $АН_5$, $АН_4$, $АН_3$, $АН_2$ – категории земель с высшей, высокой, значительной и средней антропогенной нагрузкой (испытывающие хозяйственную или рекреационную деятельность),

га; АН₁- категории земель с очень низкой антропогенной нагрузкой (с полным исключением хозяйственной и рекреационной деятельности), га; 0,8 0,6 0,4 – понижающие коэффициенты.

Таблица 1

Оценка степени антропогенной нагрузки по категориям земель в баллах на основе зонирования территории ПНП

Степень антропогенной нагрузки/ балл	Обозначение	Категории земель	Площадь, га
Высшая/5	АН ₅	зона хозяйственного назначения, включающая сельскохозяйственные земли, вошедшие в национальный парк без изъятия из хозяйственного использования	33884
Высокая/4	АН ₄	зона традиционного экстенсивного природопользования	112000
Значительная/3	АН ₃	зона обслуживания посетителей	13791
Средняя/2	АН ₂	зона рекреации и познавательного туризма	171108
Очень низкая/1	АН ₁	заповедная зона	86 514

В знаменателе формулы (1) по мере уменьшения антропогенной нагрузки для соответствующих категорий земель АН₄, АН₃, АН₂, были использованы понижающие коэффициенты антропогенной нагрузки 0,8; 0,6 и 0,4 соответственно. Для земель с высшей антропогенной нагрузкой (АН₅), понижающий коэффициент равен единице.

В результате расчетов коэффициента экологической напряженности (Ко) для территории ПНП, было получено значение коэффициента (Ко), равное 2,3. Данный показатель означает превышение недопустимых видов деятельности в пределах ООПТ. Можно сделать вывод, что территория ПНП не уравновешена по степени антропогенной нагрузки и потенциалу устойчивости территории, так как значение коэффициента (Ко) не приближенно к 1. Площадь территорий, испытывающих хозяйственную и рекреационную нагрузку с высшей, высокой, значительной и средней степенью антропогенной нагрузки, преобладает над площадью заповедной зоны, полностью исключая хозяйственную и рекреационную деятельность.

Крупным просчетом, затрудняющим природоохранную деятельность в ПНП, явилось то обстоятельство, что в его территорию включены земли без изъятия их из хозяйственного использования и находящиеся в двойном подчинении. Практически ими распоряжаются районные администрации. В связи с этим и большой протяженностью парка, присутствием на его территории более 40 населенных пунктов управлять территорией и поддерживать оптимальный природоохранный режим достаточно сложно [2].

Кроме того, был использован индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Позволяет оценить тип и состояние (степень нарушенности) растительного покрова, в том числе, – лесного покрова. Сопоставление карт индекса NDVI за разные года – позволяет оценить динамику процесса изменения состояния растительного покрова в рассматриваемый период в лучшую или худшую сторону.

Для построения карт индекса NDVI были использованы спутниковые снимки Landsat 8 (2015–2016 гг.) за 3 вегетационных месяца (июнь, июль, август). В итоге, были получены карты средних значений индекса NDVI за вегетационный период (июнь-август) для каждого рассматриваемого года (рис. 2, 3). Данная работа была выполнена посредством геоинформационной системы Quantum GIS 2.18.6.

Сопоставляя полученные карты индекса NDVI с табл. 2, а также исходя из понимания, что чем выше индекс NDVI, тем гуще и лучше лесной покров, можно провести анализ состояния растительного покрова за два указанных года и визуально оценить процесс изменения. Процесс негативного изменения достаточно заметен невооруженным глазом почти по всей территории о. Ольхон, но самые интенсивные изменения происходят в окрестностях п. Хужир. Следует отметить, что в конце лета 2015 г., на территории Ольхонского района

происходили множественные пожары, которые могли отразиться на вегетации растительного покрова.

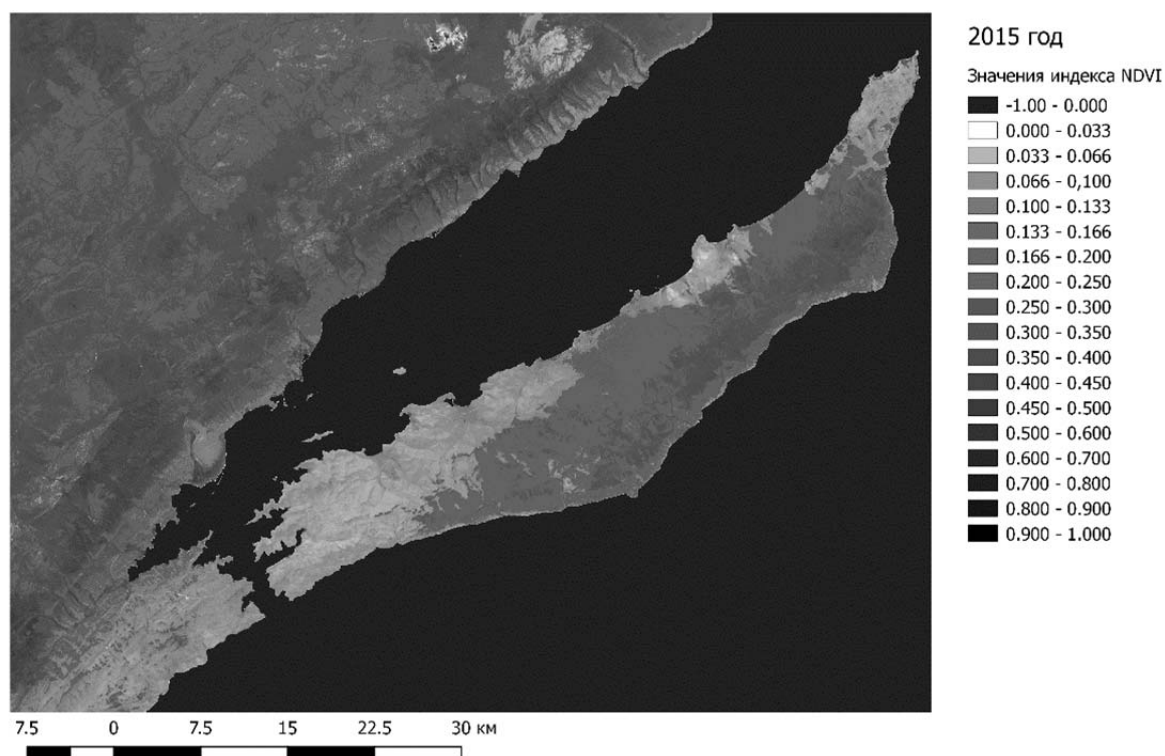


Рис. 2. Карта индекса NDVI, рассчитанная для территории о-ва Ольхон по снимкам Landsat 8 (2015 год)

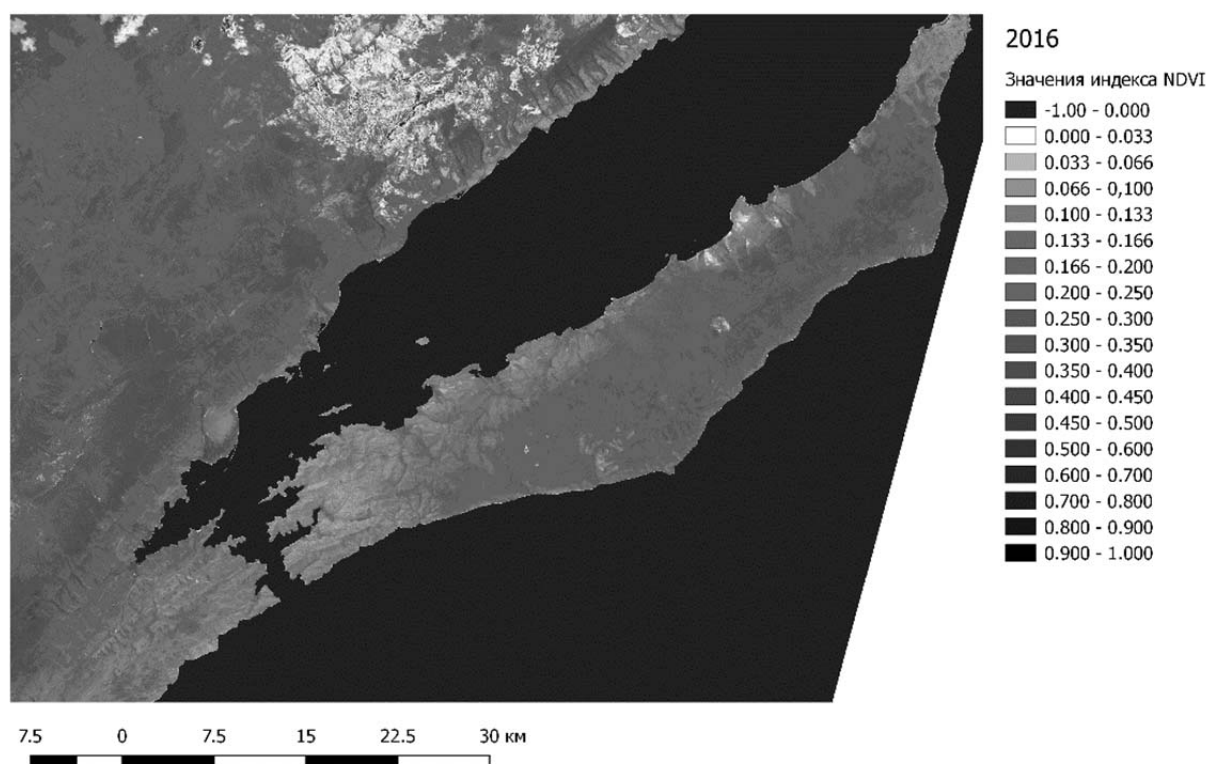


Рис. 3. Карта индекса NDVI, рассчитанная для территории о. Ольхон по снимкам Landsat 8 (2016 г.)

Таблица 2

Качественные значения индекса NDVI [3]

NDVI	Тип покрытия
0,8–1,0	Мощная густая растительность
0,5–0,8	Густая растительность
0,4–0,5	Скудная и разреженная древесная и кустарниковая растительность
0,2–0,4	Кустарники и пастбища
0–0,2	Открытая почва
-1–0	Снег, водный объект, антропогенное покрытие (бетон, асфальт)

Выводы

Главной задачей Прибайкальского национального парка является сохранение уникальной экологической системы озера Байкал. Однако, итогом проведенной работы стал вывод, что уникальные природные комплексы ПНП испытывают значительное антропогенное, в частности, рекреационное воздействие.

В ходе работы были выполнены все поставленные задачи. В результате проведенных исследований выявлено, что территория Прибайкальского национального парка испытывает большую антропогенную нагрузку в связи с нарушением баланса использования территорий в хозяйственных и рекреационных целях, и природоохранных целях. Коэффициент (K_o) относительной экологической напряженности равен 2,3. С помощью построенных карт индекса NDVI можно наблюдать изменение растительного покрова с 2015 по 2016 г. в сторону уменьшения его продуктивности, которое могло стать результатом интенсивной рекреационной деятельности.

Бесконтрольное развитие туризма может причинить ущерб именно тем природным компонентам, которые являются его главным объектом. Негативное воздействие туристической деятельности на них во много раз превышает разрушительную способность окружающей среды, и никакие финансовые и технические ресурсы не смогут его возместить. Очень важно сохранять равновесие между масштабами и видами рекреационной деятельности, с одной стороны, и чувствительностью и устойчивостью природных объектов – с другой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск : СГУ, 1999. 154 с.
2. Беркин Н. С., Макаров А. А., Русинек О. Т. Байкаловедение : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. 291 с.
3. ДЗЗ для экологических задач Ч. 2. Леса [Электронный ресурс] // GIS- LAB: сайт. URL:http://wiki.gislab.ru/w/ДЗЗ_для_экологических_задач_Часть_2:_Леса. (дата обращения 15.03.2017)

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ПОСЕЛЕНИЙ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИ В ГОРОДАХ

УДК 314.1

Демографические процессы в исторических городах Азербайджанской Республики

Э. С. Бадалов (badalov.1958@mail.ru)

Институт географии НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджан.

Аннотация. Рассматриваются формирование и рост населения, а также динамика тенденции естественного движения населения, браки и разводы в исторических городах. На основе проведенных исследований предложены рекомендации по регулированию демографических процессов в этих городах.

Ключевые слова: исторические города, демографические процессы, естественный прирост, рождаемость, смертность, брак, развод

Введение

Ближний Восток является колыбелью человеческой цивилизации. Древние города Мира, история которых насчитывает несколько тысячелетий, были образованы именно на Ближнем Востоке. Эта территория включает в себя также исторические земли Азербайджана. Благоприятные природные условия исторического Азербайджана превратили эти земли в одну из колыбелей городской цивилизации. Нахичевань и Дербент являются древнейшими в мире центрами городской культуры, история которых насчитывает более 5000 лет. Такие города как Шемаха, Габала, Гянджа, Шеки, Шамкир, Иреван, Баку, Барда и другие также имеют историю, насчитывающую по меньшей мере 2000–2500 лет [5, с. 45–46].

Городское расселение изменилось за исторический период, т. е. в период раннефеодальных отношений города Азербайджана являлись центрами государств (Гянджа, Шемаха, Шеки, Барда и др.), либо городами-крепостями [2, с. 516]. Эти города размещались вдоль караванных путей, в которых развитие ремесел и торговли способствовало росту городов. В исторических городах Азербайджана в средние века главными градообразующими факторами были торговля и ремесленное производство. Развитие экономической и общественной жизни в Азербайджане привело к быстрому развитию и расцветанию городского расселения, в X–XII вв. существовало до 40 больших, средних и малых городов [1, с. 25]. Среди них по численности населения самыми крупными являлись Гянджа, Нахичевань, Шемаха и Дербент. Существенные изменения в городской жизни произошли после монгольского нашествия (в начале XIII в.), где численность городов и городского населения уменьшились в несколько раз. Большинство городов или исчезло, или превратилось в небольшие поселения, которые стали играть в хозяйственном отношении менее важную роль. Оживление городской жизни началось в начале XIV в., но изменения военно-политических отношений в XVI–XVII вв. из-за войн в отдельные периоды отрицательно повлияло на развитие городов, особенно в городах в западной части страны. В XVI–

XVII вв. в Азербайджане вместе с крупными городами также преобладали мелкие торгово-ремесленные города.

Если развитыми городами Азербайджана в начале XIX в. были Гянджа, Шемаха, Шуша, Шеки, Иреван и Дербент, то особенно отличались Баку, Губа, Ленкорань, Нахичевань и Ордубад. С установлением русского управления в Азербайджане, одним из градообразующих факторов становятся административные функции. Наряду с губернскими городами Гянджа, Иреван, Дербент и Баку, возникли также и уездные города, которые даже в эпоху капитализма остались ведущими для большинства городов. На современной территории Азербайджана в конце XIX в. насчитывалось 12 городов (кроме Иревана и Дербента). Российская империя город Дербент включает в состав Северного Кавказа, а Иреван становится центром вновь созданной армянской провинции. Городские расселения изменились за исторический период. Например, если в средние века в Северном Азербайджане было более 30 городов, то в начале XX в. имелось всего 16 городов [8, с. 316].

Урбанизация в Азербайджане связана с развитием нефтедобывающей промышленности, которая интенсивный рост получила в 80–90 годы XIX века. Таким образом, ускоренное развитие промышленного капитализма способствовало интенсивному росту численности населения Баку и других исторических городов. Исследование закономерностей развития системы городского расселения показывает, что рост и обновление исторических городов, обогащение их функциональными структурами происходило более медленными темпами. Развитие городских поселений способствовало переходу к новому качественному состоянию – от начальной стадии формирования системы городов до ее развитой формы.

Таблица 1

Динамика численности населения исторических городов (тыс. чел.)

	Города	1939	1959	1970	1989	1999	2016	1959–1989	1989–2016
№	Городское население	1156,8	1786,1	2564,6	3790,0	4064,3	5152,4	2,1	1,4
1	Баку	534,8	642,5	851,5	1190,3	1084,5	1300,4	1,9	1,1
2	Гянджа	99,0	116,1	189,5	280,1	298,9	330,1	2,4	1,2
3	Нахичевань	15,7	25,3	33,3	58,8	62,2	80,9	2,3	1,4
4	Шеки	32,7	34,4	43,2	55,6	61,4	64,8	1,6	1,2
5	Ленкорань	16,8	25,2	35,5	44,7	48,1	52,0	1,8	1,2
6	Шемаха	8,6	13,1	18,0	24,9	27,9	38,9	1,9	1,6
7	Губа	12,2	16,0	18,9	20,7	22,0	24,5	1,3	1,2
8	Шуша	5,0	6,1	8,7	15,0	-	-	2,5	-
9	Ордубад	4,3	6,7	6,9	9,2	9,8	10,6	1,4	1,2
10	Барда	4,7	13,0	20,8	30,6	36,0	39,5	2,4	1,3
11	Агдаш	8,8	9,9	14,9	19,6	22,5	31,7	2,0	1,6
12	Загатала	8,6	10,3	13,4	17,8	17,9	21,4	1,7	1,2
13	Газах	6,6	9,2	13,1	18,6	18,8	21,4	2,0	1,2
14	Агдам	10,8	16,1	21,3	27,1	-	-	1,7	-
15	Сальяны	13,6	17,2	24,2	29,4	35,4	37,9	1,7	1,3
16	Гейчай	10,5	16,5	25,9	30,7	34,8	36,6	1,9	1,2
17	Физули	6,0	7,6	11,3	16,6	-	-	2,2	-
18	Шамкир	3,6	9,2	11,7	27,9	34,6	41,6	3,0	1,5
19	Бейлаган	4,2	5,2	7,6	12,1	13,9	16,2	2,3	1,3
	Всего	812,0	999,6	1369,7	1929,7	1828,5	2109,0	1,9	1,1
	Доля в город. населении %	70,2	56,0	53,4	50,9	45,0	42,6	-	-

Источники: Итоги всесоюзной переписи населения Азербайджанской ССР. 1939, 1959, 1970, 1989 гг., Баку ЦСУ., Перепись населения Азербайджанской Республики 1999 г. I часть, Баку. ГСК. 2000 г. Населения Азербайджана. Баку. ГСК. 2016. 135 ст.

Поэтому доля численности населения этих городов после 1950-е гг. уменьшается более быстрыми темпами. Этот процесс продолжается и после независимости страны.

С 1991 г. после восстановления независимости Азербайджанской Республики, из-за Карабахской войны (1992–1994 гг.) были оккупированы такие исторические города, как Шуша, Агдам, Физули.

Анализы прироста численности населения исторических городов Азербайджана показывают, что период 1959–1989-х гг. городское население исторических городов увеличилось в 2 раза. При анализе динамики численности городского населения выявлено, что интенсивный рост произошел в 1950–80-е гг. и после 2000-х гг. Также выделяются периоды стагнации – 1940-е и 1990-е г. Наибольший прирост в 1959–1989-х гг. произошел в городах Шамкир, Шуша и Гянджа, а наименьший же в Ордубаде и Губе. В 1989–1999-х гг. интенсивный рост произошел в городах Шамкир, Сальяны, Геокчай, в других же наблюдался медленный темп прироста. В эти годы численность населения Баку уменьшилась. В 1999–2016-х гг. численность населения исторических городов имеют более быстрый темп роста, среди которых выделяются Нахичевань, Шамаха, Агдаш и Шамкир.

Демографические процессы

Геодемографическая ситуация городов формировалась под воздействием разных факторов, где основным является естественный и миграционный прирост, который обуславливает процесс урбанизации. Тесная взаимосвязь населения с социально-экономическими процессами повлияла на дальнейшее изменение прироста населения в исторических городах. За период 1959–1989-х гг. произошло увеличение естественного прироста и рождаемости населения, наблюдался очень высокий показатель в городах Бейлаган, Шемаха, Сальян и Шамкир, а остальные отличались средним показателем.

Таблица 2

Изменения тенденций естественного движения населения в исторических городах

Города	Естественный прирост				Рождаемость				Смертность			
	1990	2000	2010	2015	1990	2000	2010	2015	1990	2000	2010	2015
Баку	12,9	5,8	11,6	9,8	19,5	11,6	17,3	15,4	6,6	5,8	5,7	5,6
Гянджа	15,6	3,9	6,3	6,4	20,7	9,5	12,5	12,2	5,1	5,6	6,2	5,8
Нахичевань	19,5	7,2	15,9	8,5	23,2	12,2	20,8	13,2	3,7	5,0	4,9	4,7
Шеки	14,7	5,2	6,4	5,8	23,2	13,7	15,7	13,1	8,5	8,5	9,3	7,3
Ленкорань	20,6	5,2	9,1	7,9	26,8	13,3	16,7	15,9	6,2	8,1	7,6	8,0
Шемаха	25,2	9,8	13,9	14,5	30,7	16,4	19,7	20,3	5,5	6,6	5,8	5,8
Губа	16,0	7,4	10,8	8,5	22,3	15,7	18,3	17,0	6,3	8,3	7,5	8,5
Шуша	-	7,8	15,6	14,4	-	10,1	20,8	17,9	-	2,3	5,2	3,5
Ордубад	19,3	3,5	10,9	6,4	24,0	10,8	16,5	12,5	4,7	7,3	5,6	6,1
Барда	20,7	7,9	9,0	9,1	26,4	14,1	16,1	15,3	5,7	6,2	7,1	6,2
Агдаш	16,9	7,9	11,9	8,8	22,9	15,4	18,7	15,1	6,0	7,5	6,8	6,3
Загатала	17,3	7,0	7,4	6,8	24,0	13,2	14,0	12,9	6,7	6,2	6,6	6,1
Газах	18,8	5,6	10,1	6,9	24,4	13,2	19,1	15,6	5,6	7,6	9,0	8,7
Агдам	11,8	2,4	13,9	14,7	16,6	4,5	20,8	21,2	4,8	2,1	6,9	6,5
Сальяны	22,3	8,4	9,0	9,6	28,5	15,5	16,6	16,2	6,2	7,1	7,6	6,6
Гейчай	20,3	2,9	6,9	5,5	28,5	11,6	14,4	13,4	8,2	8,7	7,5	7,9
Физули	26,8	6,2	15,9	16,6	31,0	9,5	21,3	23,2	4,2	3,3	5,4	6,6
Шамкир	22,8	6,2	12,9	18,2	28,2	11,9	19,4	24,5	5,4	5,7	6,5	6,3
Бейлаган	28,9	7,6	10,7	12,7	33,4	14,3	17,2	19,2	4,5	6,7	6,5	6,5

Источник: Демографические показатели Азербайджана, Баку-2016, ГСК., 476 ст.

Анализы тенденций естественного движения населения исторических городов в современном периоде показывают, что большие изменения в развитии демографических процессов произошли после 1990-х гг. С 1991 г. после восстановления независимости Азербайджанской Республики, из-за военной агрессии со стороны Армении, республика потеряла 20 % территории, а около 1 млн людей стали беженцами. Ухудшилось социаль-

но-экономическое положение республики, произошел переход к рыночной экономике, появилась безработица и т. д. Все эти факторы привели к снижению жизненного уровня населения, и в конечном итоге, уменьшился уровень рождаемости и количество браков, а также увеличилась смертность. Рождаемость является основным элементом, определяющим изменения естественного прироста населения городов. Неуклонное снижение рождаемости и естественного прироста произошло в 1995–2005 гг. После 2005-го года в результате сложившейся благоприятной демографической ситуации, происходит тенденция роста коэффициента рождаемости и естественного прироста. После 2013-го года произошло снижение рождаемости. Данный процесс характерен для большинства городов Азербайджана, исключением являются города Шамкир, Шемаха, Сальян и Бейлаган. Негативное значение снижения рождаемости в последние годы связано с уменьшением доли возрастной группы 20–24-летних. В 1990–2015-е гг. очень высокий показатель смертности был в Шеки, Ленкоране, Губе, Гейчае и Газахе, и, следовательно, снизился коэффициент естественного прироста.

Благоприятная возрастная структура и половое соотношение населения положительно сказались на формировании брачного и семейного состава населения городов. Брачно-семейные отношения под влиянием современной урбанизации развиваются под воздействием демографических, социально-экономических, религиозно-национальных традиционных и др. факторов.

При исследовании динамики тенденций коэффициента роста браков и разводов населения, можно увидеть снижение данных процессов, которые произошли в 1995–2005 гг. После 2005-го года происходит тенденция роста коэффициента браков и разводов. В 2010–2015-е гг. очень высокие показатели браков были в городах Шеки, Барда, Бейлаган, Ленкоран, Гекчай, Баку, Агдаш и Сальяне. Высокими показателями разводов отличались города Гянджа, Загатала, Баку, Гейчай, Шеки, Барда, Газах, а низкие показатели были в таких городах как Нахичевань, Ордубад, Бейлаган и Ленкорань (табл. 3).

Таблица 3

Динамика коэффициента роста брачности и разводов в исторических городах

	1990		2000		2010		2015	
	браки	разводы	браки	разводы	браки	разводы	браки	разводы
Баку	10,2	4,9	5,3	1,5	9,2	1,7	7,6	1,9
Гянджа	8,7	2,0	3,5	1,1	6,6	1,2	6,5	2,2
Нахичевань	6,7	2,7	5,0	0,9	6,6	1,2	5,6	0,8
Шеки	10,2	1,8	5,4	0,4	7,9	1,0	7,5	1,7
Ленкорань	11,2	1,4	4,2	0,4	9,0	0,9	6,7	1,1
Шемаха	8,0	2,2	3,4	0,4	8,2	0,9	6,7	1,3
Губа	13,9	4,4	8,2	0,7	7,8	1,1	6,0	1,4
Шуша	-	-	3,5	0,2	5,9	1,8	7,2	1,2
Ордубад	10,1	2,3	5,5	1,1	7,5	1,0	7,0	1,0
Барда	9,8	2,8	7,8	0,8	8,6	1,8	8,2	1,9
Агдаш	11,3	2,8	4,8	0,6	10,3	1,1	7,0	1,3
Загатала	7,0	3,6	6,5	0,8	6,7	0,9	6,9	2,0
Газах	10,2	6,0	5,4	0,2	7,4	2,4	6,2	1,5
Агдам	9,3	3,4	0,9	0,1	8,5	2,1	7,1	2,1
Сальян	12,4	1,8	4,9	0,5	8,4	1,1	7,8	1,5
Гейчай	10,2	3,3	4,5	1,0	8,7	1,1	7,3	1,7
Физули	13,3	3,9	4,2	0,3	10,3	1,9	8,0	1,9
Шамкир	8,3	2,1	3,2	0,5	9,1	0,7	7,0	1,3
Бейлаган	10,0	2,5	5,7	0,4	9,0	1,5	8,2	1,1

Источник: Демографические показатели Азербайджана, Баку-2016, ГСК.

Заключение

Современное устойчивое социально-экономическое развитие республики имеет реальные предпосылки для реализации программ по демографической политике. Принятые меры в этом направлении благоприятствуют устойчивому росту численности рождаемости и снижению миграционной активности. При анализе демографических процессов выявлено, что, развития роста населения в исторических городах происходило следствием увеличения естественного прироста. Улучшение демографической ситуации в исторических городах, прежде всего, связано с оздоровлением экономики и общественно-социальной ситуации. Важную роль в регулировании демографических процессов в республике будет играть проведение целенаправленной комплексной активной демографической политики. Современное устойчивое социально-экономическое развитие республики имеет реальные предпосылки для реализации программ по демографической политике.

На основе проведенных исследований предложены рекомендации по регулированию демографических процессов в этих городах:

– в крупных городах, таких как Баку, Гянджа, Нахичевань и др. созданы промышленные парки и отдельные отрасли производства, которые влияют на занятость населения и создают благоприятные условия для молодых семей. Создаются также и социальное жилье;

– в средних городах, таких как Ленкорань, Шеки, Шамаха, Губа, Ордубад и др. имеется высокий рекреационно-туристический потенциал и историко-архитектурные памятники, которые создают благоприятные условия для развития народного промысла и отраслей пищевой промышленности.

– в средних городах, как Шамкир, Газах, Бейлаган, Барада и др. есть предпосылки для создания агропромышленных парков и туристической инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гейдаров М. Х. Города и городское ремесло Азербайджана XIII–XVII в. в. Баку: Элм, 1982. 281с.
2. Гусейнов Ф. М. Место исторических городов региональной системе расселения. / Международный научная конференция по теме «Античные и средневековые города Азербайджана» Шемкир, 2010. С. 514–526.
3. Демографические показатели Азербайджана. Баку : ГСК, 2016. 476 с.
4. Итоги всесоюзной переписи населения Азербайджанской ССР. 1939, 1959, 1970, 1989 гг. Баку : ЦСУ.
5. Махмудов Я. М. Страна древнейших городов мира // Междунар. науч. конф. «Античные и средневековые города Азербайджана». Шамкир, 2010. С. 44–46.
6. Населения Азербайджана. Баку : ГСК, 2016. 131 с.
7. Перепись населения Азербайджанской Республики 1999 г. Ч. 1. Баку. ГСК. 2000 г.
8. Эминов З. Н. Население Азербайджана. Баку, 2005. 558 с.

УДК 502.3:504.06

Устойчивое развитие озеленённых территорий

Е. Б. Кручина (kruchinael@mail.ru)¹

Е. В. Потапова (e.v.potapova.isu@mail.ru)²

¹Институт химии и проблем устойчивого развития, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Представлена краткая характеристика применения индикаторов для направленного устойчивого развития территорий, в частности поселений и их озеленённых территорий. Отмечена проблема выявления и применимости различных показателей в качестве индикаторов устойчивого развития. Показаны условные показатели устойчивого развития для категорий озеленённых территорий.

Ключевые слова: устойчивое развитие, индикаторы, озеленённые территории, населённые пункты.

Введение

Методические подходы к выявлению и ранжированию индикаторов находятся в постоянной разработке. Центром экологической политики России и С. Н. Бобылёвым разработаны доступные рекомендации для выявления, применения и классификации различных показателей – как возможных индикаторов устойчивого развития [5]. Сейчас официальные системы индикаторов устойчивого развития, преимущественно связанных с экономической и социальной сферой, имеют многие крупные международные организации (ООН, Всемирный Банк, Организация экономического сотрудничества и развития, Европейское сообщество и др.) и развитые страны.

Методы

В результате анализа полевых данных по авторской методике (более 10000 реализованных фрейм-сценариев), которая в совокупности обеспечивает более 150 цифровых показателей на каждую озеленённую территорию [2]. Были выявлены показатели, которые могут быть использованы в качестве индикаторов устойчивого развития.

Результаты

Под индикатором устойчивого развития понимается показатель (выводимый из первичных данных, которые обычно нельзя использовать для интерпретации изменений); позволяющий судить о состоянии или изменении экономической, социальной или экологической переменной. Наряду с индикаторами разрабатываются и применяются на практике индексы. Индекс – это агрегированный или взвешенный индикатор, основанный на нескольких других индикаторах или данных. Использование индексов приемлемо там, где хорошо понятны причинно-следственные связи [3, 6]. Обычно, индикаторы описывают явления или состояния системы и всегда указывают на нечто, находящееся вне прямого рассмотрения. Индикатор в отличие от обобщающего показателя позволяет оценить динамику относительно общего, эталонного, среднеотраслевого или среднестатистического значения и таким образом дать непосредственную оценку ситуации, понятную лицу, принимающему решение. Индикаторы должны:

- отражать влияние нескольких тенденций одновременно (мультифакторность);
- содержать понятную и однозначную интерпретацию результатов для лиц, принимающих решения;
- иметь количественное выражение состояния объекта анализа;
- давать возможность четко определить направленность происходящих изменений (положительная или отрицательная);
- формироваться преимущественно на основе существующей системы национальной статистики при сравнительно простой процедуре сбора информации и расчётов;
- давать возможность оценки объекта обследования в динамике [1, 4].

Данные собранные в поле, представляют собой непосредственный интерес и имеют прямое практическое значение и назначение, а также могут служить основанием для дальнейшего использования, особенно при некотором хронологическом объёме. При использовании в обобщённой оценке озеленённых территорий четырёх основных индикационных значений – экологических, экономических, социальных и институциональных, можно отметить развитие и перекосы в диаграммах устойчивого развития (табл. 1).

Ввиду отсутствия точных экономических показателей, предлагается при оценке использовать простую бальную систему: 0 – при отсутствии составляющих индикатора; 1 – при незначительных, но имеющих место; 2 – при наличии некоторого ряда положительных данных; 3 – имеются высокие показатели данного индикатора.

Таблица 1

Условные показатели устойчивого развития для озеленённых территорий

	Экологические	Экономические	Социальные	Институциональные
Общего пользования (средневзвешенная)	1–2	1–2	2	1
городские леса	3	0	1	1
парки	2	2	2	1
скверы, рощи, сады	2	2	3	2
бульвары	1	2	3	1
озеленение при общественных объектах	1	3	3	1
стадионы	1	1	1	0
Ограниченного пользования (средневзвешенная)	1–2	1	2–3	1
озеленение территорий образовательных учреждений	2	0	2	3
озеленение территорий учреждений здравоохранения	2	0	2	2
озеленение в пределах жилой застройки	1	1	3	2
озеленение частного сектора, садоводства	1	0	1	0
озеленение территорий объектов культа	2	2	3	0
Специального назначения (средневзвешенная)	1	0–1	1	1–2
СЗЗ, промплощадки	1	0	1	2
кладбища и их СЗЗ	2	0	1	3
водоохранные зоны	2	2	3	3
озеленение при автомобильных дорогах	1	3	3	2
озеленение при железных дорогах	0	0	1	1
озеленение при речных и морских портах	0	0	1	1
озеленение при аэропортах	1	0	1	1
озеленение под ЛЭП	1	1	2	1
озеленение при трубопроводах	1	0	1	1
ООПТ	3	0	1	2
тепличные хозяйства, питомники,	1	0	0	1
озеленение при режимных, закрытых объектах	2	0	0	1
Резервные территории (средневзвешенная)	1	0–1	1	0–1
неудобья	1	0	1	0
пустыри	1	0	1	0
площадки для сбора мусора	0	1	1	2

Для экономического индикатора принимается, что озеленённая территория должна приносить доход, в разных формах – например это может быть и размещение объектов, приносящих доход – магазинов, торговых палаток и др., но и площадки для размещения контейнеров не являются убыточными, т. к. за вывоз мусора население платит, также и за содержание придомовой территории, пусть это и минимальные показатели. В настоящее время в экономические показатели невозможно заложить экосистемные услуги, но гипотетически, можно предположить, что, например, городские леса выполняют большинство таких услуг и соответственно могут иметь высокие экономические показатели.

Анализ показывает, что часть объектов, для которых 2 из 4 показателей равны нулю – это озеленение частного сектора, в пределах отвода железных дорог, портов, тепличных хозяйств, режимных объектов, неудобья и пустыри – всего 7 типов озеленённых территорий. По средневзвешенному, самые высокие баллы у категории ограниченного пользования.

Диаграммы показателей индикаторов для нескольких озеленённых территорий представлены на рис. 1–3.



Рис. 1. Показатели индикаторов устойчивого развития для городских лесов и парков



Рис. 2. Показатели индикаторов устойчивого развития для образовательных учреждений и административных, общественных зданий



Рис. 3. Показатели индикаторов устойчивого развития для водоохранных зон и в пределах полос отвода автомобильных дорог

Диаграммы наглядно отражают «перекосы» развития, ещё сильнее они заметны при построении для конкретных объектов или в динамике.

Заключение

Общее количество только цифровых данных, собранных в полевых и лабораторных условиях для каждого конкретного фрейм-сценария, составляет более 100: схема (более 20 показателей); геоботаническое описание (значительно более 50 показателей, в зависимости от количества входящих в состав фитоценоза видов); ведомость описания деревьев (около 10 показателей, окончательное число которых также зависит от количества видов); таблицы состояния 14 основных вариантов, каждая из которых содержит от 5 до 11 показателей. Лишь

часть из них можно использовать в качестве индикаторов – сомкнутость крон древесных растений, задернованность почвы, проективное покрытие травянистых растений и единовременная рекреационная нагрузка.

Регламентация природопользования в пределах поселений – сложнейшая проблема, включающая пять взаимосвязанных составляющих – понимание важности и необходимости изучения, функциональное зонирование территорий, оценку состава и качества каждой из зон, выявление средостабилизирующих возможностей участков территорий и собственно блок регламентаций по направленному развитию и упрочению наилучших показателей.

Индикаторы могут и должны рассматриваться, в том числе и как критерии безопасности развития поселений. Они могут быть использованы при определении соответствующих стандартов – идеальных профилей для конкретных озеленённых территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мировой центр данных по геоинформатике и устойчивому развитию [Электронный ресурс]. URL: <http://wdc.org.ua> (дата обращения: 03.04.2016)
2. Потапова Е. В. Фрейм-сценарий как метод изучения озеленённых территорий поселений // Вестн. БГСХА им В. Р. Филиппова. 2016. № 4 (45). С. 89–94.
3. Тарасова Н. П., Кручина Е. Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ustoichivo.ru> (дата обращения: 03.04.2016)
4. Тетиор А. Н. Устойчивое развитие города [Электронный ресурс] : в 2 ч. М. : КТСМИ. URL: <http://www.leadnet.ru/tet/> (дата обращения: 03.04.2016)
5. Устойчивое развитие в России / под ред. С. Бобылева, Р. Перелета, А. Давыдовой, А. Кокоревой. Берлин ; СПб., 2013. 219 с.
6. Шелуха В. П., Бердов А. М., Паничева Д. М. Биоиндикаторы состояния пригородных лесов и их информативность. Брянск : БГИТА, 2011. 182 с.

УДК 502/504

Индексы и индикаторы как инструмент оценки устойчивого развития урбанизированных территорий

Е. Б. Кручина (kruchinael@mail.ru)

Институт химии и проблем устойчивого развития, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

Аннотация. Рассмотрены подходы к оценке качества урбанизированных территорий. Представлен один из возможных вариантов ранжирования регионов РФ на основе эколого-экономического индикатора - «Скорректированных» чистых накоплений.

Ключевые слова: индикаторы устойчивого развития, социально-экономическое развитие регионов, урбанизированные территории.

Концепция устойчивого развития, появившаяся в конце XX века, подразумевает повышение качества жизни нынешнего и последующих поколений. Сегодня, в большинстве развитых стран, долгосрочная политика развития базируется на концепции устойчивого развития. Для количественного анализа и мониторинга устойчивого развития необходимо учитывать социальные, экономические и экологические показатели развития.

В качестве социальных показателей используются величина ожидаемой продолжительности жизни при рождении, которая зависит от уровня смертности и рождаемости, доступность образования, доступность медицины, уровень преступности, безработицы и т. д.

В качестве экономических показателей используются величины ВВП и ВВП на душу населения, средняя заработная плата труда работника, покупательная способность населения, прожиточный минимум социальных групп населения, коэффициент Джини, который отражает степень расслоения общества и т. д.

В качестве экологических показателей используются такие, как доступность чистой воды, доступность чистого воздуха, доступность продуктов питания.

Однако, данные показатели по отдельности не отражают общий уровень качества жизни в стране. Так, например, рост материального благополучия может сопровождаться разрушением моральных устоев, ростом преступности, наркомании, алкоголизма, самоубийств и т. д. Социальные показатели (уровень смертности и рождаемости) не отражают уровень удовлетворённости жизнью и чувства благополучия. Поэтому, в настоящее время, наиболее часто используемым инструментом для оценки прогресса в достижении устойчивого развития являются индексы и индикаторы устойчивого развития. Основной целью введения индексов и индикаторов является оценка ситуации или события, для прогноза развития сложившейся ситуации и разработки её решения. Индексы и индикаторы могут также служить рекомендательной базой при принятии значимых управленческих решений.

Индикаторы и индексы должны соответствовать следующим критериям:

- иметь количественное выражение;
- обладать чувствительностью и репрезентативностью;
- быть научно обоснованными, легко и однозначно интерпретируемыми;
- сочетать в себе экологические, экономические и социальные аспекты;

Индикаторы устойчивого развития возможно разрабатывать на трех уровнях: федеральном, региональном (области, края, автономии и др.), местный (районы, муниципалитеты, города и др.).

Разработка индикатора является очень сложным и трудоемким процессом, еще и достаточно дорогостоящим. Для этого необходимо огромное количество статистической информации, которую тяжело найти в открытом доступе, а зачастую вообще невозможно достать. Соответственно, когда мы говорим об индикаторе для различных стран или регионов одной страны, задача усложняется не только наличием информации, но и однообразностью статистической информации, для возможности последующего сравнения полученных индикаторов.

В целом существует два подхода к построению индикаторов устойчивого развития, один из которых заключается в построении систем индикаторов, а другой в разработке индекса. При построении систем индикаторов, каждая группа индикаторов отражает лишь некоторые, отдельные аспекты устойчивого развития. Анализ существующих систем показал, что чаще их делят на следующие группы: экологические, экономические, социальные, институциональные. Разработка же индекса устойчивого развития имеет большое преимущество по сравнению с системами индикаторов, так как учитывает сразу несколько параметров. Таким образом агрегированный индекс может отражать степень устойчивости социально-экономического развития.

Сегодня особенно актуальным является построение индикаторов на местном уровне. Это связано с ростом численности населения и ускоряющейся урбанизацией. Урбанизация является мощным экологическим фактором, сопровождающимся преобразованием ландшафта, земельных и водных ресурсов, массовым производством отходов, поступающих в атмосферу, водные и наземные экосистемы. Урбанизация поставила перед человечеством целый ряд различных экологических проблем. Учитывая все вышеперечисленное, возникает необходимость устойчивого развития в целом и городов в том числе, что принято на мировом уровне. Соответственно появляется необходимость разработки индикаторов и индексов устойчивого развития урбанизированных территорий.

Для оценки устойчивого развития городов, прежде всего, необходима оценка текущего состояния. Таким образом, появляется необходимость в показателях-индикаторах, которые будут характеризовать текущее состояние окружающей среды, а именно состояние природных сред и объектов: атмосферный воздух, водные объекты, почвенный покров и т. д. В мире принято достаточно много различных методик и подходов к оценке устойчивого развития городов, в основе которых лежат наборы индикаторов.

Новейшим проектом в области разработок показателей устойчивого развития в России является эколого-экономический индекс регионов РФ. Данный индекс разработан россий-

скими учеными, в рамках совместного проекта WWF России и РИА Новости при поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество». Основой данного индекса является учет экономической, социальной и экологической составляющей развития региона, а также региональных особенностей в целом.

Эколого-экономический индекс регионов РФ – это индекс, отражающий наиболее значительные моменты экономической, социальной и экологической ситуации для различных регионов России. Градация по индексу основывается на учете экологических, экономических и социальных индикаторов. Данный индекс отражает характер влияния особого внимания к охране окружающей среды в регионах на экономику и население.

«Скорректированные» чистые накопления (СЧН) для регионов РФ рассчитываются по формуле:

$$\text{СЧН} = \text{ВН} - \text{ИД} - \text{ИПР} - \text{УЗОС} + \text{РЧК} + \text{ЗОС} + \text{ООПТ}, \quad (1)$$

где ВН – валовые накопления основного капитала; ИД – инвестиции в основной капитал по виду деятельности «Добыча полезных ископаемых»; ИПР – истощение природных ресурсов; УЗОС – ущерб от загрязнения окружающей среды; РЧК – расходы бюджета на развитие человеческого капитала; ЗОС – затраты на охрану окружающей среды; ООПТ – оценка особо охраняемых природных территорий.

Эколого-экономический индекс (Индекс скорректированных чистых накоплений – ИСЧН) рассчитывался как отношение скорректированных чистых накоплений к ВРП.

$$\text{ИСЧН} = \text{СЧН} / \text{ВРП} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где СЧН – скорректированные чистые накопления; ВРП – валовой региональный продукт.

При расчете индекса для регионов учитывалось, что регионы имеют свои особенности и различны по уровню развития, что обусловлено различными структурами промышленных производств в регионах, либо является исторически сложившимся фактом.

В связи с этим регионы разделены на 4 группы:

- 1) финансово-экономические центры;
- 2) экспортно-ориентированные регионы;
- 3) промышленные регионы;
- 4) аграрно-промышленные регионы.

Рассмотрим расчет составляющих эколого-экономического индекса регионов РФ.

Показатели для расчета индекса

Валовые накопления основного капитала

Валовое накопление основного капитала – это объем средств, вложенных в объекты основного капитала производственных единиц, расположенных в регионе для создания нового дохода в будущем путем использования их в производстве. Таким образом, показатель характеризует объем национального богатства, который является источником доходов будущих поколений.

Инвестиции в основной капитал по виду деятельности «Добыча полезных ископаемых».

При расчете индекса валовые накопления уменьшили на объем инвестиций в основной капитал в добывающие отрасли. Данный шаг обусловлен необходимостью очистить валовые накопления от средств, направленных на развитие отраслей по добыче сырья, что в итоге приведет к увеличению объемов добычи полезных ископаемых в будущем, а как следствие, к последующему сокращению ресурсов для других поколений.

Истощение природных ресурсов

Истощение природных ресурсов состоит из суммы двух показателей: истощение минерально-сырьевых природных ресурсов и истощение запасов леса.

$$\text{ИПР} = \text{ИМСР} + \text{ИЛР}, \quad (3)$$

где ИПР – истощение природных ресурсов; ИМСР – истощение минерально-сырьевых ресурсов; ИЛР – истощение лесных ресурсов; ИМСР оценивается по объему валовой добавленной стоимости по виду деятельности «Добыча полезных ископаемых».

Ущерб от загрязнения окружающей среде

Ущерб от загрязнения окружающей среды определен суммой ущербов от выбросов углекислого газа и от выбросов в атмосферу загрязняющих веществ.

$$УЗОС = УСО_2 + УЗВ, \quad (4)$$

где УЗОС – ущерб от загрязнения окружающей среды; $УСО_2$ – ущерб от выбросов углекислого газа; УЗВ – ущерб от выбросов в атмосферу загрязняющих веществ

Ущерб от выбросов углекислого газа ($УСО_2$) есть объем годовых выбросов углекислого газа, умноженных на величину умеренных оценок предельных убытков.

$$УСО_2 = VCO_2 \cdot ЦСО_2, \quad (5)$$

где VCO_2 – объем выбросов CO_2 ; $ЦСО_2$ – величина умеренных оценок предельных убытков от выбросов углекислого газа – \$20 за тонну (оценка ущерба от парниковых газов Всемирного банка).

Ущерб от выбросов в атмосферу загрязняющих веществ (УЗВ) рассчитывается как сумма объемов годовых выбросов отдельных видов загрязняющих веществ, умноженных на средний ущерб на 1 т выбросов в атмосферу.

$$УЗВ = \sum V_{BIi} \cdot УИ_i, \quad (6)$$

где: УЗВ – ущерб от выбросов в атмосферу загрязняющих веществ; V_{BIi} – объем выбросов i -го ингредиента загрязняющих веществ; $УИ_i$ – средний ущерб от выбросов i -го ингредиента загрязняющих веществ

Расходы на развитие человеческого капитала

Развитие человеческого капитала учитывает расходы консолидированных бюджетов регионов на образование, здравоохранение физическую культуру и спорт.

Затраты на охрану окружающей среды

$$ЗОС = ТЗОС + КЗОС, \quad (7)$$

где ЗОС – затраты на охрану окружающей среды; ТЗОС – текущие затраты на охрану окружающей среды, которые включают все расходы по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, осуществляемые за счет собственных или заемных средств предприятия, либо средств государственного бюджета;

КЗОС – капитальные затраты на охрану окружающей среды, под которыми понимаются инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Они включают затраты на строительство и реконструкцию объектов, которые приводят к увеличению первоначальной стоимости объекта и относятся на добавочный капитал организации.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ)

При расчете эколого-экономического индекса выявлена необходимость увеличения величины скорректированных чистых накоплений на стоимость особо охраняемых природных территорий, которая объясняется тем, что наличие ООПТ сокращает площадь земель, на которых ведется хозяйственная деятельность, а следовательно, снижает объем ВРП и накоплений.

$$ООПТ = ВРП / (100 \% - \text{доля ООПТ} \%) \cdot \text{доля ООПТ} \%, \quad (8)$$

где: ВРП – объем ВРП; доля ООПТ % – доля площади земель ООПТ в общей площади территорий в %.

Эколого-экономический индекс отражает экологическую составляющую экономического роста регионов России и позволяет оценить эффективность региональной политики в сфере охраны окружающей среды. Несомненным преимуществом данного индекса является его адаптированность для регионов России с учетом их особенностей и действительное соче-

тание в себе социальной, экологической и экономической составляющей. Но основной недостаток данной системы заключается в том, что экологические показатели представлены с экономической точки зрения они не характеризуют состояние окружающей среды, а указывают на экономические потери или затраты в области охраны окружающей среды.

Необходимость и значение оценки именно состояния компонентов природных сред трудно переоценить. Только при надежной системе индикаторов и индексов, характеризующих состояние природных сред в настоящее время, возможно принятие правильных, взвешенных решений по управлению территориями, в том числе урбанизированными, а также проанализировать динамику поведения тех или иных компонентов за определенный период времени и оценить эффективность принятых решений.

Таким образом, с учетом анализа всех выше рассмотренных методик и подходов к оценке устойчивого развития урбанизированных территорий, разработка оценки состояния компонентов природных сред урбанизированных территорий, все еще является очень актуальной проблемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасова Н. П., Кручина Е. Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития // Устойчивое развитие: природа – общество – человек : материалы Междунар. конф. М., 2006. Т. 1. С. 127–144.
2. Человеческое развитие: новое измерение социально-экономического прогресса : учеб. пособие / под общ. ред. В. П. Колесова. 2-е изд., доп. и перераб. М. : Права человека, 2008. 636 с.
3. Индекс человеческого развития: Проблемы и перспективы : сб. ст. / под ред. А. А. Саградова. М. : МАКС Пресс, 2002. 96 с.
4. Эколого-экономический индекс РФ / С. Н. Бобылев [и др.]. М., 2012. 139 с.

УДК 504.055

Исследование шума в г. Иркутске

С. В. Курганская (Kurganskay@mail.ru)¹

О. Е. Соколова (Sokolovvana@mail.ru)²

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающее при механических колебаниях в средах. С физиологической точки зрения, шум – это всякий неблагоприятно воспринимаемый звук. В работе представлено выявление соответствия уровней шума в г. Иркутске с установленными стандартами. Для исследования использовался метод ориентировочной оценки общего (постоянного и непостоянного) уровня шума (так как в этом случае спектр шума неизвестен), измеренного шумомером по шкале «А» и называемого уровнем звука. Объектами исследования были выбраны: квартиры, жилые, рабочая и рекреационная зоны, а также перекрестки с разной интенсивностью движения транспортных потоков. На основе собранных материалов и данных были выявлены основные источники шума в квартирах и на территории жилой застройки, а также определено количество превышений установленных норм.

Ключевые слова: уровень шума, источники шума, шумомер, жилые зоны, рабочая зона, рекреационная зона, автомобильный транспорт.

Введение

С ростом урбанизации, шум стал постоянной частью человеческой жизни, одним из существенных загрязнителей городской среды. Среди прочих факторов, влияющих на здоровье человека, шум – на втором месте после химического загрязнения воздуха. Усиление шумового фона свыше предельно допустимых величин представляет собой опасность для физического и психического здоровья населения. Транспортный или производственный шум действует угнетающе на человека – утомляет, раздражает, мешает сосредоточиться [7].

Шумовое загрязнение – это раздражающий шум антропогенного происхождения, нарушающий жизнедеятельность живых организмов и человека. Проблема шума – одна из наиболее актуальных экологических проблем городов. С каждым годом уровень шума в городах растет. Исключением не является и г. Иркутск, где уровень шума растет из-за увеличения количества транспортных средств. Усиление шумового фона свыше предельно допустимых величин представляет собой опасность для физического и психического здоровья населения. Установлено, что шум сокращает продолжительность жизни человека. По данным австрийских исследователей, это сокращение колеблется в пределах 8–12 лет. Чрезмерный шум может стать причиной многих нервных заболеваний: психической угнетенности, вегетативного невроза, язвенной болезни, расстройство эндокринной и сердечно-сосудистой систем. Шум – помеха в работе, учебе, отдыхе, он снижает производительность труда.

В условиях «уплотненного» городского проживания, защита своего личного пространства от шума становится важным, но достаточно трудным мероприятием. Так, коммунально-бытовой шум включает в себя шум, образующийся внутри жилых помещений (в основном возникающий при работе различных бытовых приборов и техники), шум соседей (ремонт, музыка, топот ног) и уличный шум (возникающий при проведении строительных и дорожно-ремонтных работ, а также шум от транспорта).

Объектами представленного в статье исследования были выбраны: квартиры, селитебная, рабочая и рекреационная зоны, а также перекрестки с разной интенсивностью движения транспортных потоков.

Целью статьи является выявление соответствия уровней шума в г. Иркутске с установленными стандартами.

Методика измерения

Для характеристики уровня шума приняли логарифмическую шкалу величин, поскольку по ней изменение интенсивности шума на одну единицу в действительности означает изменение в 10 раз. Эту логарифмическую единицу интенсивности звука называли – «бел». Но на практике оказалось удобнее пользоваться десятичными долями бела – децибелами (дБ). За 0 дБ принято значение 10^{-12} Вт/м². Это порог слышимости, с которого человеческое ухо начинает воспринимать звук. Предельный же уровень интенсивности шума, вызывающий болевые ощущения, равен 130 дБ, или 10 Вт/м² [1].

Для определения допустимого уровня шума на рабочих местах, в жилых помещениях, общественных зданиях и территории жилой застройки используется государственный стандарт ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности», санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Нормирование шума звукового диапазона осуществляется по предельному спектру уровня шума и по уровню шума, измеренному при помощи шумомера с частотной коррекцией А (дБА). Для измерения уровней шума использовался прибор – шумомер, марки «Testo 816». Согласно государственному стандарту ГОСТ 23337-78 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий» и другие стандартные методы [2–5]. Методика актуализировалась для различных объектов. Измерения проводились в течение суток, каждые 2–4 ч в зависимости от объекта, каждый сезон года в течение двух лет (2015–2016 гг.). Для рабочих зон измерения проводились однократно.

Объектов исследования было выделено – 88. Общее количество измерений составило – 2813.

Исследования были выполнены на следующих объектах:

- квартиры;
- дворы с детскими площадками;
- рабочие места водителей автобусов и трамваев, а также сотрудников технической службы;
- перекрестки с разной интенсивностью движения транспортных потоков;
- места отдыха людей (парки, рощи, скверы).

Результаты исследования

Для исследования шума были случайным образом, реже специально выявлены (по интенсивности нагрузки, расположению относительно источников шума и озеленения и др.) дворы открытого и закрытого типа, рекреационные и рабочие зоны и др. Общий объем собранных данных представлен в табл. 1.

Таблица 1

Объем собранных данных

Объекты	Количество объектов	Количество измерений	Кратность
Квартиры	15	196	однократные
Дворы			охвачены все сезоны года
а) открытого типа	13	212	
б) закрытого типа	23	424	
Рабочая зона			Однократные
а) «Корвет телеком»	1	120	
б) автобусы	10	600	
в) трамваи	10	700	
Рекреационная зона	6	181	сезонная (лето)
Перекрестки	10	380	охвачены все сезоны года

По результатам измерений в квартирах из 98 проведенных измерений уровней шума (по максимальным показателям) в 14 случаях были зафиксированы превышения норм.

Источниками шума в квартирах были выделены: шум от бытовых приборов; шум соседей; шум от автотранспорта; разговоры, игра ребёнка; лай собаки.

Из вышеперечисленных источников, шум от транспортных потоков составил 72 % и внёс наибольший вклад.

Из 318 произведённых измерений (по максимальным показателям) в жилотной зоне, в 47 случаях были зафиксированы превышения норм.

В ходе работы были выделены следующие источники шума во дворах: автомобильный транспорт; самолёты, поезда; строительные и ремонтные работы; звуки птиц, животных, людей.

Основным из вышеперечисленных источников можно выделить шум от автотранспорта, который составляет 85 % и вносит наибольший вклад.

Общее количество измерений уровней шума на всех исследуемых рабочих местах составило 1360. Из них лишь 51 (что составляет 4 %) не превысили норматив, 1309 (96 %) превысили установленный норматив.

Причинами неудовлетворительных мест и условий труда на исследованных рабочих местах, вероятнее всего, являются:

- старение и износ технологического оборудования;
- существенное сокращение работ по реконструкции и технологическому перевооружению, созданию и закупке новой современной безопасной производственной техники;
- сокращение объемов капитального и профилактического ремонта машин;
- снижение ответственности работодателей и руководителей производств за состояние условий и охраны труда;
- ослабление внимания безопасности производства.

Исследования шума от транспортных потоков показали, что вне зависимости от интенсивности движения и количества дорожных полос, максимальные уровни шума на всех перекрестках примерно одинаковы. Наиболее шумными видами автотранспорта были выделены: проезжающие автобусы, мотоциклы, грузовые машины. На всех исследуемых территориях отсутствовали средства защиты людей от шума.

В результате исследования мест отдыха в г. Иркутске, с точки зрения шумового фона, наиболее благоприятными для отдыха местами были выделены рощи – Звёздочка и Академгородка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изак Г. Д. Акустика для начинающих. СПб. : Знание, 2014. 138 с.
2. ГОСТ 12. 1.003-83. Система стандартов безопасности труда. «Шум общие требования безопасности». М. : Изд-во стандартов, 1984. 10 с.
3. ГОСТ 23337-78. Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий». М. : Изд-во стандартов, 1982. 20 с.
4. ГОСТ 12. 1.050-86. Межгосударственный стандарт. «Методы измерения шума на рабочих местах». М. : Система стандартов безопасности труда, 2001. 31 с.
5. ГОСТ 20444-85. Государственный стандарт союза ССР. «Шум. Транспортные потоки». М. : Гос. комитет СССР по делам строительства, 2014. 37 с.
6. Потапова Е. В., Соколова О. Е., Курганская С. В. Шум городов // Электрон. науч.-практ. период. изд. «Соврем. науч. исслед. и разработки». 2016. Вып. № 7 (7). С. 196–198.

УДК 504.05

Анализ состояния санитарно-защитных зон предприятий

О. С. Масягина (olesya.menthol@mail.ru)

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск

Аннотация. Полевыми методами и данным дистанционного зондирования Земли было проанализировано состояние санитарно-защитных зон 100 предприятий в 15 городах России на предмет исполнения нормативно-правовой базы по их структуре, содержанию и озеленению. Анализ законодательной базы по вопросу исследования позволил выделить 5 основных критериев оценки, применяемых регламентов. Ни одного промышленного объекта, полностью выполняющего предписанные законодательством нормы, не выявлено.

Ключевые слова: регламент содержания, промышленное предприятие, озеленение, класс опасности.

Введение

В целях охраны атмосферного воздуха в местах проживания населения и условий жизнедеятельности человека, среды обитания растений, животных и других организмов вокруг промышленных зон и объектов хозяйственной и иной деятельности, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, должны устанавливаться санитарно-защитные зоны.

Санитарно-защитные зоны (СЗЗ) выполняют функции фильтрации, экранирования, ассимиляции загрязнителей атмосферного воздуха, снижая уровень негативного воздействия до принятых санитарно-эпидемиологических требований и гигиенических нормативов. СЗЗ является обязательным элементом любого объекта, который является источником воздействия на окружающую среду.

Цель – проанализировать состояние СЗЗ предприятий на предмет исполнения нормативно-правовой базы по их структуре, содержанию и озеленению.

Методы и материалы

Структура и содержание СЗЗ предприятий в городах России были исследованы и анализированы на соответствие требованиям, предъявляемым к СЗЗ, по данным спутниковых снимков программ «Google Earth», «Yandex карты» и «Google карты» (таблица 1).

В соответствии с указанными нормативными актами:

- 1) класс опасности предприятия был установлен по санитарной классификации предприятий, сооружений и иных объектов, где учитывался вид производимой продукции. В соответствии с классом опасности, был определен размер СЗЗ;
- 2) в зависимости от класса опасности была оценена площадь озеленения, по сравнению с нормативной площадью, установленной СНиП;
- 3) была проверена, на наличие и структуру (преимущественно ширину), полоса древесно-кустарниковых насаждений со стороны селитебной зоны [1].

Таблица 1

Критерии оценки СЗЗ предприятий

Класс опасности/ размер СЗЗ, м	Нормативная площадь озеленения/ фак- тическая, % (соответствие, да или нет)	Полоса насажде- ний, м /соответствие (да или нет)	Состояние СЗЗ (цифра указывает расстояние до объектов, м)			
			с	ю	в	з
СанПиН 2. 2. 1/2. 1. 1. 1200–03 «Санитарно- защитные зоны и сани- тарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»	СНиП 207.01–89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сель- ских поселений»		Авторская методика, раз- работанная для конкрети- зации объектов, разме- щенных в границе СЗЗ для выявления нарушений СЗЗ предприятий			

Результаты

Санитарно-защитная зона – это территория, отделяющая предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, от жилой застройки [2].

Границей СЗЗ является линия, ограничивающая территорию, за пределами которой нормируемые факторы воздействия не превышают установленные гигиенические нормативы.

Территория СЗЗ предназначена для:

- 1) обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами;
- 2) создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия (группы предприятий) и территорией жилой застройки;
- 3) организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха, и повышение комфортности микроклимата.

СЗЗ утверждается в установленном порядке в соответствии с законодательством Российской Федерации при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии санитарным нормам и правилам [2].

Гигиенические правила, определяющие размер СЗЗ в зависимости от санитарной классификации предприятий, требования к их организации и благоустройству, основания к их пересмотру регламентируют Санитарно-эпидемиологические правила и нормы.

Основными нормативно-методическими материалами, определяющими порядок разработки, рассмотрения и согласования проектов организации СЗЗ являются:

1. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-08).
2. Положение о порядке разработки, согласования и утверждения проектов организации санитарно-защитных зон в городе Москве : постановление правительства Москвы от 16 окт. 2001 г. № 929-ПП.
3. Рекомендации по разработке проектов санитарно-защитных зон промышленных предприятий, групп предприятия 1998 г.
4. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения : федер. закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ.
5. Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании. Постановление Правительства РФ от 24 июля 2000 г. № 554.

Санитарные правила предназначены для организаций, специалистов, деятельность которых связана с размещением, проектированием, строительством и эксплуатацией объектов, а также осуществлением государственного санитарно-эпидемиологического надзора. Для действующих предприятий проект организации СЗЗ должен быть обязательным документом [2].

СЗЗ должна иметь последовательную проработку ее территориальной организации, озеленения и благоустройства на всех этапах разработки всех видов градостроительной до-

кументации, проектов строительства, реконструкции и эксплуатации отдельного предприятия и/или группы предприятий.

Обоснование границ СЗЗ является обязательным для объектов I–III классов опасности, промышленных узлов и осуществляется на основании проекта СЗЗ с расчетами рассеивания загрязнения атмосферного воздуха, уровней физических факторов (шума, вибрации, электромагнитных полей и др.), а для объектов I–II классов опасности и промышленных узлов, в состав которых входят объекты I–II классов опасности, в том числе, оценки риска здоровью населения.

Для промышленных узлов проект СЗЗ разрабатывается с учетом суммарных выбросов в атмосферный воздух и физического воздействия объектов, входящих в промышленный узел, а также для промышленных узлов, в состав которых входят объекты I–II классов опасности, – оценки риска здоровью населения.

В случае несовпадения границ СЗЗ по результатам расчетов рассеивания химического, биологического загрязнения атмосферного воздуха, физического воздействия на атмосферный воздух и по результатам оценки риска здоровью населения, границы СЗЗ принимаются по варианту, обеспечивающему наибольшую безопасность для здоровья населения. Временное сокращение объема производства не является основанием к пересмотру границ СЗЗ, установленных для максимальной проектной или фактически достигнутой мощности.

Для установления границ санитарно-защитной зоны объектов I–III классов опасности, промышленных узлов должен быть представлен проект санитарно-защитной зоны, который подлежит экспертизе аккредитованными в установленном порядке организациями. По итогам экспертизы на основании заявления хозяйствующего субъекта выдается санитарно-эпидемиологическое заключение:

Ширина СЗЗ устанавливается с учетом санитарной классификации, результатов расчетов ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха и уровней физических воздействий, а для действующих предприятий и природных исследований.

Для объектов, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, характера и количества, выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов устанавливаются следующие размеры СЗЗ: предприятия первого класса – 1 000 м; предприятия второго класса – 500 м; предприятия третьего класса – 300 м; предприятия четвертого класса – 100 м; предприятия пятого класса – 50 м.

Для объектов, не включенных в санитарную классификацию, а также с новыми, недостаточно изученными технологиями, не имеющим аналогов в стране и за рубежом, ширина СЗЗ устанавливается в каждом конкретном случае решением Главного государственного санитарного врача РФ или его заместителя [2].

Достаточность ширины СЗЗ по принятой классификации должна быть подтверждена выполненными по согласованным и утвержденным в установленном порядке методам расчета рассеивания выбросов в атмосферу для всех загрязняющих веществ, распространения шума, вибрации и электромагнитных полей с учетом фоновое загрязнение среды обитания по каждому из факторов за счет вклада действующих, намеченных к строительству или проектируемых предприятий, а также данными натурных наблюдений для действующих предприятий.

Для групп промышленных предприятий или промышленного узла устанавливается единая СЗЗ с учетом суммарных выбросов и физического воздействия всех источников, а также результатов годового цикла натурных наблюдений для действующих предприятий. Для современных крупных промышленных комплексов (черная и цветная металлургия, предприятия нефтепереработки и нефтехимии, биосинтеза, лесопромышленный комплекс и др.) размеры СЗЗ устанавливаются как единое образование для всех предприятий комплекса,

а размеры нормативных СЗЗ, указанные в санитарной классификации, следует рассматривать как ориентировочные [2].

В границах СЗЗ допускается размещать:

- сельхозугодия для выращивания технических культур, не используемых для производства продуктов питания;
- предприятия, их отдельные здания и сооружения с производствами меньшего класса вредности, чем основное производство. При наличии у размещаемого в СЗЗ объекта выбросов, аналогичных по составу с основным производством, обязательно требование не превышения гигиенических нормативов на границе СЗЗ и за ее пределами при суммарном учете;
- пожарные депо, бани, прачечные, объекты торговли и общественного питания, мотели, гаражи, площадки и сооружения для хранения общественного и индивидуального транспорта, автозаправочные станции, а также связанные с обслуживанием данного предприятия здания управления, конструкторские бюро, учебные заведения, поликлиники, научно-исследовательские лаборатории, спортивно-оздоровительные сооружения для работников предприятия, общественные здания административного назначения;
- нежилые помещения для дежурного аварийного персонала и охраны предприятий, помещения для пребывания работающих по вахтовому методу, местные и транзитные коммуникации, ЛЭП, электроподстанции, нефте- и газопроводы, для технического водоснабжения, водоохлаждающие сооружения для подготовки технической воды, канализационные насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения, питомники растений для озеленения промплощадки, предприятий и СЗЗ [2].

СЗЗ для предприятий IV, V классов должна быть максимально озеленена – не менее 60 % площади; для предприятий II и III класса – не менее 50 %; для предприятий, имеющих СЗЗ 1000 м и более – не менее 40 % ее территории с обязательной организацией полосы древесно-кустарниковых насаждений со стороны жилой застройки [3].

Структура и содержание СЗЗ промышленных предприятий была обследована в пяти городах Иркутской области и десяти крупных городах России. Для анализа содержания СЗЗ было случайным образом отобрано 100 заводов разных классов опасности. Из них в Иркутске исследовано 14 предприятий, Ангарске – 8, Усолье-Сибирском – 4, в Братске исследовано 4, Шелехове – 8, во Владивостоке исследовано 14, в Москве – 5, Санкт-Петербурге – 6, Муроме – 2, Калининграде – 3, Рязани – 8, Новосибирске – 10, Нижнем Новгороде – 8, в Екатеринбурге исследовано 12, Челябинске – 8.

Большая часть промышленных предприятий г. Иркутска расположена в черте города, практически ни одно из них не соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию СЗЗ, в ее границах расположены жилые дома, учебные заведения, больницы и др. Пять промышленных предприятий расположено в границах водоохранной зоны рек Ангары и Каи. Практически все заводы г. Ангарска расположены в двух промышленных узлах. На всех промышленных предприятиях минимальная площадь озеленения СЗЗ, структура и ширина полосы насаждений со стороны селитебной застройки не соответствует установленным гигиеническими нормативам. Исходя из собранных данных минимальная площадь озеленения СЗЗ г. Шелехова соблюдается на двух из исследованных предприятиях – Байкальском заводе металлоконструкций и Ново-Олхинском известковом заводе, полоса древесно-кустарниковых насаждений со стороны селитебной зоны соответствует СНиП на четырех предприятиях. Большая часть предприятий Усолья-Сибирского расположена за пределами города в промышленных зонах. Основные нарушения были выявлены по Усольскому фанерному комбинату. Предприятия Братска расположены в промышленной зоне вблизи Братского водохранилища, окружена селитебной застройкой. В г. Москве было исследовано пять промышленных предприятий на предмет соответствия СЗЗ, из них абсолютного выполнения предъявляемых норм не отмечено.

Екатеринбург – один из промышленно-производственных центров России, основанный на высококвалифицированном трудовом ресурсе. Ведущая отрасль – машиностроение, преимущественно тяжёлое. Для обследования СЗЗ предприятий были выбраны металлургиче-

ские, машиностроительные и металлообрабатывающие предприятия и производства. В ходе анализа содержания и структуры СЗЗ предприятий г. Екатеринбурга было выявлено, что ни одно из взятых для обследования предприятий не удовлетворяет нормативным актам. Основное нарушение – размещение селитебной зоны в границах СЗЗ предприятий. Промышленность Нижнего Новгорода представлена машиностроением, энергетикой, легкой и пищевой промышленностью. Для анализа состояния СЗЗ предприятий было выбрано восемь предприятий первого, второго и четвертого классов опасности. Как видно из результата обследования, содержание СЗЗ не соблюдается ни на одном из обследованных предприятий. Были обнаружены такие нарушения, как отсутствие полосы насаждения со стороны селитебной зоны, размещение предприятия в водоохранной зоне реки, расположение жилых домов и учебных заведений в границах СЗЗ. В результате анализа, было выявлено, что содержание и структура СЗЗ предприятий Рязани соответствует нормам только у асфальтобетонного завода и вагоноремонтной компании СФАТ-Рязань, оба предприятия расположены за пределами границы города. Калининград считается крупным центром машиностроения, где развиты металлургия, легкая и полиграфическая отрасли промышленности. Представленными предприятиями г. Калининграда содержание из СЗЗ не соответствует градостроительным нормам. В экономике Муром основными отраслями являются машиностроение, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, производство строительных материалов. Обследованные машиностроительный (второй класс опасности и 500 м СЗЗ) и приборостроительный завод (третий класс опасности и 300 м СЗЗ). У Муромского приборостроительного завода полоса древесно-кустарниковых насаждений со стороны селитебной застройки и площадь озеленения территории предприятия соответствует установленным нормам. Новосибирск является крупным промышленным центром. Основные отрасли – машиностроение, электроэнергетика, металлургия и пищевая промышленность. Для обследования СЗЗ предприятий было отобрано десять крупных промышленных заводов. Большая часть предприятий Новосибирска расположена в промышленном массиве, тем не менее, жилые дома все же расположены в границах СЗЗ практически всех предприятий. Полоса насаждений древесно-кустарниковых насаждений со стороны селитебной застройки трех предприятий г. Владивостока соответствует гигиеническим нормативам. Ширина СЗЗ соблюдается двумя предприятиями.

Челябинск – крупный промышленный центр с предприятиями металлургии, машиностроения, металлообработки, приборостроения, трубной, химической, легкой и пищевой промышленности. Челябинск является одним из крупнейших в России производителей высококачественных сплавов, жаропрочных и нержавеющей сталей, сортового и листового проката. Для анализа состояния СЗЗ предприятий города было отобрано восемь металлургических, машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий и производств. Обследование промышленных предприятий Челябинска показало, что содержание и структура их СЗЗ не соответствует нормативно-правовой базе. Были выявлены такие нарушения, как размещение жилых домов в границах СЗЗ, расположение заводов в границах водоохранной зоны реки, а именно расположение цинкового завода вблизи р. Миасс.

По результатам исследованных СЗЗ ста предприятий, были проанализированы структура и содержание СЗЗ ста предприятий на предмет исполнения нормативно-правовой базы.

В ходе исследования были выделены основные нарушения в содержании СЗЗ предприятий:

- 1) отсутствие полосы насаждений со стороны селитебной зоны;
- 2) полоса насаждений со стороны селитебной зоны посажена частично;
- 3) фактическая площадь озеленения на территории предприятия не соответствует минимальной, установленной для каждого класса опасности;
- 4) расположение селитебной зоны в границах СЗЗ предприятия;
- 5) размещение предприятия в границах водоохраных зон рек.

Посчитано для скольких предприятий из числа исследуемых, присуща та или иная проблема. Полученные данные представлены в табл. 2. Основным нарушением в содержании СЗЗ предприятиями является несоответствие фактической площади озеленения промышлен-

ной площадки минимальной, установленной для каждого класса опасности. Возможная причина – слабый контроль.

Таблица 2

Доля предприятий с выявленными проблемами состояния и содержания СЗЗ

Проблема	1	2	3	4	5
Доля предприятий, которым характерна эта проблема от общего числа, %	48	29	89	69	17

Согласно СНиП «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» СЗЗ для предприятий IV, V классов должна быть максимально озеленена – не менее 60 % площади; для предприятий II и III класса – не менее 50 %; для предприятий, имеющих СЗЗ 1000 м и более – не менее 40 % ее территории с обязательной организацией полосы древесно-кустарниковых насаждений со стороны жилой застройки [3].

Минимальная площадь озеленения, в данном случае 40 %, отмечена на четырёх предприятиях первого класса опасности из восемнадцати – Восточносибирским машиностроительным заводом, химической фармацевтической компанией, Ангарской теплоэлектростанцией, Московским нефтеперерабатывающим заводом и судостроительным заводом «Красное Сормово». Доля озеленения СЗЗ предприятий 2 класса опасности соответствует нормативно-правовым актам Сибирским заводом электротермического оборудования и специальным конструкторско-технологическим бюро «Катализатор». Площадь их озеленения составляет 55 % и 50 % соответственно. Площадь озеленения СЗЗ соблюдается четырьмя предприятиями третьего класса опасности из тридцати трех – это керамический завод, который расположен за чертой города Иркутска, Байкальский завод металлоконструкций, Муромский приборостроительный завод, Владивостокская ТЭЦ-2. На территории СЗЗ большей части предприятий площадь озеленения не превышает 5 %. На четырех из 28 предприятиях четвертого класса опасности площадь озеленения соответствует СНиП – хлебозавод «Дарница», завод Сибирского технологического машиностроения, Владивостокский электроламповый завод и Челябинский компрессорный завод, на остальных предприятиях доля озеленения не превышает 40 % на территории СЗЗ. Из обследуемых пяти промышленных объектов пятого класса опасности, ни одно из них не соответствует требованиям, предъявляемым к СЗЗ. Доля озеленения СЗЗ не превышает и 10 %.

Заключение

Согласно анализу содержания и состояния СЗЗ практически всех предприятий г. Иркутска, были выявлены проблемы исполнения регламентов. Для проверки гипотезы наличия подобных проблем проведено обследование СЗЗ ряда предприятий в 15 городах РФ. Общее состояние и нарушения схожи во всех городах РФ и свидетельствует о несоблюдении законодательства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потапова Е. В. Фрейм-сценарий как метод изучения озеленённых территорий поселений // Вестн. БГСХА им В. Р. Филиппова. 2016. № 4 (45). С. 89–94.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-08 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.complexdoc.ru> (дата обращения: 25.06.2017).
3. СП 42.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», 2011 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.complexdoc.ru> (дата обращения: 25.06.2017).

УДК 504.03(504.06:204.7)

Проблемы озеленения поселений

Е. В. Потапова (e.v.potapova.isu@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. На основе сбора полевых материалов и анализе структуры, состоянии, динамике изменений и процессах, происходящих в границах более 10 тыс. исследованных объектов озеленения, по созданной авторской методике построены выводы об основных проблемах содержания озеленённых территорий поселений.

Ключевые слова: озеленённые территории, зелёные насаждения, населённые пункты, структура и состояние.

Введение

Издание ООН-Хабитат в 2013 г. «Время думать о городах» декларирует, что необходимо выработать целостный подход к вопросам городского развития и населенных пунктов [3]. Задача правительств заключается в продвижении комплексного метода планирования и строительства устойчиво развивающихся населенных пунктов, оказании помощи органам местной власти, повышении информированности общественности и участия местного населения, в том числе малоимущего, в принятии решений.

Методы

В результате полевого обследования и данных дистанционного зондирования Земли 10 тыс. объектов озеленения в 200 населённых пунктах России и Зарубежья получены данные об особенностях их структуры. Анализ которых позволил сделать выводы о некоторых специфических характеристиках, проблемах и тенденциях.

Результаты

Населённый пункт – поселение, населённое людьми место, постоянное используемое для проживания людей, первичная единица расселения в пределах одного застроенного земельного участка, имеющее географическое наименование [5]. Примерами населённых пунктов разной категории являются город, посёлок городского типа, село, деревня и пр. Многообразие в особенностях поселений, отражающее культурные и эстетические ценности, должно уважаться и поощряться, а районы, представляющие историческую, религиозную или археологическую ценность должны сохраняться для последующих поколений. Городская система – созданная среда, с высокой плотностью населения и застройки. В настоящее время мировой тенденцией является увеличение именно этой формы расселения людей на Земле. Современная мировая урбанизация характеризуется следующими динамическими процессами: половина человечества – 3,5 миллиарда человек – живут в городах. К 2030 году почти 60 % населения мира будут жить в городских районах. Общая площадь городов мира составляет 2 % суши Земли, но на них приходится около 70 % потребления энергии и выбросов углекислого газа [2]. Большая часть глобальных экологических проблем связана с развитием населённых пунктов, в частности городов, где тенденции трансформации всех составляющих элементов динамичны и многофакторны, а состояние окружающей среды не обеспечивает жителей даже санитарными нормами. Изменение направлений формирования и интенсивность использования территорий поселений от года к году только возрастает – их контролируемое устойчивое развитие – стратегия мирового сообщества.

Архитектурно-художественная выразительность поселения зависит от: взаиморасположения функциональных, территориальных и строительных зон; наличия объектов озеленения – парков, садов, зеленых насаждений, водных пространств; цветовой гаммы сооружений; наличия памятников архитектуры; выразительного силуэта населенного пункта, зависящего от этажности зданий; архитектурной выразительности въездов в город; благоустройства производственной зоны; наличия общественных центров, площадей; размещения улиц и дорог; примыкающих ландшафтов. Для рационализации работы такой сложной функциональной

системы, в основу планировочного решения города закладывается зонирование его территории. Селитебная территория предназначена и включает участки: для размещения жилищного фонда – жилых домов, общественных зданий и сооружений. Она занимает в среднем 50–60 % территории города. Производственная территория предназначена для размещения промышленных предприятий и связанных с ними производственных объектов. Ландшафтно-рекреационная территория включает озелененные и водные пространства в границах города и его зеленой зоны, городские леса, лесопарки, которые совместно с парками, садами, скверами и бульварами, размещаемыми на селитебной территории, формируют систему открытых пространств [5]. Необходимо указать на повсеместное смешение, перекрывание и взаимное проникновение этих зон, что не способствует улучшению среды проживания.

Приоритетным средоформирующим компонентом экосистемы, даже преобразованной и искусственной, являются растения – в конкретном случае – насаждения озеленённых территорий. Определение места и назначения озеленённых территорий и зелёных насаждений, как ключевой составляющей поселений, можно считать основой для анализа их состояния, выявления проблем структуры и содержания, а также определения условий оптимизации устойчивого развития. Озеленённые территории, согласно земельному кодексу принадлежат к землям поселений (за исключением земель особо охраняемых природных территорий и земель обороны и безопасности). Как часть структуры населённого пункта, озеленённые территории обеспечивают их функционирование и находятся в обороте хозяйственных отношений. Согласно градостроительным нормам, система озеленённых территорий представляет собой взаимоувязанное, размещение озелененных территорий, определяемое архитектурно-планировочной организацией поселения и планом его дальнейшего развития, предусматривающее связь с загородными насаждениями. Последние, согласно современному законодательству, подразделяются на три категории – общего, ограниченного пользования и специально назначения [1]. Внутреннее подразделение озеленённых территорий не имеет чёткого регламента, рассредоточено по разным документам, например, о водоохранных зонах – Водный кодекс и местные нормы, санитарно-защитные зоны для разных объектов представлены в соответствующих санитарных нормах. Есть участки на территориях поселений, незастроенные, запущенные, в результате самозарастания покрытые даже многолетними древесными и / или кустарниковыми формами, но вообще не имеющие отдельного статуса. В поселениях категорий «село», «деревня» и т. п. система озеленённых территорий полностью отсутствует, фактически нет даже объектов озеленения общего пользования. Тем самым, четкое место озеленённых территорий поселений не определено, с чем и связано множество проблемных вопросов их структуры, размещения, содержания, контроля, охраны и восстановления.

Применение методов исследования, используемых для природных условий не всегда пригодно для работ в условиях изменённой и искусственно созданной среды. Необходим концептуальный и методологический подход, который будет использован в процессе изучения и для оценки возможностей, позволяющих увеличить вклад экосистем в благосостояние людей. Автором разработана специальная комбинированная методика – объектно-ориентированный оценочный фрейм-сценарий, которая использует классические предварительные (анализ литературного и картографического материала и др.), полевые (методы пробных площадей, ключевых участков, геоботаническое профилирование, заполнение ведомостей и др.) и камеральные методы (системного, статистического анализа и др.). Но основной подход заключается в сценарии составления схем, определения класса гемеобности территории и установления параметров соответствия озеленённой территории требованиям градостроительных регламентов, применяемых для каждого типа в категории. Концепцией созданной методики является – критериальная ранговая оценка состояния озеленённой территории и насаждений, расположенных на ней. Методологический подход – осуществление паспортизации объекта озеленённой территории и инвентаризация насаждений. Предлагаемый авторский метод – составленный из схем, таблиц, геоботанических описаний и ведомостей описания древесно-кустарниковых форм. Механизм осуществления – пошаговая, слотовая инструкция фрейм-сценарий [4].

В результате полевых работ по анализу структурных особенностей более 100 поселений различного ранга, документов по Генеральному планированию, данных дистанционного зондирования Земли и наземной съёмки, автором отмечены некоторые особенности. Практически каждый населённый пункт в своей структуре содержит следующие элементы:

- ✓ «Центр», с набором нескольких основных объектов, обычно – это продуктовый рынок, торговый комплекс, (кино)театр, здание администрации и др. В эколого-хозяйственном балансе (соотношении застроенной и открытой площади) преобладает замощение, древесно-кустарниковые насаждения представлены единично, в редких случаях можно отметить молодые посадки.

- ✓ Парк с максимальной рекреационной нагрузкой, чаще именно эти объекты лучше или вообще благоустраиваются. В балансе редко преобладают замощённые участки.

- ✓ Несколько рощ, городских лесов с минимумом благоустройства. Используется обычно жителями ближайшего района. В эколого-хозяйственном балансе менее 10 % непроцеваемых (замощённых) поверхностей.

- ✓ Небольшую реку, чрезвычайно загрязнённую, иногда пересыхающую или местами заболоченную. Прибрежная защитная полоса может быть покрыта растительностью, в основном застроена, замощена, замусорена.

- ✓ Промышленную(ые) зону(ы) или их остатки – без санитарно-защитных зон и насаждений на территории, пылящие, замусоренные.

- ✓ Предприятия, не только пищевой промышленности, расположенные непосредственно в жилой застройке, не имеющие санитарно-защитных разрывов.

- ✓ Действующие кладбища без надлежащих санитарных разрывов, а закрытые – иногда уже застроены по периметру.

- ✓ Значительные территории, занятые гаражными постройками различного состояния, даже многоэтажные.

- ✓ Придомовые территории с искусственным видовым разнообразием, особенно травянистых растений, превышающим видовое разнообразие региона.

Эффективное зонирование территории поселений и устранение структурных перекосов будет способствовать оптимизации безопасного устойчивого развития.

Основными, первостепенными замечаниями, характеризующими тенденции развития поселений можно указать следующие:

- ✓ Озеленённые территории поселений выполняют глобальную, экологическую средообразующую, ресурсную, санитарно-гигиеническую, декоративно-планировочную, медико-социальную и научно-познавательную функции и при этом не имеют отдельного места в оценке значимости экосистемных услуг.

- ✓ Преимущественными эксплуатационными характеристиками озеленённых территорий, следует считать непосредственную рекреацию, для некоторых – проведение массовых мероприятий, для большого ряда – выполнение роли барьеров между промышленными, транспортными объектами и жилой застройкой, но без наличия на объектах озеленения определённой доли древесных и кустарниковых насаждений, выполнение этих функций невозможно.

- ✓ Отсутствие целевого назначения для озеленённых территорий приводит к неверным восстановительным мероприятиям и уничтожению, или ухудшению качества насаждений.

- ✓ Несмотря на значительное количество нормативно-правовых актов по объектам и вопросу исследования, законодательная база недоработана, устарела и противоречива.

- ✓ Классификация озеленённых территорий поселений, в отличие от существующих трёх категорий (общего, ограниченного пользования и специального назначения) и 16 типов (городские леса; парки; скверы, рощи, сады; бульвары; озеленение территорий образовательных учреждений; учреждений здравоохранения; в пределах жилой застройки; санитарно-защитные зоны предприятий; портов; аэропортов; ЛЭП; оранжерейные хозяйства; кладбища; озеленение в границах отвода автомобильных и железных дорог; водоохранные зоны рек, ручьёв; особо охраняемые природные территории) должна состоять из четырёх категорий

(дополнительно предлагаются – резервные территории) и 26 типов (дополнительно предлагаются – аллеи; озеленение участков при административных зданиях; при стадионах; озеленение частного сектора; озеленение территорий объектов культа; курорты; водоохранные зоны морей, озёр, водохранилищ; озеленение режимных объектов и наземных трубопроводов; неудобья, пустыри и площадки для размещения мусорных контейнеров; гаражи).

✓ Методика оценки организации озеленённых территорий поселений должна быть основана на значимых эколого-фитоценологических показателях и градостроительных нормах и правилах.

✓ Доля, порядок и характер размещения существующих насаждений и актуальная структура озеленённых территорий практически ни в одной категории не соответствует предъявляемым требованиям. Регламенты не выполняются даже для водоохранных и санитарно-защитных зон.

✓ Условия (факторы) возникновения экологического риска утраты/ уменьшения способности выполнять озеленёнными территориями экосистемные услуги главным образом связаны с ошибками, недостатком благоустройства и отсутствием превентивного регулярно возобновления.

✓ Целью оптимизации развития зелёного хозяйства должно быть – доработка законодательства, и обязательно на местном уровне, паспортизация всех объектов озеленения в границах населённого пункта, инвентаризация всех насаждений, планирование развития и в том числе застройки территория поселений с условием выполнения норм озеленения.

Заключение

Сложилась ситуация, в большинстве российских городов, когда зелёные насаждения существуют за счёт накопленного резерва, а отсутствие своевременного возобновления, актуального планирования и интенсификации полноценного ухода может привести к одновременному коллапсу насаждений и озеленённых территорий.

Актуальность изучения, основанного на соответствии градостроительным нормам (желательно обновлённым и имеющим перспективные значения), возрастает, в связи высокой и индивидуальной значимостью каждой категории озеленения и преимущественно объектов, с серьёзными кардинальными изменениями в формировании структуры за отдельные хроноинтервалы.

Человечество всегда зависело от услуг, обеспечиваемых биосферой, экосистемами и их основным структурным элементом – растениями. Среда жизни, выработка кислорода и первичной продукции, обеспечение круговорота воды, вещества и энергии, почвообразование – основы существования людей на Земле. Несмотря на то что люди как биологический вид отгорожены технологиями от непосредственного контакта с природной средой, в конечном счете, они всё равно полностью зависят от обилия и качества экосистемных услуг, которые обеспечиваются и озеленёнными территориями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 28329-89. Озеленение городов. Термины и определения. Введ. 1991-01-01. М. : Изд-во стандартов, 1990. 9 с.
2. Здоровые города [Электронный ресурс]. URL: www.euro.who.in/ (дата обращения: 02.07.2017).
3. ООН-Хабитат [Электронный ресурс]. URL: <http://www.un.org/ru/ga/habitat> (дата обращения: 02.07.2017).
4. Потапова Е. В. Фрейм-сценарий как метод изучения озеленённых территорий поселений // Вестн. БГСХА им В. Р. Филиппова. 2016. № 4 (45). С. 89–94.
5. СП 42.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», 2011 г. [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.complexdoc.ru](http://www.complexdoc.ru) (дата обращения: 25.06.2017)

УДК 630-502.084:574(581. 5)

Экосистемные услуги и функции насаждений

О. Е. Соколова (sokolovvana@mail.ru)

Е. В. Потапова (e.v.potapova.isu@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Экосистемные услуги (сервисы) – это всё, что человек получает от окружающей природной среды. Однако оказалось, что ценить чистоту вод, воздуха, почв и биоразнообразие мы стали лишь тогда, когда над ними нависла прямая угроза деградации и уничтожения. Методом системного анализа многолетнего опыта полевых работ по изучению озеленённых территорий поселений, как природной или квазиприродной составляющей авторами составлен перечень экосистемных услуг, выполняемых насаждениями озеленённых территорий. Выделено 8 услуг и 36 функций.

Ключевые слова: значение озеленения, озеленённые территории, зелёные насаждения, населённые пункты, привлекательность.

Введение

Согласно классическому определению, экосистемными услугами являются все выгоды, которые люди, Человечество получает от окружающей природной среды. Даже понимание этой концепции является проблематичным, т. к. всё, что нами получено в той или иной степени это только часть природы, её производных. Обычно их подразделяют на обеспечивающие (пища, вода, древесина и др.), регулирующие (регулирование качества воды, климата, опыление и др.), культурные (рекреация, вдохновение и др.) и поддерживающие или вспомогательные (круговороты, почвообразование и др.) [1; 2]. Концепция экосистемных услуг предполагает, что игнорирование экономикой обращающихся в ней природных потоков является основным фактором, который способствует и ускоряет разрушение экосистем и потерю биоразнообразия. Многолетние исследования в этой области позволили приблизиться к оценки их реальной значимости и включения в ценность получаемых бизнесом доходов. Безусловно, что проводимая политика некоторых авторитетных организаций, расширила границы понимания как значимости, так и бесконтрольного уничтожения, неэффективного использования и деградации природной среды. Несмотря на оценочную стоимость экосистемных услуг в размере 125 трлн долл. США в 2014 г., эти активы не находят надлежащего учета в политической и экономической жизни, т. е. инвестиции в их охрану и управление ими являются недостаточными [3]. Как следствие – их качество продолжает снижаться.

Концептуальные рамки оценки экосистем исходят из того, что люди являются частью экосистем и что существует динамическое взаимодействие между ними и другими частями экосистем. При этом условия существования людей вызывают прямо и косвенно – изменения в экосистемах и тем самым в благосостоянии человека.

Для экономической оценки экосистемных услуг и её использования в реальной экономике выделяют четыре отдельные этапа:

- идентификацию;
- определение её экономической ценности;
- определение категории получателя выгод от услуги;
- формирование механизма платежей или компенсации.

Целью представленной статьи была актуальная идентификация экосистемных услуг и функций, выполняемых озеленёнными территориями населённых пунктов.

Материал и методика

Озеленённые территории поселений подразделяются на категории, каждая из которых имеет свои особенности по отношению к гражданскому обороту, режимам использования, способам хозяйствования и выполняемым функциям. Во-первых, это территории общего пользования, используемые для рекреации всех жителей населённого пункта. К этой катего-

рии относят парки, скверы, бульвары, сады и др. Во-вторых – ограниченного пользования в пределах жилой, промышленной застройки, территорий и организаций обслуживания населения и здравоохранения, науки, образования, рассчитанные на пользование определенными группами населения. В-третьих, специального назначения: санитарно-защитные, водоохранные зоны, кладбища, насаждения вдоль автомобильных и железных дорог, питомники, цветочно-оранжерейные хозяйства, территории, подпадающие под действие Федерального закона «Об особо охраняемых территориях». Более подробная классификация разработана и освещена автором [5, 6]. На основании многолетних наблюдений – с 1995 по 2014 г., за всеми категориями озеленённых категорий г. Иркутска и других городов РФ и Зарубежья, были выявлены основные тенденции их структурных и функциональных особенностей, факторы их деградации и разрушения. Полевые данные фиксировались стандартными геоботаническими описаниями и описаниями древесно-кустарниковой растительности, а также авторским фрейм-сценарием [5]. В результате системного анализа собранного материала, методом обобщения, опросов населения были составлены списки возможных функций и услуг, выполняемых насаждениями и озеленёнными территориями.

Результаты и их обсуждение

Согласно исследованиям и оценкам ООН природный капитал Земли предоставляет ряд услуг, обеспечивающих благосостояние населения. И чем выше биологическое разнообразие экосистемы, тем значительнее и эффективнее спектр предоставляемых ими услуг. Жителей Земли в большинстве своём «оторванные» от естественных экосистем и страдающие от отсутствия общения с природой. В связи с этим немалую роль имеют озеленённые территории поселений. Значимость насаждений определяется их способностью предоставлять экосистемные услуги и выполнять функции, а также нужны для принятия эффективных управленческих решений при планировании дальнейшего устойчивого развития того или иного объекта градостроительства.

Безусловно, что искусственные экосистемы городов значительно обеднены естественным разнообразием, особенно животным, в сравнении с естественными, однако и они способствуют поддержанию природно-ресурсного потенциала урбаноценозов.

Конвенцией о биологическом разнообразии внедряется экосистемный подход для обеспечения оценки воздействия на природную среду любого вида деятельности человека. Его основа предполагает предотвращение на уровне предопределения, возможных изменений и деградации негативных экосистем. Именно экосистемный подход оптимизирует процесс устойчивого развития во всех направлениях – экологическом, институциональном, социальном, экономическом. Основными заключениями такого подхода считаются следующие:

- При управлении экосистемами необходимо учитывать неизбежность изменений. Учитывая изменчивость временных характеристик и возможность отсроченных последствий, свойственных экосистемным процессам, цели управления экосистемой должны быть долгосрочными.
- Управление экосистемами должно осуществляться только в пределах естественного функционирования.
- Экосистемный подход должен обеспечивать достижение надлежащего равновесия между сохранением и использованием биологического разнообразия и их интеграцию. Его следует реализовывать в соответствующих пространственных и временных масштабах.
- Необходимо сохранение структуры и функций экосистемы в целях поддержания экосистемных услуг.
- Управление должно быть по возможности максимально децентрализованным, местным с учётом индивидуальных особенностей экосистем, учитывающим любые виды соответствующей информации, включая научные данные, а также знания, нововведения и практику коренных и местных общин.
- Органы управления экосистемами должны учитывать действительное или возможное влияние своей деятельности на смежные или любые другие экосистемы.

- Признавая возможность положительных результатов управления, следует, тем не менее, понимать функционирование экосистемы и осуществлять управление ею в экономическом контексте.

- Реализацию экосистемного подхода должны осуществлять все заинтересованные группы общества и научные дисциплины [6].

Большое количество работ и исследований посвящено вопросу классификации услуг и, несмотря на отсутствие единой, эта проблема широко освещена в научных исследованиях. По накопленным данным и анализу литературных источников авторами предлагается следующая классификация экосистемных услуг и функций городских фитоценозов для её дальнейшего использования согласно подходу ESIVI – Ecosystem Services Identification, Valuation, and Integration [2; 7]. Выделено восемь основных групп – услуг, с подгруппами – функциями. В общей сложности 36 функций.

1. Средообразующие или биостационарные услуги, первостепенные, единственные обеспечивающие формирования среды обитания как для растительных, так для животных организмов. Большую роль здесь играют древесные и кустарниковые формы. Именно живые организмы обеспечивают возможность существования человека.

2. Глобальные услуги предоставляют ряд основополагающих жизненных функций в границах биосферы, поддерживая гомеостаз и устойчивое развитие. Они подразделяются на 6 функций: производство кислорода, производство первичной продукции, регулирование климата, обеспечение круговорота веществ, круговорот воды, почвообразование.

3. Ресурсные услуги объединяют комплекс возможностей представления Человечеству всех необходимых ресурсов, подразделяются на 5 функций: пищевая, топливная, генетическая, банк семян, ресурс минеральных веществ.

4. Экологические услуги регулируют показатели качества сред и изменяют экологические факторы. Они состоят из 7 функций: влияние на радиационный режим, влияние на тепловой режим, изменение ионизации воздуха, изменение влажности воздуха, ветрозащитная, образование ветров, изменение состава воздуха.

5. Санитарно-гигиенические услуги обеспечивают необходимое качество среды, соответствующее некоторым нормам и стандартам и подразделяются на 5 функций: фильтрующая, газозащитная, шумозащитная, водоохранная, почвоохранная.

6. Медико-социальные услуги определяют услуги, непосредственно предоставляемые озеленёнными территориями жителям поселений, таких 6: влияние на ЦНС, влияние на зрение, влияние на органы дыхания, антибактериальная, духовная или духовно-эстетическая, рекреационная.

7. Научно-познавательные делятся на 3 функции: общение с природой, объект изучения, биоиндикаторная.

8. Декоративно-планировочные – обеспечивают формирование городского ландшафта, позволяет создать неповторимый облик населённого пункта, подразделяется на 3 подгруппы: ландшафтообразующая, структурно-планировочная, декоративно-художественная.

Главной причиной затруднений при попытках обеспечить осуществление платности услуг или охранных проектов и функционирование природоохранных организаций на чисто рыночной основе, является свойство неисключаемости потребления значительной части функций и услуг. Практически, невозможно предотвратить использование соответствующих благ теми, кто за их потребление не платит. Вместе с тем, соображения социальной этики диктуют такую же недопустимость сокращения доступности этих благ для всех без исключения слоёв населения.

Однако выделение этих услуг ставит очередные задачи для решения. Безусловно, для того чтобы оценить с помощью предлагаемых в статье функций значимость отдельных категорий озеленённых территорий городов необходимо ранжировать эти услуги, вероятнее всего методом опроса и попарного сравнения.

Заключение

Гармоничное развитие человека невозможно без общения с природой, которое служит мощным средством воспитания чувства прекрасного и познания закономерности и философии жизни. Люди всё более отдаляются от естественной среды, перестают распознавать, теряют с ней связь. Складывается насущная необходимость в построении оптимальной среды обитания Человечества Земли – зелёный экогород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка экосистем на пороге тысячелетия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.unep.org/maweb/ru/index.aspx>.
2. Метод определения, оценки и интеграции экосистемных услуг (ESVI): пошаговое руководство / С. Уайт, П. Раукрофт, С. Смит, С. Анастасопулос, И. Бренкли. URS, Лондон, 2012.
3. Экосистемные услуги и биоразнообразие на сайте Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/ru>.
4. ГОСТ 28329-89. Озеленение городов. М. : Стандартинформ, 2006. 8 с.
5. Потапова Е. В. Методы анализа городских территорий: категории озеленения // Конференция «Дни науки». Publishing House «Education and Science» Чехия, Прага 22.03–30.03. 2015. Т. 16. С. 32–34.
6. Потапова Е. В. Общая экология. В 3 ч. Ч. 2. Методы полевых исследований: учебное пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. 155 с.
7. Задачи сохранения биоразнообразия в политике и программах развития энергетического сектора России [Электронный ресурс]. URL: <http://bd-energy.ru>.
8. Экономика экосистем и биоразнообразия: Учет экономики природопользования: Консолидация подходов, выводов и рекомендаций TEEB [Электронный ресурс]. URL: www.teebweb.org/wp-content.

УДК 504.062. 2(502. 757/758)

Озеленённые территории городов

О. Е. Соколова (sokolovvana@mail.ru)

Иркутский государственный университет, г. Иркутск

Аннотация. Весьма актуальным в современном быстро развивающемся и расширяющемся мире городов, является изучение их природно-антропогенных систем, преимущественно представленных озеленёнными территориями. Оценка их структуры, состояния, стадии дигрессии и привлекательности для населения имеют не только научное, но практическое и социальное значение. Для выполнения полевых работ использовались как классические методы геоботанического профилирования и инвентаризации деревьев, так и инновационные авторские методики. В статье дана оценка 33 озеленённым территориям г. Усолье-Сибирское общей площадью 1602 га, что составляет 20,2 % территории города.

Ключевые слова: озеленённые территории, оценка состояния, породный состав, стадия рекреационной дигрессии.

Введение

Многофункциональное значение зелёных насаждений для населённых пунктов стремительно возрастает в условиях демографического и экономического роста города. Насаждения выполняют санитарно-гигиеническую, эстетическую, рекреационную, психоэмоциональную и микроклиматическую функции. Экологические и биологические исследования показывают, что сохранение в городах условий природной среды, оптимальных для жизнедеятельности человека, возможно только при поддержании на высоком уровне состояния растений, находящихся на урбанизированных территориях.

Особое значение насаждения имеют в городах с повышенной техногенной нагрузкой, размещения интенсивного промышленного производства, к которым относится и г. Усолье-Сибирское. Площадь территории города 7914,8 га, численность населения 79363 чел. Ландшафтно-рекреационные территории составляют 2044,9 га (25,8 %), куда входят: леса 1435,1

га (18,1 %), луга и пойменные территории 406,6 га (5,1 %), водные пространства 183,9 га (2,3 %), прочие рекреационные территории 19,3 га (0,2 %).

Система озеленённых территорий города – взаимоувязанное, равномерное размещение городских озеленённых территорий, определяемое архитектурно-планировочной организацией города, и планом его дальнейшего развития, предусматривающее связь с загородными насаждениями [1]. Выделяются три основных категории озеленённых территорий: общего, ограниченного пользования и специального назначения [7].

В статье дана оценка состояния по ряду показателей, привлекательности и благоустройства озеленённых территорий г. Усолье-Сибирское.

Методы и материалы

При полевых исследованиях использовался метод инвентаризации, а также авторская методика Потаповой Е. В., применённая для г. Иркутска [4]. Изучались насаждения санитарно-защитных зон предприятий, территории в пределах жилой застройки и территории медицинских и образовательных учреждений. Информация о площади исследуемых объектов озеленения представлена по данным публичной кадастровой карты [5].

Объекты изучения выбирались произвольно. Основными критериями оценки были:

- Породный состав деревьев (лиственный, хвойный, смешанный).
- Сомкнутость крон (от 0 до 1). Показатель, определяемый глазомерно по соотношению площадей неба, закрытого проекцией крон, и просветов, выраженная в десятых долях от единицы. При сомкнутости в пределах 0,7–1,0 древесный ярус образует практически сплошной полог; от 0,4–до 0,7 расстояние между стволами составляет 5–10 м, и они не соприкасаются или почти не соприкасаются ветвями; сомкнутость крон до 0,4 предполагает разреженное состояние, возможно, группами на значительном расстоянии друг от друга [3].
- Стадия рекреационной депрессии в зависимости от отношения площади вытоптанной до минерального горизонта поверхности напочвенного покрова к общей площади участка рекреации, согласно показателям табл. 1 [2].

Таблица 1

Стадии рекреационной депрессии

Стадия	Доля вытоптанной площади, %	Пояснения
1	до 1	Подстилка не нарушена, имеется многочисленный разновозрастный подрост повреждение не более 5 % общего числа
2	от 1,1 до 5	Наличие тропинок на начальной стадии вытаптывания
3	от 5,1 до 10	Изреживание древостоя до 10 %, повреждение подроста и подлеска до 50–90 %
4	от 10,1 до 25	Изреживание древостоя, ослабленный подрост, на полянах полностью отсутствует подстилка
5	более 25	Ослабление и уничтожение древесной растительности, корни обнажены, деревья больны и имеют механические повреждения

Общее состояние зеленых насаждений оценивалось в основном для древесных форм в баллах:

- 2 (неудовлетворительное) – у древесных пород кроны разрежены более обычного для данного вида, ветви и ствол имеют искривления и повреждения, регистрируются явные признаки болезней, заметно угнетение роста; схожие характеристики отмечаются и для кустарниковых пород. Для травянистых форм жизненность видов низкая, отсутствие стадий цветения и плодоношения, средняя высота ниже обычной для данного вида;
- 3 (удовлетворительное) – промежуточное положение, когда присутствуют лишь часть выделенных выше характеристик и/или они проявляются менее заметно;
- 4 (хорошее) – растения условно здоровые, без повреждений, с нормальным ростом, проходящие все жизненные стадии [4].

Все озеленённые территории были оценены по десяти характеристикам для получения общей оценки привлекательности объектов. Каждая характеристика имеет свои критерии оценок в баллах, основанная на прямом наличии или отсутствии тех или иных элементов.

Результаты

В границах г. Усолье-Сибирское было выделено и обследовано 33 объекта озеленённых территорий, трёх категорий: общего – 5 объектов, ограниченного – 22 объекта и специального назначения – 6 объектов. Общая площадь составляет 1602 га.

В категории общего пользования выделены 5 объектов, общей площадью 1477,6 га. Это «Нижний», «Верхний» парк, городской лес «Лесовод», сквер кинотеатра «Родина», аллея «Вечный огонь» (табл. 2) [6].

Таблица 2

Характеристика объектов озеленения общего пользования

Объект озеленения	Площадь, га	Породный состав	Сомкнутость крон	Состояние насаждений	Стадия дигрессии
«Верхний» парк	9,1	лиственный	0,7	хорошее	2
«Нижний» парк	20,3	лиственный	0,7	хорошее	2
Сквер кинотеатра «Родина»	2,0	лиственный	0,5	удовл.	3
Городской лес «Лесовод»	1435,1	смешанный	0,8–0,9	удовл.	3
Аллея «Вечный огонь»	11,1	смешанный	0,7	хорошее	2

В категории озеленённых территорий ограниченного пользования изучено 22 объекта в разных районах города. В данной категории так же были исследованы придомовые участки частного сектора одноэтажных домов (по улицам Тимирязева и Ленинградская), где озеленение отсутствует полностью или представлено 1–3 деревьями, кустарниками. Обычным являются очень старые насаждения с аварийными сухими ветвями или сильно обрезанные тополя, с чем и связано неудовлетворительное состояние (табл. 3) [6].

Таблица 3

Характеристика объектов озеленения ограниченного пользования

Объект озеленения, территория	Площадь, га	Породный состав	Сомкнутость крон	Состояние насаждений	Стадия дигрессии
«Больничный городок»	14,1	лиственный	0,6	удовл.	4
«Психиатрической больницы»	0,8	лиственный	0,8–0,9	хорошее	3
«Усольского индустриального техникума»	1,3	лиственный	до 0,4	хорошее	4
«Профессионального училища №11»	0,6	лиственный	0,5	хорошее	3
«Ангарского техникума сферы обслуживания»	0,9	лиственный	0,4	хорошее	3
Курорт «Усолье»	5,4	лиственный	0,4	хорошее	3
Ул. Интернациональная между д. 10–14	0,9	лиственный	0,7	удовл.	3
Ул. Куйбышева, д. 1	1,3	лиственный	0,7	хорошее	4
Ул. Толбухина, д. 1–7	12,0	лиственный	0,4	удовл.	4
Комсомольский проспект, д. 55	0,9	лиственный	0–0,2	неудовл.	4
Ул. Стопани, д. 23	2,7	лиственный	0,3	удовл.	3
Ул. Ленина, д. 103	3,1	лиственный	0,3	неудовл.	5
Ул. К. Либкнехта от д. № 61–57	5,9	лиственный	0,5	удовл.	3
Ул. К. Либкнехта у ГринКом-Банка	1,3	смешанный	0,4	неудовл.	5
Ул. Интернациональная между д. 34–36	2,8	лиственный	0,2	удовл.	5
Ул. Толбухина между д. 23–25	7,3	лиственный	0,4	удовл.	4
Ул. Куйбышева д. 11	4,1	лиственный	0,7	удовл.	2

Окончание табл. 3

Объект озеленения, территория	Площадь, га	Породный состав	Сомкнутость крон	Состояние насаждений	Стадия дигрессии
Ул. Серёгина между д. 31–39 и д. 35–37	2,3	лиственный	0,3	удовл.	3
Ул. Интернациональная д. 85	0,9	лиственный	0,2	неудовл.	4
Ул. Молотовая 80Б, 80.	3,7	лиственный	0,4	неудовл.	5
Ул. Тимирязева д. 28–32	3,1	смешанный	0,1	неудовл.	5
Ул. Ленинградская д. 23–29	4,0	смешанный	0,1	неудовл.	5

В категории озеленённых территорий специального назначения обследовано три санитарно-защитные зоны (СЗЗ) и три кладбища. Общая площадь исследования составила 45 га. На большей части в границах СЗЗ трёх изученных предприятий специальное и достаточное озеленение отсутствует (табл. 4.) [6].

Таблица 4

Характеристика зелёных массивов специального назначения

Объект озеленения	Площадь, га	Породный состав	Сомкнутость крон	Состояние насаждений	Стадия дигрессии
«Мусульманское кладбище»	2,9	смешанный	0,7	хорошее	2
«Городское кладбище»	23,2	смешанный	0,8	хорошее	3
«Старое кладбище»	12,6	смешанный	0,9	хорошее	1
СЗЗ «УсольеХимпром»	2,6	лиственный	0–0,4	хорошо	2
СЗЗ «УсольеМаш»	2,4	лиственный	0–0,4	удовл.	2
СЗЗ «ХимФарм»	1,3	лиственный	0–0,6	удовл.	2

Заключение

Результаты обследования более 30 объектов озеленения трёх категорий в разных районах города позволяют сделать ряд выводов:

1. Общая площадь обследованных участков составляет 1601 га, что составляет 20,2 % территории города.

2. Породный состав деревьев большинства объектов лиственный (25 объектов), реже смешанный (6 объектов), на двух объектах частного сектора представлен только редкими кустарниками. Данные свидетельствуют о искусственном происхождении и первичных стадиях зарастания. Лишь на 6 объектах можно отметить планировочное решение и специальную посадку деревьев и кустарников, для большинства объектов характерно самозаращение.

3. Сомкнутость древесно-кустарникового яруса: для 11 объектов – 0,7 и более, где растения образуют практически сплошной полог. На 17 объектах – сомкнутость 0,4 и меньше – разреженное состояние и единичное расположение.

4. Общее состояние зелёных насаждений выражается следующим соотношением 13:13:7 («хорошее»: «удовлетворительное»: «неудовлетворительное»), что отражает скорее накопленный потенциал и низкую интенсивность использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 28329-89. Озеленение городов. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2006. 14 с.
- ГОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru>.
- Методики оценки экологического состояния зелёных насаждений общего пользования Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: <http://gov.spb.ru>.
- Потапова Е. В. Методология анализа состояния озеленённых территорий населённых пунктов : монография. Иркутск : Изд-во ФГБОУ ВО «Иркут. нац. исслед. техн. ун-т», 2016. 160 с.
- Публичная кадастровая карта г. Усолье-Сибирское [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/maps/11272/usole-sibirskoe>.
- Соколова О. Е. Состояние и привлекательность некоторых объектов озеленения г. Усолье-Сибирское // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 20. С. 91–105.
- СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка городских и сельских поселений [Электронный ресурс]. RL: <http://www.complexdoc.ru>.