

УДК 911.2: 574.9 (282.255.5)

Т.А. Базарбаева

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: Result2802@mail.ru

### **Структурно-динамический анализ геосистем бассейнов рек юго-восточной части Прибалхашья**

В статье рассматривается структурно-динамический анализ геосистем бассейнов рек юго-восточной части Прибалхашья. Представлены результаты исследования динамики геосистем, полученные на базе моделей корреляций вещественно-энергетических показателей, использованные при составлении геоинформационной системы Каратал-Лепсинского междуречья. Геосистема – это единство процесса и результата, генезиса и современной организации, функционирования и структуры, а также состояния на каждый момент времени. В ландшафтообразующих процессах мезогеосистем или субгеосистем основополагающую роль играют склоновые процессы, процессы эрозии и аккумуляции в бассейне реки, зависящие от геолого-геоморфологических и гидроклиматических факторов. Также энергия потока воды в разных временных аспектах играет основную функцию, так как разные части бассейна сформированы в разное время. Проанализировано современное состояние геосистем, обусловленное функциями рек Каратал, Аксу, Лепсы.

**Ключевые слова:** геосистема, географический сток, динамика, ландшафты, Каратал-Лепсинское междуречье, функционирование, бассейны рек, юго-восток, Прибалхашье, макрогеосистемы, субгеосистемы, энергия потока, моделирование, параметры.

T.A. Bazarbayeva

### **The structural and dynamic analysis of geosystems basins south-eastern part of the Balkhash**

The article discusses the structural and dynamic analysis of geosystems basins south-eastern part of the Balkhash. The results of the study of geosystems' dynamics were showed, obtained on the basis of models of real-correlation energy indicators used in the preparation of geographic information system-Lepsinsk Karatal interfluve. Geosystem - the unity of the process and results, the genesis and modern organization, functioning and structure, as well as the status at each time point. In the landscape forming process of meso geosystems or sub geosystems fundamental role played by slope processes, the processes of erosion and accumulation in the basin, depending on the geological and geomorphological and hydroclimatic factors. Also, the energy of the water flow in the various time aspects are playing basic function, since different parts of the basin are formed at different times. The modern state of geosystems was analyzed, in condition functions rivers Karatal, Aksu, Lepsy.

**Key words:** geosystem, geographical flow, dynamic, landscapes, Karatal-Lepsinsk interfluve, functioning, basins, south-east, Balkhash, macro geosystems, sub geosystems, energy flow, modeling, parameters.

Т.А. Базарбаева

### **Балқаш маңы оңтүстік-шығыс бөлігінің өзендерінің құрылымды-динамикалық талдауы**

Мақалада Балқаш маңы оңтүстік-шығыс бөлігінің өзендерінің құрылымды-динамикалық талдауы қарастырылады. Қаратал-Лепсі өзен аралығының геоинформатикалық жүйелерін дайындауда қолданылған затты-энергетикалық көрсеткіштердің корреляция үлгілерінің негізінде алынған геожүйе динамикасының зерттеу нәтижелері көрсетілген. Геожүйе – бұл үдерістің және нәтиженің, ге-

незиз және қазіргі ұйымдастырудың, қызметінің және құрылымының, сонымен қатар уақыттың әр мезетіндегі жағдайының тұтастығы. Мезогеожүйе немесе субгеожүйедегі ландшафт түзуші үдерістерінде беткейлік үдерістер, геологиялық геоморфологиялық және гидроклиматтық факторларға байланысты өзен бассейніндегі эрозия және аккумуляция үдерістері жетекші рөлді атқарады. Сонымен қатар судың энергиялық ағыны түрлі уақыт аспектісінде негізгі функцияны атқарады, себебі бассейнің әртүрлі бөліктері түрлі уақыт аралығында қалыптасқан. Қаратал, Ақсу, Лепсі өзендерінің функциясымен қалыптасқан геожүйелердің қазіргі жағдайы талданған.

**Түйін сөздер:** геожүйе, географиялық ағын, динамика, ландшафт, Қаратал-Лепсі зен аралығы, қызметтілігі, өзен бассейні, оңтүстік-шығыс, Балқаш маңы, макрогеожүйелер, субгеожүйелер, энергия ағыны, үлгілеу, параметрлер.

Геосистемы бассейнов рек юго-восточной части Прибалхашья уникальны и своеобразны. Закономерности пространственно-временного распространения геосистем наиболее полно познаются при комплексном системном подходе с использованием гидролого-географических методов познания природной среды и позволяют определить роль географического стока в процессах развития и динамики геосистем. Понятие «геосистема» охватывает весь иерархический ряд природных географических единств от географической оболочки до ее элементарных структурных подразделений. Имеющиеся унифицированные подходы [1-7] в изучении природно-территориальных комплексов Казахстана неприемлемы для изучения природной среды исследуемого региона. Как известно, процессы формирования, развития и эволюции геосистем бассейнов рек Каратал-Лепсинского междуречья находятся в зависимости от зарегулированного стока.

При изучении бассейнов рек юго-восточной части Прибалхашья выделены три макрогеосистемы: Каратальская, Аксуская, Лепсинская; двенадцать субгеосистем: Мукурская, Коксуская, Байгазы-Быжыкская, Кора-Шыжынская, Буйен-Теректинская, Копалинская, Кызылагашская, Копинская, Улкен-киши Басканская, Теректинская, Агыныкаттинская, Шиликтинская. В основе динамики и эволюции геосистем заложены условия формирования и развития самого речного бассейна.

Результаты исследования динамики геосистем, полученные на базе моделей корреляций вещественно-энергетических показателей, использованы при составлении геоинформационной системы Каратал-Лепсинского междуречья (КЛМ). Составленные модели геосистем КЛМ как сменяющих друг друга состояний реализуются на основе как собственных наблюдений, так и исследований широкого круга специалистов естественно-научного профиля [8-10]. Геосистема – это единство процесса и результата,

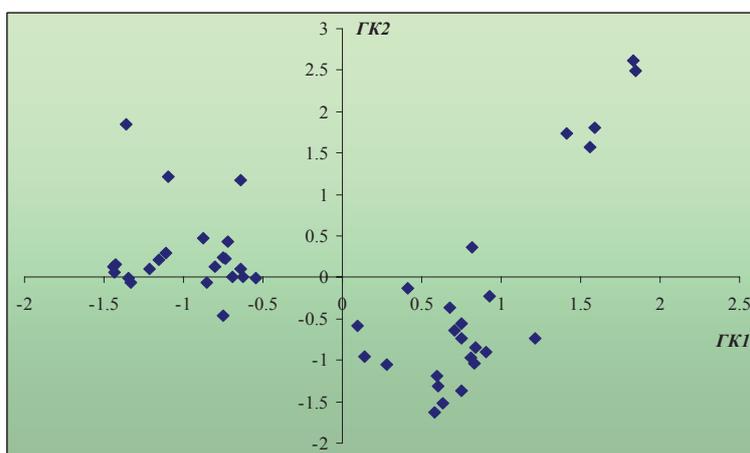
генезиса и современной организации, функционирования и структуры, а также состояния на каждый момент времени. В ландшафтообразующих процессах мезогеосистем или субгеосистем основополагающую роль играют склоновые процессы, процессы эрозии и аккумуляции в бассейне реки, зависящие от геолого-геоморфологических и гидроклиматических факторов. Также энергия потока воды в разных временных аспектах играет основную функцию, так как разные части бассейна сформированы в разное время [11-12].

Современное состояние геосистем исследуемого региона обусловлено функциями рек Каратал, Ақсу, Лепсы. Макрогеосистемы имеют следующие главные физико-географические особенности: доминирование ледниково-снегового питания в самом процессе функционирования рек и притоков; высокое гипсометрическое положение, наличие высотных ландшафтных поясов широтного направления; зарегулированность поверхностного стока в главных и малых артериях бассейна, определяющих функционирование и современное состояние ландшафтов. Каждая из выделенных макрогеосистем состоит из долинных мезогеосистем, подгеосистем по интенсивности и субгеосистем, выделенных по бассейнам притоков первого порядка. Геосистемы Каратал-Лепсинского междуречья также имеют много общих черт, кроме единого типа питания: общность литогенной основы геосистем, единый геохимический сток, пространственное единение устьевых частей рек. Одним из специфических ландшафтных признаков геосистем бассейнов данных рек является их структурная целостность [13-14].

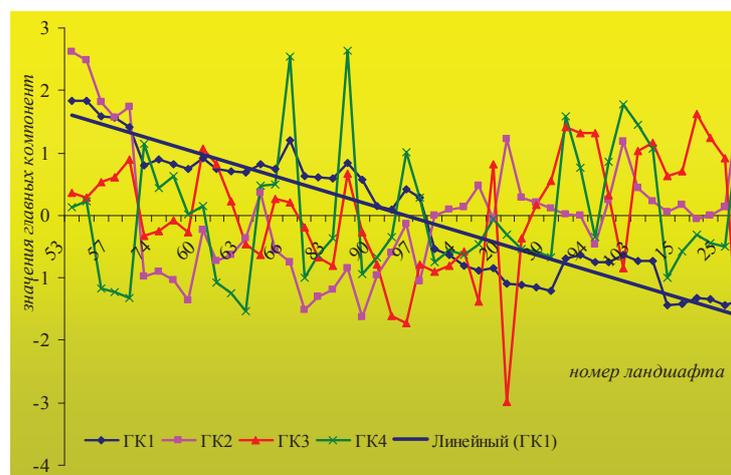
Рельеф КЛМ с запада на восток все более осложняется ступенчатостью склонов и ярусностью древних поверхностей выравнивания. Интенсивно развитая речная сеть расчленяет поверхности выравнивания на системы междуречий, в пределах которых ступени плоских плато чередуются с останцовыми холмами.

**Таблица 1** – Матрица компонентных нагрузок для многомерной статистической модели ландшафтов каратальской макрогеосистемы (цветом показаны нагрузки ниже статистически значимых)

Характеристики ландшафтов	Компонентные нагрузки									
	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5	ГК6	ГК7	ГК8	ГК9	ГК10
СлСт	0,708	0,598	0,236	-0,220	0,137	-0,043	0,076	0,005	0,095	0,043
Биопр	0,559	0,375	0,142	0,719	-0,074	-0,034	0,049	-0,033	0,000	-0,002
СуСоРад	-0,932	0,192	0,033	-0,019	0,005	0,248	0,155	-0,085	-0,018	0,032
КолОсадк	0,832	0,460	0,083	-0,061	0,000	0,198	-0,211	-0,004	-0,019	-0,033
КоэфУвл	0,964	0,058	0,030	-0,047	0,195	-0,025	0,089	0,036	-0,124	0,020
КоэфВарСт	0,656	-0,645	-0,196	0,257	0,155	0,132	-0,035	0,029	0,053	0,060
Водообеспеч	0,196	-0,506	0,838	-0,042	-0,035	0,023	-0,001	-0,017	-0,004	-0,006
МутРечВод	-0,930	0,207	0,166	0,128	0,007	0,063	0,013	0,211	0,000	0,003
МакРечСт	0,949	-0,168	-0,125	-0,067	-0,051	0,084	0,159	0,043	0,032	-0,114
МинРечСт	0,931	-0,021	-0,082	-0,156	-0,298	0,029	0,039	0,047	-0,015	0,086



**Рисунок 1** – График распределения значений ГК1 и ГК2



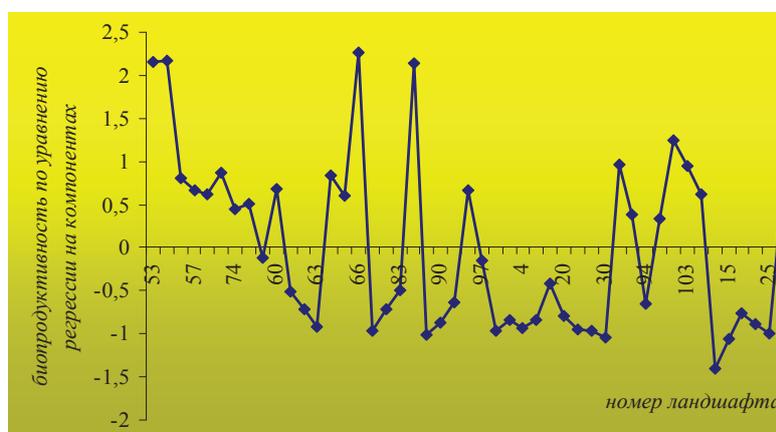
**Рисунок 2** – График изменения значений главных компонент для ландшафтов Каратальской макрогеосистемы

С севера на юг по мере увеличения выходов коренных пород увеличиваются площади сильнорасчлененных морфогенетических комплексов, а также геосистем, отличающихся от зональных пустынных и предгорных полупустынных. Возвышенности отличаются пониженным уровнем грунтовых вод и более интенсивным поверхностным и подземными стоком. В связи с этим на территории КЛМ литогенные компоненты в различной степени преломляют, а подчас и определяют дифференциацию биоклиматических компонентов геосистем. Взаимодействие этих двух групп природных компонентов обусловило современный облик ландшафтной структуры геосистем.

При рассмотрении геосистем применены принципы и методы моделирования геосистем речных бассейнов [15-16]. Компонентный анализ – один из методов многомерной статистики, в его основу положена гипотеза: наблюдаемые или измеряемые параметры являются лишь косвенными характеристиками изучаемого объекта или явления. На самом же деле существуют внутренние параметры или свойства, число которых мало и которые определяют значения наблюдаемых параметров. Эти внутренние параметры, называемые главными компонентами, как предполагается, сохраняют всю информацию, содержащуюся во множестве наблюдаемых переменных. Изучение биопродуктивности ландшафтов Каратальской макрогеосистемы осуществлялось на основе выборки наиболее типичных ландшафтов с помощью модели многомерной статистики – компонентного анализа. В качестве исходных параметров выбирались численные

значения энергетических и влажностных характеристик ландшафтов – суммарная солнечная радиация (СуСоРад), среднегодовое количество осадков (КолОсадк), слой стока (СлСт), коэффициент увлажнения (КэфУвл), коэффициент вариации стока (КэфВарСт), водообеспеченность (Водообеспеч), мутность речных вод (МутРечВод), максимальный и минимальный речной сток (МакРечСт, МинРечСт), биопродуктивность (Биопр) принималась в качестве зависимой переменной от перечисленных характеристик через уравнение регрессии на главных компонентах. Полученные в результате обработки исходных данных нагрузки на признаки приводятся в таблице 1. Смысловое содержание нагрузок рассматривают посредством коэффициентов взаимосвязи конкретного признака с компонентой, поэтому статистическую значимость можно определять по обычным статистическим таблицам для парных коэффициентов корреляции в зависимости от длины выборки.

Компонентный анализ, как любая статистическая модель, требует проверки выборки на однородность. Для проверки многомерного распределения воспользуемся приемом построения графиков распределения значений компонент в пространстве ГК1 и ГК2 (рис. 1). Эти компоненты отражают в сумме около 80% суммарной дисперсии признаков. Как видно из рисунка, на точечном графике можно выделить несколько групп ландшафтов, имеющих более тесную связь между собой, чем с остальными группами. Так, в первую группу (в области отрицательных значений ГК1) выделились следующие ландшафты: 1, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 19, 24, 25, 27, 28, 30, 32.



**Рисунок 3** – График изменения нормированных значений биопродуктивности ландшафтов Каратальской макрогеосистемы

К этой группе примыкает еще одна небольшая подгруппа – 20, 31, 101. Во вторую группу (в области положительных значений ГК1) выделились ландшафты: 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 74, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 87, 90, 96, 97, 99. Несколько особняком от этой группы расположена третья группа – ландшафты с номерами 53, 54, 56, 57, 58.

Таким образом, прием построения графиков распределения значений компонент в пространстве 1 и 2 главных компонент четко отразил геоморфологический фактор формирования ландшафтов.

Характер изменения значений этих компонент для ландшафтов по мере уменьшения их абсолютных высот можно видеть на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, упорядоченное в соответствии с геоморфологическими характеристиками расположение ландшафтов в матрице исходных данных привело к закономерному виду хода кривой, отображающей значения первой главной компоненты. Эта закономерность четко прослеживается по линейному тренду компоненты. Максимальные ее значения приходятся на горные ландшафты, минимальные – на равнинные. Если учесть, что эта компонента объясняет 64% суммарной дисперсии, становится ясным, что главным региональным фактором формирования ландшафтов бассейна р. Каратал является геоморфологический.

Далее рассматривали условия формирования высокой биопродуктивности ландшафтов на основе анализа ее связи с процессами формирования. Как следует из теории компонентного анализа, любой признак можно представить как линей-

ную комбинацию главных компонент. Используя матрицу компонентных нагрузок (см. табл. 2), с учетом только статистически значимых нагрузок, получим следующее уравнение регрессии для биопродуктивности на главных компонентах:

$$\text{Биопр} = 0,5592 \cdot \text{ГК1} + 0,375 \cdot \text{ГК2} + 0,7186 \cdot \text{ГК4}$$

Эти три компоненты объясняют 96,97% дисперсии признака Биопр, причем более половины (51,64%) – ГК4, 31,27% – ГК1, и лишь 14,06% – ГК2.

Следует напомнить, что по этому уравнению мы получим нормированные значения биопродуктивности, когда средние ее значения окажутся близкими к нулю, большие положительные значения означают максимальную для бассейна р. Каратал биологическую продуктивность ландшафтов, а отрицательные значения будут отмечаться для ландшафтов с производительностью ниже среднего ее значения по бассейну. Результаты расчетов биопродуктивности по этому уравнению для всех ландшафтов представлены в виде графика (рис. 3), который дает четкое представление о диапазоне изменений биопродуктивности и поможет в разработке классификационной шкалы.

Для удобства обозрения результатов разработана цветовая квалификационная шкала (таблица 1). Для ее построения весь диапазон нормированных значений биопродуктивности (таблица 2) разбит на пять классов, как чаще всего делается в географических и экологических классификациях. Исходные значения главных компонент брались из табл. 3.

**Таблица 2** – Цветовая классификационная шкала продуктивности ландшафтов

Класс 1		Класс 2		Класс 3		Класс 4		Класс 5	
максимальная биопродуктивность		высокая биопродуктивность		средняя биопродуктивность		пониженная биопродуктивность		низкая биопродуктивность	
- > 2		- 1-2		- 0-1		- 0 - -1		- < -1	

**Таблица 3** – Классифицированные результаты расчета биопродуктивности ландшафтов Каратальской макроэкоисотемы по уравнению регрессии на главных компонентах

№ ландшафта	Биопродуктивность ландшафта по регрессии на компонентах	№ ландшафта	Биопродуктивность ландшафта по регрессии на компонентах	№ ландшафта	Биопродуктивность ландшафта по регрессии на компонентах
53	2,14866686	81	-0,966736	28	-0,9579924
54	2,1693514	82	-0,70905516	30	-1,0400042

Продолжение таблицы 3

№ ландшафта	Биопродуктивность ландшафта по регрессии на компонентах	№ ландшафта	Биопродуктивность ландшафта по регрессии на компонентах	№ ландшафта	Биопродуктивность ландшафта по регрессии на компонентах
56	0,8033234	83	-0,49577226	32	0,961816255
57	0,6649154	85	2,14039436	88	0,384125968
58	0,621231	87	-1,00461746	94	-0,65184074
59	0,86757798	90	-0,87745152	95	0,33089508
74	0,44459368	99	-0,64144954	101	1,24132616
75	0,51118272	96	0,66305174	103	0,95249392
76	-0,1243873	97	-0,14938074	104	0,61203942
60	0,68795324	1	-0,96867533	14	-1,41134981
61	-0,50533716	3	-0,83288684	15	-1,05309472
62	-0,71377246	4	-0,93940758	16	-0,76059859
63	-0,92194706	5	-0,83422902	24	-0,89101818
64	0,8393348	19	-0,42215527	25	-0,99209994
65	0,60367944	20	-0,79928506	31	0,7027826
66	2,2617716	27	-0,94880948		

Итак, компонентный анализ ландшафтов Каратальской, Аксуской и Лепсинской макрогеосистем выделил генетические составляющие дисперсии биопродуктивности, отдав преобладающую роль грунтовым водам (58,49%), выделив значительную роль (33,11%) фактору изменчивости геоморфологических условий (фактору географического стока) и небольшую (8,41%) роль поверхностных вод. Динамика и развитие геосистем изучаемого

региона создают опасность нарушения всей экологической обстановки. Нарушенность геосистем, испытывающих антропогенные воздействия, определяется степенью изменчивости отдельных природных компонентов или всей структуры в целом. При этом изменчивость геосистем проявляется в виде формирования различных антропогенных модификаций либо в виде коренной перестройки основных структур всей геосистемы.

#### Литература

- 1 Беркович К.М., Голосков В.Н., Зорина Е.Ф. Эрозионно-русловые системы: структура и эволюция в условиях естественных и антропогенных изменений природной среды // Вестник Моск.ун-та. Серия 5, География. – 2005. – №2. – С. 61-67.
- 2 Сваричевская З.А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. – Л.: Изд. Ленинград. ун-та, 1965. – 296 с.
- 3 Ахмедсафин У.М. Ресурсы и использование подземных вод Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1972. – 156 с.
- 4 Ахмедсафин У.М. Формирование подземных вод. – Алма-Ата: Наука, 1985. – 160 с.
- 5 Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 318 с.
- 6 Асланикашвили А.Ф. Саушкин Б.Г. Новые подходы к решению методологических проблем современной географической науки // В кн.: География Грузинской ССР. – Тбилиси, 1975. – Вып. 1. – С. 15-51.
- 7 Крауклис А.А. Географический прогноз и результаты изучения динамики геосистем. – Новосибирск: Наука, 1986. – 196 с.
- 8 Соседов И.С. и др. Водный баланс и водные ресурсы северного склона Джунгарского Алатау. – Алма-Ата: Наука, 1984. – 150 с.
- 9 Турсунов А.А., Киншакбаев Н.К., Байгисиев Ж.Е., Мальковский И.М. Системный анализ Или-Балхашской проблемы и концепция равновесного природопользования водных ресурсов Или-Балхашского бассейна. – Алма-Ата: КазГУ, 1985. – С. 30-36.
- 10 Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш / под ред. Т.К. Кудекова. – Алматы: Изд-во «Канагат», 2002 – 388 с
- 11 Джаналеева Г.М. Геосистемно-бассейновый подход в изучении природной среды Республики Казахстан. – Алматы, 1997. – 44 с.

- 12 Джаналеева Г.М., Базарбаева Т.А. Гидрологические и гидрогеологические особенности геосистем Каратал-Лепсинского междуречья // Вестник КазНУ. Серия геогр. – 2005. – №1 (20). – С. 4-7.
- 13 Базарбаева Т.А. Антропогенная трансформация геосистем (на примере бассейнов рек Каратал, Аксу, Лепсы) // Материалы республик. научно-практ. конферен. «Шежірелі Жетісу». – Талдыкорган, 2007. – С. 22-25.
- 14 Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш / под ред. А.Б. Самаковой. – Алматы: Изд-во «Канат», 2003. – 583 с.
- 15 Pavlichenko L.M., Orazymbetova K.Ch. Independent estimation of hydrological conditions on the basis of the analyses geomeasure of a delta Ily river // Water: ecology and technology: 5<sup>th</sup> International congress, Moscow, 4 – 7 June, 2002). – М.: SIBICO International Ltd., 2002. – P. 54-55.
- 16 Павличенко Л.М., Базарбаева Т.А. Анализ взаимосвязей биопродуктивности ландшафтов в бассейне реки Каратал // Поиск. – 2010. – №1(1). – С. 115-118.

#### References

- 1 Berkovich K.M., Goloskov V.N., Zorina E.F. Jerozionno-ruslovyje sistemy: struktura i jevoljucija v uslovijah estestvennyh i antropogennyh izmenenij prirodnoj sredy // Vestnik Mosk.un-ta. Serija 5, Geografija. – 2005. №2. – S. 61-67.
- 2 Svarichevskaja Z.A. Geomorfologija Kazahstana i Srednej Azii. – L.: Izd. Leningrad. un-ta, 1965. – 296 s.
- 3 Ahmedsafin U.M. Resursy i ispol'zovanie podzemnyh vod Kazahstana. – Alma-Ata: Nauka, 1972. – 156 s.
- 4 Ahmedsafin U.M. Formirovanie podzemnyh vod. – Alma-Ata: Nauka, 1985. – 160 s.
- 5 Sochava V.B. Vvedenie v uchenie o geosistemah. – Novosibirsk: Nauka, 1978. – 318 s.
- 6 Aslanikashvili A.F. Saushkin B.G. Novye podhody k resheniju metodologicheskikh problem sovremennoj geograficheskoy nauki // V kn.: Geografija Gruzinskoj SSR. – Tbilisi, 1975. – Vyp. 1. – S. 15-51.
- 7 Krauklis A.A. Geograficheskij prognoz i rezul'taty izuchenija dinamiki geosistem. – Novosibirsk: Nauka, 1986. – 196 s.
- 8 Sosedov I.S. i dr. Vodnyj balans i vodnye resursy severnogo sklona Dzhungarskogo Alatau. – Alma-Ata: Nauka, 1984. – 150 s.
- 9 Tursunov A.A., Kinshakbaev N.K., Bajgisiev Zh.E., Mal'kovskij I.M. Sistemnyj analiz Ili-Balhashskoj problemy i koncepcija ravnovesnogo prirodopol'zovanija vodnyh resursov Ili-Balhashskogo bassejna. – Alma-Ata: KazGU, 1985. – S. 30-36.
- 10 Sovremennoe jekologicheskoe sostojanie bassejna ozera Balhash / pod red. T.K. Kudekova. – Almaty: Izd-vo «Kanat», 2002 – 388 s.
- 11 Dzhanaleeva G.M. Geosistemno-bassejnyj podhod v izuchenii prirodnoj sredy Respubliki Kazahstan. – Almaty, 1997. – 44 s.
- 12 Dzhanaleeva G.M., Bazarbaeva T.A. Hidrologicheskie i gidrogeologicheskie osobennosti geosistem Karatal-Lepsinskogo mezhdurech'ja // Vestnik KazNU. Serija geogr. – 2005. – №1 (20). – S. 4-7.
- 13 Bazarbaeva T.A. Antropogennaja transformacija geosistem (na primere bassejnov rek Karatal, Aksu, Lepsy) // Materialy respubl. nauchno-prakt. konferen. «Shezhireli Zhetisu». – Talдыkorgan, 2007. – S. 22-25.
- 14 Problemy gidrojekologicheskoy ustojchivosti v bassejne ozera Balhash / pod red. A.B. Samakovej. – Almaty: Izd-vo «Kanat», 2003. – 583 s.
- 15 Pavlichenko L.M., Orazymbetova K.Ch. Independent estimation of hydrological conditions on the basis of the analyses geomeasure of a delta Ily river // Water: ecology and technology: 5th International congress, Moscow, 4 – 7 June, 2002). – М.: SIBICO International Ltd., 2002. – P. 54-55.
- 16 Pavlichenko L.M., Bazarbaeva T.A. Analiz vzaimosvjazej bioproduktivnosti landshaftov v bassejne reki Karatal // Poisk. – 2010. – №1(1). – S. 115-118.