

Межгодовая изменчивость увлажнения территории Сибири по данным наблюдений

Постановка задачи

Существующие карты среднемноголетних месячных значений различных параметров увлажнения (потенциальная эвапотранспирация E_0 , коэффициент потенциальной эвапотранспирации E_0/P , относительное испарение E/E_0) по территории бывшего СССР, в том числе для Сибири, характеризуют климатические условия увлажнения до 1970 г. Для большей части Сибири они очень приблизительны из-за плохого покрытия гидрометеорологическими станциями, сложного рельефа и значительной пространственной неоднородности метеорологических характеристик, так что можно считать, что межгодовая изменчивость увлажнения в Сибири изучена недостаточно.

Цель работы – выявить особенности пространственно-временной изменчивости увлажнения и по этим оценкам районировать сибирскую часть России.

Идеология метода М.И.Будыко

Применительно к территории России наиболее адаптирован комплексный метод М.И. Будыко, который основан на представлении о пропорциональности испарения с влажной поверхности земли дефициту влаги, определяемому температурой испаряющейся поверхности. Тогда испарение в конкретный i -й месяц

$$E_{0ij} = E_{0j} (d_{ij} / d_j)^\chi, \text{ где } E_{0j} = \langle E_0 \rangle (d_j / \langle d \rangle)^\chi, \chi = C_{\langle E_0 \rangle} / C_{\langle d \rangle} = C_{E_{0i}} / C_{d_i}$$

где E_{0j} и d_j – соответственно средние многолетние значения потенциальной эвапотранспирации и дефицита влаги на j -й станции, треугольные скобки обозначают пространственное усреднение, параметр χ представляет собой отношение пространственных (временных) коэффициентов вариации (C) потенциальной эвапотранспирации и дефицита влаги.

Исходные данные

Использовались данные о температуре воздуха, относительной влажности и осадках на метеорологических станциях из архива ВНИИГМИ-МЦД (<http://aisori.meteo.ru/Climater>).

Поскольку значения осадков на станциях корректируются только на увлажнение осадкомеров, проведена дополнительная коррекция по учету систематических ошибок годового количества осадков по методике Богдановой и др., в результате чего они увеличились на 8-20%.

Из-за низкой плотности сети станций, которые расположены преимущественно в долинах крупных рек и поэтому лишь приблизительно отражают условия увлажнения на обширных территориях между ними, больших расстояний между станциями, также наличием пропусков данных были выбраны только 32 станции.

Также мы исключили территории Приамурья и Приморья из-за принципиального отличия ее климатических условий от других регионов Сибири.

Оценки потенциальной эвапотранспирации

Проведена параметризация средних многолетних значений E_0 по номограммам её зависимости от дефицита влаги для хвойной геоботанической зоны, по формуле

$$E_0 \text{ (апрель-октябрь)} = (a_0 + a_1 d) / (1 + a_2 d + a_3 d^2)$$

Из-за огромной меридиональной протяженности Сибири продолжительность холодного сезона существенно различается на севере и юге таежной зоны. Для более точного выявления холодного периода мы использовали информацию о месячной толщине снежного покрова в районе станции в окружающих её ячейках сетки, взятых из реанализа ECMWF ERA5 (<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/10.24381>). Если толщина снега была более 0,1 см, месяц относился к холодному периоду, а E_0 рассчитывался по формуле $E_0 \text{ (хол)} = 0,3nd$, n – количество дней в месяце.

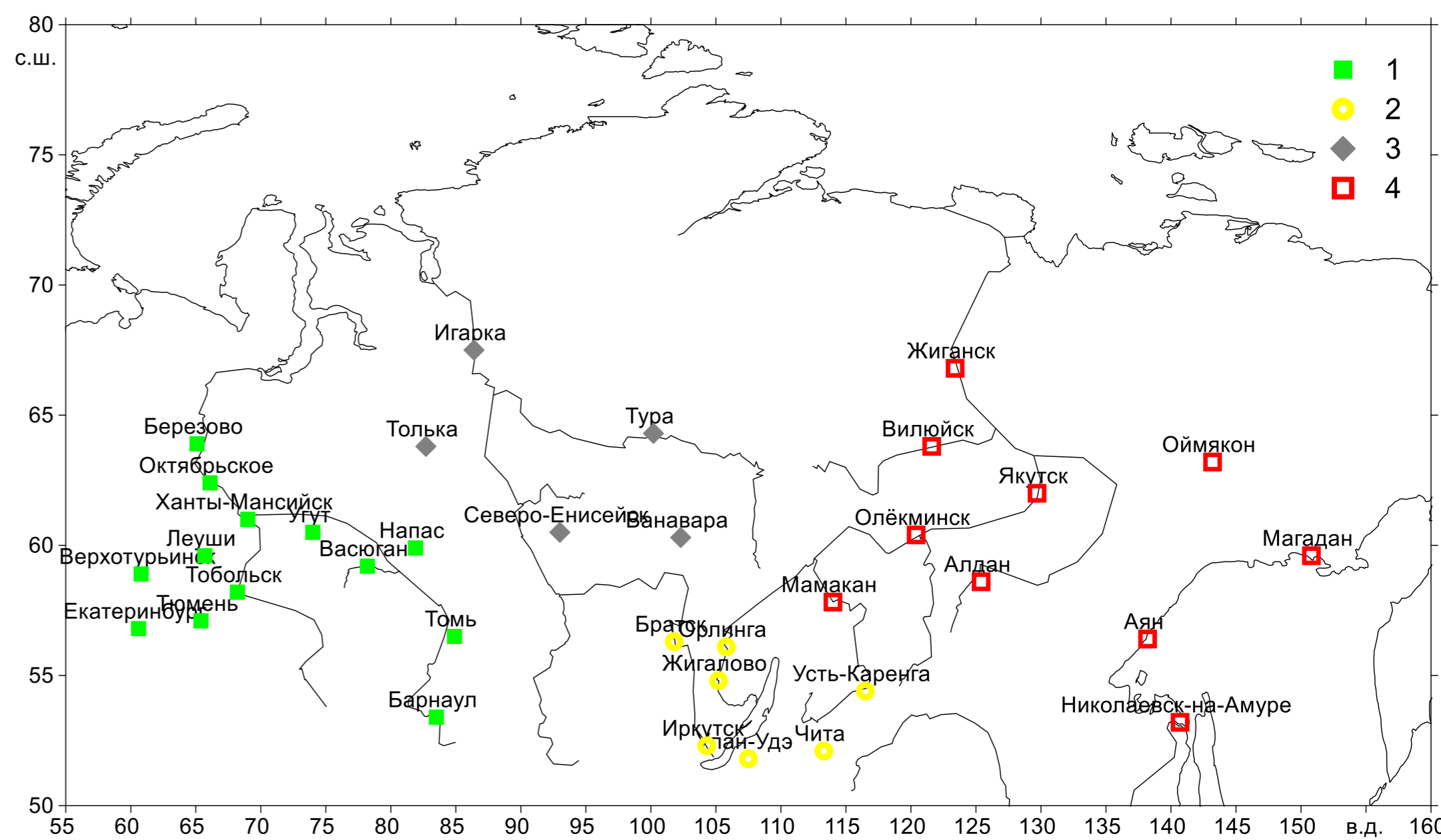
Рассчитанные значения коэффициентов вариации E_0 и d позволили определить коэффициент χ , необходимый для расчета среднемесячных значений E_0 .

Распределение статистических параметров компонентов E_0 для станций Сибири за 1981-2015 гг.

Параметр	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Число станций	25	35	35	5
$\langle E_0 \rangle$, см	116,47	112,73	81,96	57,55
$C_{\langle E_0 \rangle}$	0,08	0,12	0,12	0,18
$\langle d \rangle$, мБ	6,09	5,90	3,95	2,59
$C_{\langle d \rangle}$	0,25	0,26	0,23	0,25
$\chi = C_{\langle E_0 \rangle} / C_{\langle d \rangle}$	0,33	0,45	0,54	0,72

Районирование территории Сибири по межгодовой изменчивости характеристик увлажнения

Районирование территории Сибири по характеру межгодовой изменчивости выполнялось с использованием иерархической процедуры кластерного анализа (метод Уорда). Мы использовали аналог евклидовой метрики $d' = 1 - R$, где R – коэффициент корреляции между переменными.



Районирование территории Сибири на 4 региона по межгодовой изменчивости потенциальной эвапотранспирации, осадков и коэффициента потенциальной эвапотранспирации за 1981-2015 гг.: 1 – бассейн Оби, 2 – Байкальский регион, 3 – бассейн Енисея, 4 – бассейн Лены и восточной Сибири.

Выводы

- При районировании территории Сибири по характеру межгодовых колебаний годовых значений характеристик увлажнения выявлены четыре региона, три из которых расположены в бассейнах крупнейших рек: Оби, Енисея, Лены. Четвертый регион - Байкальский - представляет собой территорию вокруг озера Байкал.
- Межгодовая изменчивость E_0 практически одинакова во всех 4 регионах. Коэффициент вариации составляет 7-8%. Межгодовая изменчивость осадков значительно выше, их коэффициент вариации колеблется от 11% (бассейн Оби) до 16% (регион Байкала). Вариабельность E_0/P еще выше, достигая 23% в Байкальском регионе.
- Анализ тенденций показал, что потенциальная эвапотранспирация в Сибири растет, но эта тенденция значима только в бассейне Оби и в Байкальском регионе. Количество осадков, за исключением Байкальского региона, также увеличивается, значительные тренды наблюдаются в бассейнах Енисея и Лены. Что касается потенциальной эвапотранспирации, то значительный тренд имеет место только в Байкальском регионе из-за быстрого роста E_0 .

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного контракта FSZU-2020-0009 «Исследование физических, химических и биологических процессов в атмосфере и гидросфере в условиях изменения климата и антропогенных воздействий».

Распределение статистических параметров компонентов E_0 по районам Сибири за 1981-2015 гг.

Параметр	Среднее	СКО	C	Линейный тренд	
				Коэффициент, год ⁻¹	R ²
Бассейн Оби					
E_0 , мм/год	444,01	34,38	0,08	0,97	0,11
P, мм/год	601,88	64,63	0,11	1,63	0,07
E_0/P	0,75	0,13	0,17	-0,0001	0,00
Бассейн Енисея					
E_0 , мм/год	376,40	37,61	0,07	0,67	0,06
P, мм/год	442,62	56,11	0,13	2,40	0,19
E_0/P	0,73	0,14	0,19	-0,004	0,08
Бассейн Лены					
E_0 , мм/год	407,96	28,11	0,07	0,35	0,02
P, мм/год	462,34	53,33	0,12	1,98	0,16
E_0/P	1,01	0,16	0,16	-0,004	0,06
Байкальский регион					
E_0 , мм/год	472,11	32,31	0,07	1,89	0,39
P, мм/год	374,28	58,72	0,16	-1,26	0,05
E_0/P	1,47	0,34	0,23	0,015	0,21

