

УДК 551.58

*Д.В. Золотов, О.П. Николаева, Д.В. Черных*

**Динамика атмосферного увлажнения  
западной части Алтайского края  
как характеристика климатогидрологического фона**

*D.V. Zolotov, O.P. Nikolaeva, D.V. Chernykh*

**Dynamics of Atmospheric Humidification  
of the Western Part of the Altai Territory  
as the Characteristic of a Climatic-hydrologic Background**

Показано, что, несмотря на преобладание значимой положительной корреляции по коэффициенту увлажнения между 19 метеостанциями в 1966/67–2000/01 гг., картографическое отображение зон увлажнения западной части Алтайского края в конкретные годы носит индивидуальный характер.

**Ключевые слова:** атмосферное увлажнение, климатогидрологический фон, коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова, гидрологический год.

It is shown that in spite of predominance of significant positive correlation on evaporation ratio between 19 weather stations in 1966/67–2000/01, cartographic illustration of humidification zones of the western part of the Altai Territory in concrete years have individual character.

**Key words:** atmospheric humidification, climatic-hydrologic background, Vysotsky-Ivanov humidification ratio, hydrologic year.

**Введение**

Ландшафтно-гидрологические исследования предполагают описание климатогидрологического фона. Основной характеристикой последнего является соотношение тепла и влаги на площади ландшафтного выдела.

Атмосферное увлажнение по годам подвержено существенным колебаниям, которые при общей относительной синхронности могут иметь и противоположное направление у конкретных метеостанций.

Ландшафтно-гидрологические исследования в модельном бассейне (фрагмент бассейна р. Касмала с замыкающим створом в с. Рогозиха) потребовали картографической характеристики климато-гидрологического фона этого водосбора и смежных территорий. В качестве участка для определения фона атмосферного увлажнения был выбран «квадрат», охватывающий западную часть края.

**Методика**

В результате анализа подходов к оценке гидро-термических условий был выбран метод гидролого-климатических расчетов [1–2], позволяющий количественно представить условия увлажнения в виде географического распределения коэффициента увлажнения.

Существует более 20 способов выражения такого коэффициента [3].

В связи с недостаточной обеспеченностью метеоданными, а именно измеренными значениями годовой

испаряемости, в основу определения коэффициента увлажнения нами была положена методика расчета этого показателя Э.Г. Коломыца [3]. Концептуально расчет коэффициента основывается на формуле Высоцкого-Иванова

$$K_{увл.} = R/E,$$

где  $K_{увл.}$  – коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова;  $R$  – годовое количество осадков;  $E$  – годовая испаряемость.

Годовая испаряемость, как показал Э.Г. Коломыц [3], напрямую зависит от средней июльской температуры и рассчитывается по формуле

$$E = 1384 - 161,6 t_{июля} + 6,245 t_{июля}^2.$$

**Группировка данных**

В результате анализа доступных данных были выделены 19 метеостанций западной части Алтайского края: Алейская ж.-д. ст. (1), Баево (2), Барнаул агро (3), Благовещенка (4), Волчиха АМСГ (5), Змеиногорск (6), Камень-на-Оби АМСГ (7), Ключи (8), Краснощечково (9), Кулунда (10), Мамонтово АМСГ (11), Ребриха (12), Родионо (13), Рубцовск АМСГ (14), Славгород (15), Тальменка (16), Угловское (17), Хабары АМСГ (18), Шелаболиха (19). Данные по месячным суммам осадков и средним температурам взяты на сайте Всероссийского НИИ гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД, г. Обнинск, <http://www.meteo.ru>).

Годовое количество осадков было подсчитано по гидрологическим, или балансовым, годам (с ноября

по октябрь) за период 1966/67–2000/2001 гг. (35 лет). Верхняя граница этого временного периода определялась доступностью данных для всех станций, тогда как нижняя – методикой измерений: с января 1966 г. непосредственно на всех метеостанциях СССР стали вводить поправку на смачивание ( $K_3$ ).

Для изучения взаимосвязи между выбранными метеостанциями по атмосферному увлажнению (табл. 1) был использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $\rho$ ), который принимает значения от -1 до 1, при  $\rho=1$  наблюдается строгая прямая линейная зависимость, а при  $\rho=-1$  – обратная. Традиционно считается, что этот коэффициент лучше подходит для последовательностей данных с наличием трендов и выбросов, чем коэффициент Пирсона. Для 35 лет при вероятности ошибки 0,05 критическое значение  $\rho=0,33$ , менее которого наблюдается слабая теснота связи, т.е. корреляция незначима. Если  $0,33 \leq \rho < 0,70$ , имеет место умеренная или средняя теснота связи, а при  $\rho > 0,70$  – сильная теснота связи.

Если не учитывать связи станций самих с собой, то получается 171 (100%) пара сравниваемых станций. Из них слабая связь наблюдается всего между 6 парами (3,5%), средняя – между 91 (53,2%) парой и сильная – между 74 (43,3%). Из всех станций особняком стоит Тальменка, только у нее отмечается незначимая корреляция с 6 другими станциями. Кроме того, выделяется станция Ключи, у которой, в отличие от всех других, не считая Тальменку, отсутствуют сильные связи с другими станциями. Обе станции занимают краевое положение в пределах исследуемого «квадрата» и, вероятно, находятся под влиянием иных климатических закономерностей, чем основной массив. Две станции Северо-Западного Алтая (Змеиногорск и Красноще-

ково) хорошо (средне и сильно) связаны со всеми рассматриваемыми станциями, расположенными на Приобском плато и в Кулундинской низменности. Таким образом, весь массив значений коэффициента увлажнения по метеостанциям связан прямой линейной зависимостью.

Динамика коэффициента увлажнения двух смежных сильно связанных (табл. 1) метеостанций (рис. 1) в сходных топологических, но разных зональных условиях показывает, что при сохранении общей закономерности в отдельные годы этот показатель в Мамонтово (умеренно-засушливая степь) превосходит таковой в Ребрихе (южная лесостепь). Это наблюдается и при сравнении трех более удаленных метеостанций, находящихся в различных как зональных, так и топологических условиях (рис. 2), связанных сильно и средне.

Анализ графиков коэффициента увлажнения в выбранный период позволил выделить модельные кризисные «сухой» и «влажный», а также «средний» годы и сравнить их со среднемноголетними значениями. Из таблицы 2 видно, что в кризисные годы коэффициент увлажнения конкретной метеостанции может до двух и более раз отклоняться от среднемноголетних значений.

В «сухой» год по всем метеостанциям коэффициент увлажнения меньше, чем во «влажный» (рис. 3). Только в Баево в «средний» год увлажнение оказалось выше, чем во «влажный» (табл. 2), тогда как пересечение графиков среднемноголетнего коэффициента и «среднего» года вполне закономерно. Такая ситуация благоприятна для картографической визуализации пространственного распределения атмосферного увлажнения в выбранный период и в отдельные годы.

Таблица 1

Матрица ранговой корреляции Спирмена по коэффициенту увлажнения для 19 метеостанций Алтайского края в 1966/67–2000/01 гг.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1																		
2		1																	
3			1																
4				1															
5					1														
6						1													
7							1												
8								1											
9									1										
10										1									
11											1								
12												1							
13													1						
14														1					
15															1				
16																1			
17																	1		
18																		1	
19																			1



Рис. 1. Сравнение динамики коэффициента увлажнения по метеостанциям Ребриха и Мамонтово в 1966/67–2000/01 гг.

Таблица 2

Отклонения коэффициента увлажнения по годам от среднеемноголетнего

Метеостанция	Коэффициент увлажнения ( $K_{увл.}$ )			
	среднеемноголетний 1966/67–2000/01 гг.	«средний» 1970/71 г.	«сухой» 1998/99 г.	«влажный» 1971/72 г.
1. Алейская	0,63	0,65	0,35	1,15
2. Баево	0,51	0,64	0,31	0,58
3. Барнаул агро	0,74	0,81	0,38	1,22
4. Благовещенка	0,38	0,51	0,19	0,86
5. Волчиха АМСГ	0,53	0,72	0,30	0,84
6. Змеиногорск	1,18	1,38	0,75	2,17
7. Камень-на-Оби АМСГ	0,54	0,63	0,29	1,06
8. Ключи	0,41	0,49	0,29	0,73
9. Краснощеково	0,71	0,80	0,42	1,23
10. Кулунда	0,40	0,48	0,28	0,71
11. Мамонтово АМСГ	0,60	0,66	0,39	1,0
12. Ребриха	0,66	0,80	0,29	0,99
13. Родино	0,48	0,78	0,29	0,81
14. Рубцовск АМСГ	0,56	0,54	0,25	1,22
15. Славгород	0,45	0,43	0,21	0,84
16. Тальменка	0,81	0,74	0,52	1,11
17. Угловское	0,38	0,40	0,21	0,74
18. Хабары АМСГ	0,56	0,69	0,22	0,96
19. Шелаболиха	0,57	0,71	0,30	1,20

Для совокупности 19 станций по коэффициенту увлажнения в отдельные годы и в среднеемноголетнем срезе наблюдается разная теснота связи (табл. 3). При вероятности ошибки 0,05 критическое значение  $\rho=0,46$ . Только между «средним» и «влажным», «влажным» и «сухим» годами отмечается средняя теснота связи, в остальных случаях – сильная.

#### Алгоритм построения карт

При построении карт атмосферного увлажнения применен модуль ArcGIS Spatial Analyst, позволяющий строить изолинейные карты с помощью методов интерполяции данных между точками наблюдений. В нашем исследовании мы использовали метод сплайнов, так как именно он лучше всего подходит для построения климатических карт.

Для картографической визуализации использована общепринятая [4] градация коэффициента увлажнения и основанная на этом классификация климатов (табл. 4). Зонально семигумидные климаты соответствуют лесостепной зоне, семиаридные – степной, аридные – полупустынной, экстрааридные – пустынной. Гумидные климаты, как правило, свойственны

лесной зоне и поясу в горах. Анализ полученных карт атмосферного увлажнения (рис. 4–7) показывает, что при общем направлении увеличения увлажнения с юго-запада на северо-восток и юго-восток (к горам Алтая) очертания зон увлажнения в конкретные годы отличаются от среднемноголетнего их распределения.

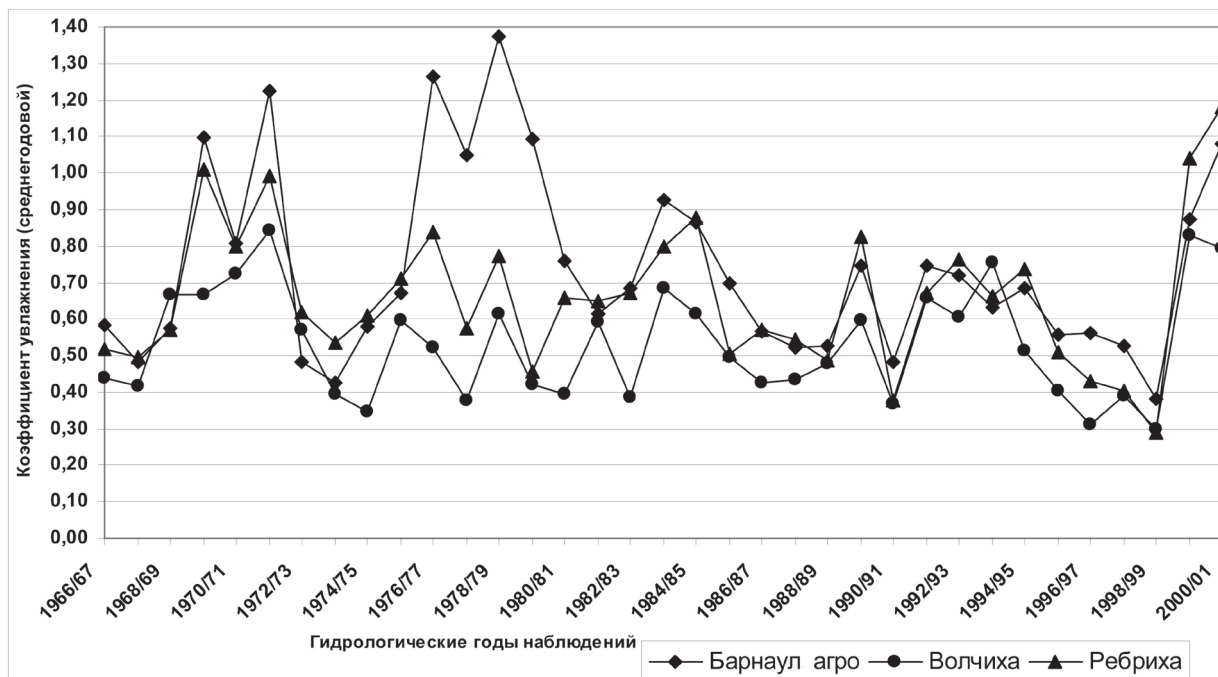


Рис. 2. Сравнение динамики коэффициента увлажнения по метеостанциям Барнаул агро, Волчиха и Ребриха в 1966/67–2000/01 гг.

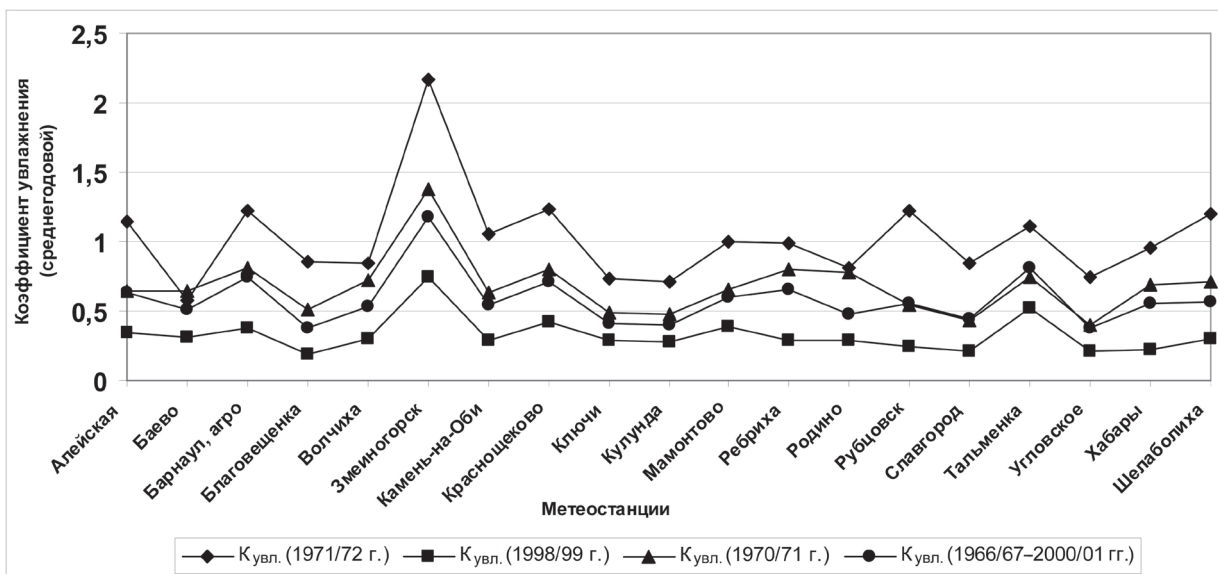


Рис. 3. Коэффициент увлажнения в «сухой» (1998/99 г.), «влажный» (1971/72 г.), «средний» (1970/71 г.) и среднемноголетний (1966/67–2000/01 гг.) периоды

Таблица 3

Матрица ранговой корреляции Спирмена по коэффициенту увлажнения для 19 метеостанций между отдельными годами и среднеголетним значением

Коэффициент увлажнения	среднеголетний 1966/67–2000/01 гг.	«среднего» 1970/71 г.	«сухого» 1998/99 г.	«влажного» 1971/72 г.
среднеголетний	1,00			
«среднего» года	0,82	1,00		
«сухого» года	0,80	0,72	1,00	
«влажного» года	0,82	0,60	0,53	1,00

Таблица 4

Классификация климатов по градации коэффициента увлажнения

Климаты	Коэффициент увлажнения
Очень влажные (экстрагумидные)	Более 1,33
Влажные (гумидные)	1,33–1
Полувлажные (семигумидные)	1–0,55
Полусухие (семиаридные)	0,55–0,33
Сухие (аридные)	0,33–0,12
Очень сухие (экстрааридные)	Менее 0,12

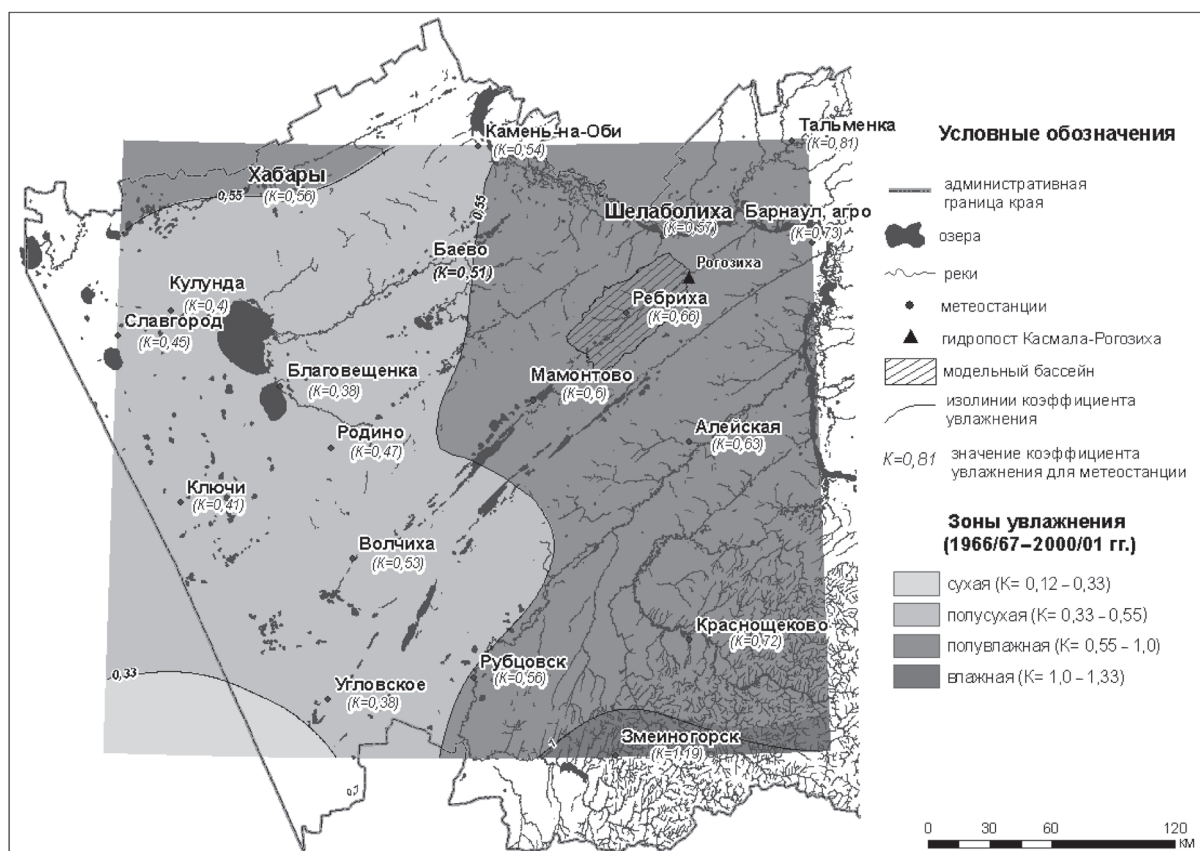


Рис. 4. Распределение среднеголетнего атмосферного увлажнения

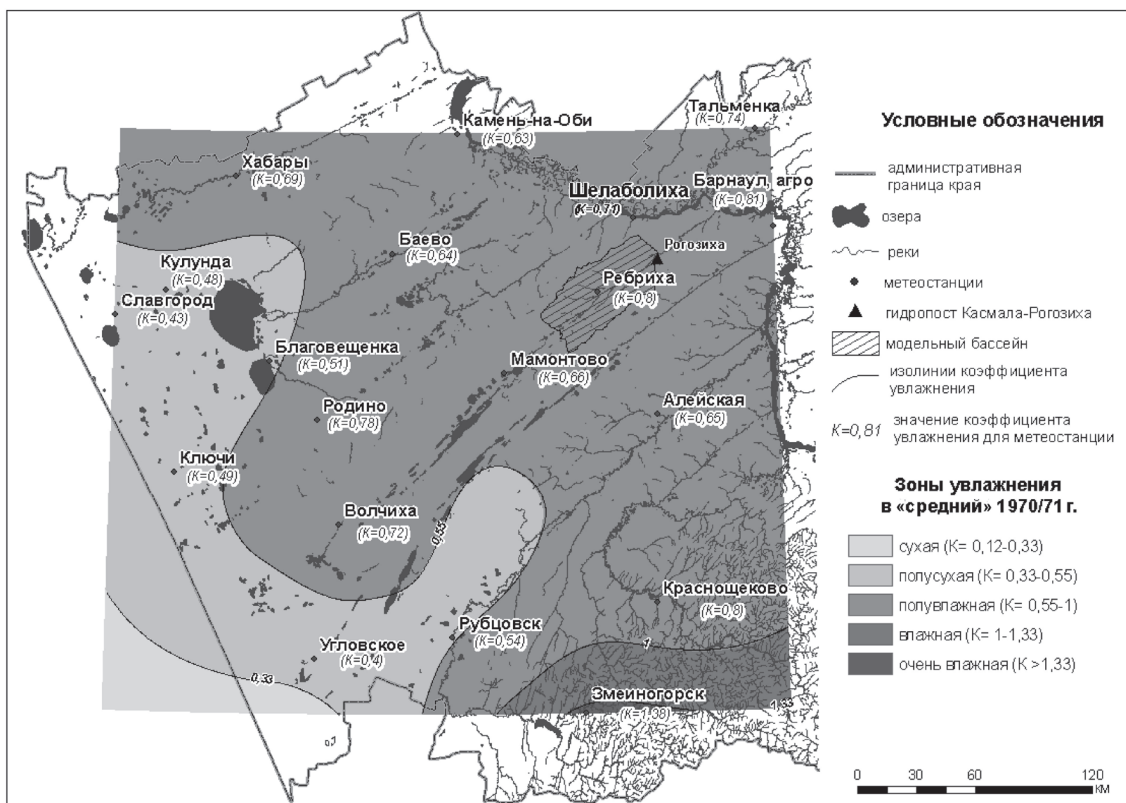


Рис. 5. Распределение атмосферного увлажнения в «средний» период – 1970/71 г.

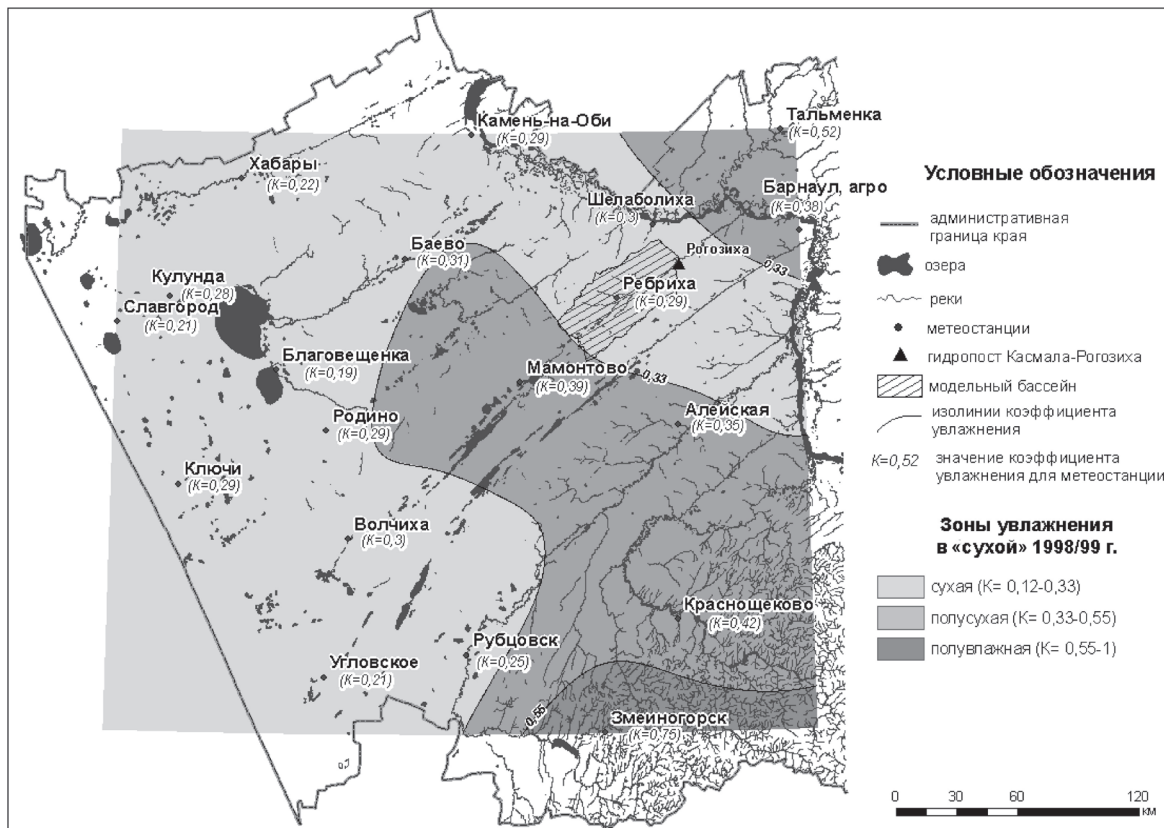


Рис. 6. Распределение атмосферного увлажнения в «сухой» период – 1998/99 г.

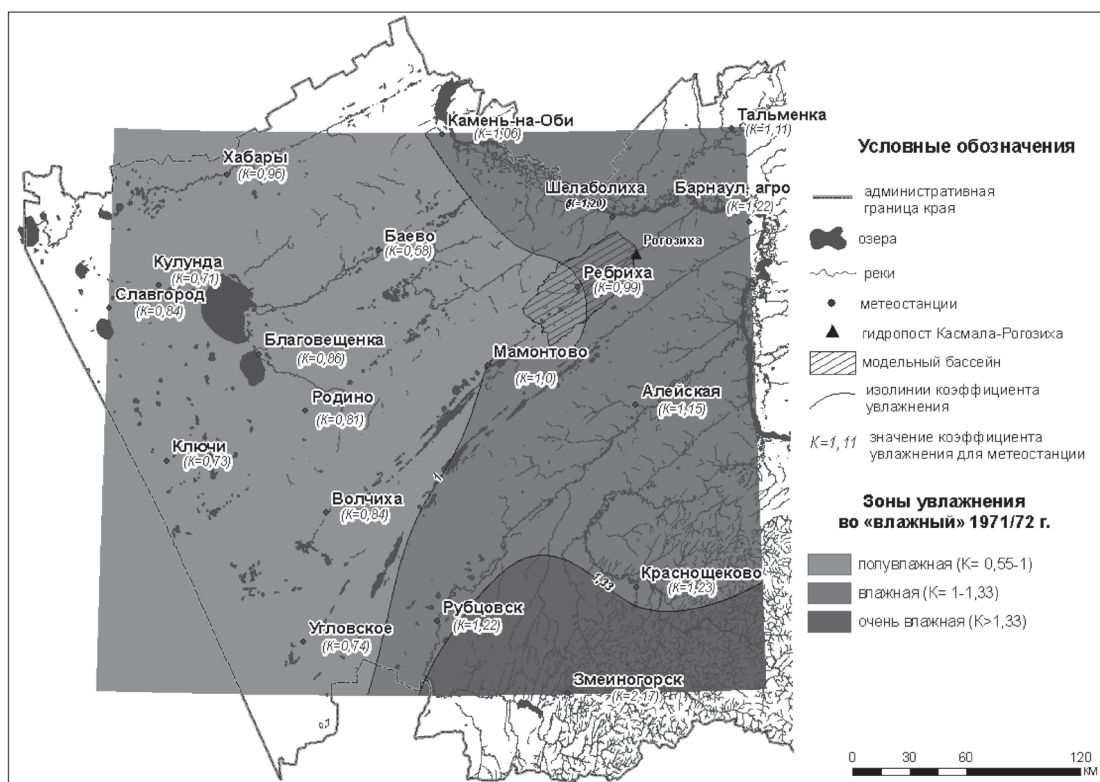


Рис. 7. Распределение атмосферного увлажнения во «влажный» период – 1971/72 г.

### Выводы

1. В целом атмосферное увлажнение в западной части Алтайского края хорошо связано прямой линейной зависимостью, что приводит к взаимосвязанному, относительно синхронному изменению его по годам.
2. Коэффициент увлажнения конкретных метеостанций в кризисные годы очень сильно отклоняется от среднееголетних значений, так, что климат этих пунктов по атмосферному увлажнению может соответствовать другим природным зонам и высотным поясам.
3. В отдельные годы между метеостанциями западной части Алтайского края не выполняются

соотношения среднееголетних коэффициентов увлажнения за рассматриваемый период, которые могут изменяться вплоть до обратных.

4. Динамика коэффициента увлажнения в конкретных географических пунктах западной части Алтайского края приводит к тому, что в разные рассматриваемые годы рисунок зон увлажнения принимает индивидуальный характер, который не соответствует или только в общих чертах соответствует среднееголетнему. Другими словами, не происходит правильное смещение зон увлажнения по постоянным осям или градиентам.

### Библиографический список

1. Мезенцев В.С. Некоторые данные исследований условий увлажнения Западной Сибири // Изв. Новосиб. отд. Географ. об-ва СССР. – 1958. – Вып. 2.
2. Мезенцева О.В. Главные гидрологические рубежи и зона оптимального увлажнения Евразии // Вестник Тюменского госуниверситета. – 2009. – №3.
3. Коломыц Э.Г. Локальные коэффициенты увлажнения и их значения для экологических прогнозов // Изв. РАН. Серия географическая. – 2010. – №5.
4. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. – М., 2000.