

Ж. С. МУСТАФАЕВ, доктор техн. наук

А. Т. КОЗЫКЕЕВА, доктор техн. наук

К. ЖАНЫМХАН, докторант PhD

Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан, Алма-Ата

Н. П. КАРПЕНКО, доктор техн. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная

академия имени К. А. Тимирязева», Российская Федерация, г. Москва

Zh. S. MUSTAFAEV, Doctor of Engineering

A. T. KOZYKEEVA, Doctor of Engineering

K. ZHANYMSHAN, doctoral student PhD

Kazakh National Agrarian University

N. P. KARPENKO, Doctor of Technical Sciences

The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University

Timiryazev», RF, Moscow

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС ВОДОСБОРА РЕЧНЫХ БАСЕЙНОВ КАК ФОРМА КОМПЛЕКСНОГО ОБУСТРОЙСТВА (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КАРАТАЛ)

ENVIRONMENTAL FRAMEWORK FOR WATER CHAMBER OF RIVER BASINS AS A FORM OF INTEGRATED ESTABLISHMENT (ON THE EXAMPLE OF THE KARATAL RIVER)

Аннотация. На основе принципов геоморфологической схематизации водосбора речных бассейнов построен экологический каркас территории водосбора бассейна реки Каратал, и для определения их территориальной границы использованы энергетические ресурсы гидрогеохимического потока подземных вод.

Ключевые слова: речных бассейнов, водосбор, геоморфология, схематизация, экология, каркас, территория, средообразования, теория, система.

Summary. Based on the principles of geomorphological schematization of the catchment area of river basins, the ecological framework of the catchment area of the Karatal river basin has been constructed and the energy resources of the hydrogeochemical groundwater flow have been used to determine their territorial boundaries, and to identify territorial links, they are produced according to climatic parameters that subordinate the laws of geographical zonality of the natural system.

Keywords: river basins, catchment area, geomorphology, schematization, ecology, framework, territory, environment formation, theory, system.

Актуальность

Экологический каркас водосбора речных бассейнов, выполняющих средообразующие, поддерживающие и информационные функции, является составной частью активной системы «природа–общества», которые размещены, функционируют и развиваются в границах конкретной территории. Цель экологического каркаса водосбора речных бассейнов – обеспечить ее природно-функциональную целостность через сохранение средостабилизирующих и средообразующих функций отдельных

ландшафтных комплексов, т. е. сохранить экологическую устойчивость. При этом обеспечение природно-функциональной целостности системы происходит за счет нормирования всей антропогенной деятельности в разрезе геоморфологической схематизации ландшафтных систем водосбора речных бассейнов, объединяющихся в три блока: природный, социальный и антропогенно-техногенный. Этот вопрос имеет научное и практическое значение в системе природопользования и природообустройства. Он связан с антропогенной

деятельностью человека, направленной на удовлетворение своих потребностей в процессе жизнедеятельности, поскольку с ним связаны действия комплексного обустройства речных бассейнов.

Главные природные функции речного бассейна: во-первых, стокообразование, во-вторых, своеобразное объединение геосистемы (принцип объединения – единство гидрохимических потоков, имеющих один объект для своей разгрузки), и, в-третьих, это пространственный базис для природопользования (размещение земель разного назначения) и природообустройства, входящими в состав экологического каркаса территории, требующими методологического осмысления.

Цель исследования

Построить экологический каркас территории бассейна реки Каратал с использованием энергетических ресурсов гидрогеохимического потока подземных вод и климатических показателей, подчиняющихся законам географической зональности природной системы.

Объект исследования

Водосбор бассейна реки Каратал с длиной 390 км, площадью 19,1 тыс. км², который образуется при слиянии трех рек (Теклиарык, Чаджа и Кора), истоки которых находятся на высоте 3200...3900 м. Начальные 160 км имеют горный характер, из Джунгарского Алатау и ниже слияния Карой и Чиже река выходит на широкую межгорную равнину. Другие притоки: Кара, Теректы, Лаба, Балыкты, Мокур и самая многоводная Коксу. После впадения притока реки Коксу Каратал течет по песчаной пустыне Южного Прибалхашья. На расстоянии 40 км от устья река имеет дельту площадью 860 км². По данным многолетних наблюдений, среднегодовой расход воды реки Каратал в створе Уштобе составляет 66,7 м³/с, или 2,1 км³/г [1].

Бассейн водосбора реки Каратал, формирование и функционирование которого строго подчиняется географической зональности, что определяет географический облик территории, особенности ее гидрографии, почвенного и растительного покрова и особенности ландшафтной структуры использованы в качестве тестовой площадки для количественной и качественной оценки экологического каркаса территории водосбора.

Методология исследований

В настоящее время понятие «экологический каркас территории» широко используется в научных разработках, связанных с организацией территории и оптимизацией хозяйственной и природоохранной деятельности [2, 3].

Географическая система – управляемое природно-территориальное образование, имеющее вертикальные и горизонтальные системообразующие связи, экологический каркас территории (ЭКТ) не является системой, т. е. совокупность элементов определенного объекта, не имеющего общего управления [2].

Экологический каркас территории как метод организации территории представляет собой гибкую форму не только хозяйственной и природоохранной деятельности, но и относительно водосбора речных бассейнов комплексного обустройства – целостная система поэтапных мероприятий на крупных, генетически однородных территориях, создающих культурные ландшафты, где природопользование оптимизировано на научной основе и увеличение продуктивности земель проводится при сохранении, а в случае необходимости, и при повышении общей экологической устойчивости ландшафтов.

Поэтому для создания экологического каркаса территории водосбора речных бассейнов можно использовать катенарный подход, являющийся основой геоморфологической схематизации катен при обосновании необходимости комплексного обустройства водосборов [4]. При этом водосбор представлен набором катен по количеству, равному физико-географическим районам на водосборе, т. е. состоит из четырех фаций с разным высотным взаиморасположением (рис. 1).

Элювиальная фация представляет собой возвышенность у водораздельной линии, трансэлювиальная – склон до точки перегиба, трансаккумулятивная – склон после точки перегиба, супераккумулятивная – низина надпойменных террас. Поймы рек, несмотря на их значимость, в работе не рассматривались. Трансэлювиальная и трансаккумулятивная фации образуют транзитную фацию склона, а супераккумулятивная фация примыкает к водотоку [4].

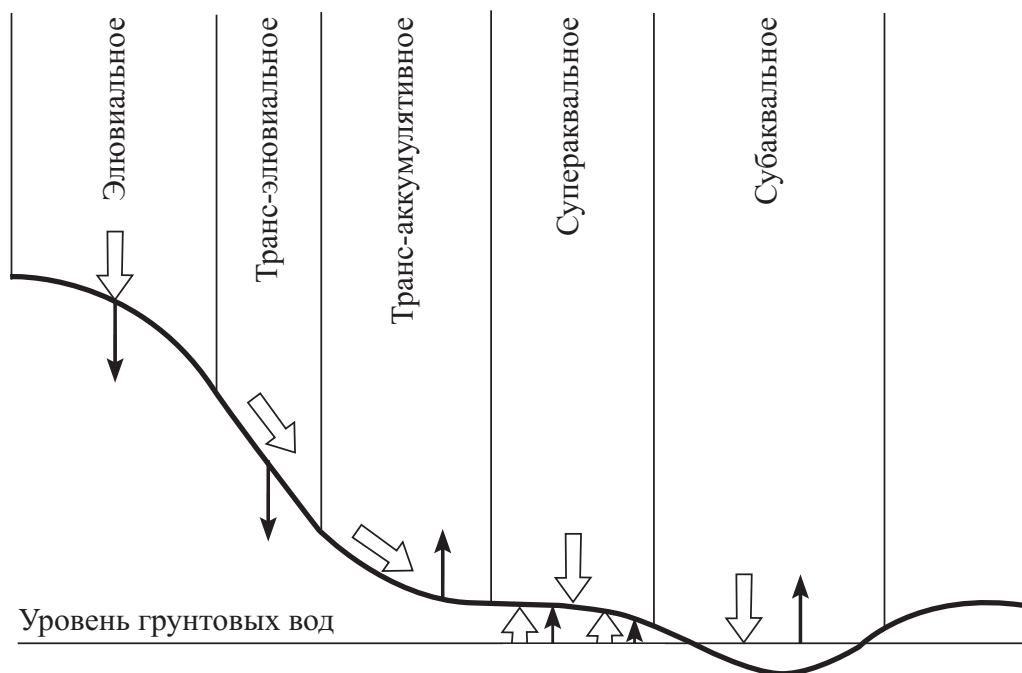


Рис. 1. Геоморфологическая схематизация ландшафтных катен водосбора [4]:
 ⇨ – поступление вещества в геосистему; → – вынос вещества из геосистемы

Анализ последних исследований и публикаций по проблеме

Обобщенная концепция о понятии «географическая система» была сформирована австрийским биологом Людвигом фон Бергаланфи [5], где он для характеристики и описания систем использует следующие системные свойства: целостность, суммативность, механизацию, централизацию, иерархическое строение, что позволило сделать эти понятия применимыми во всех дисциплинах, имеющих дело с системами [2]. Однако А. Г. Исаченко отмечает [6], что для географических наук принципы общей теории систем, разработанные Людвигом фон Бергаланфи, не являются абсолютно новыми, так как системный подход имеет достаточно глубокие корни в ландшафтоведении. При этом следует отметить, что системный подход заложен в генах человечества, формирующих традиции отдельных народов, тесно связанных в исторических процессах их жизнедеятельности. Поэтому процесс познания мира природы В. Б. Соцавой представлены как новое направление ландшафтных исследований, т. е. структурно-динамическим, вытекающим из жизненных ценностей человечества [7].

А. Г. Исаченко отмечает, что принципы общенаучной классификации и суборди-

нации систем еще не разработаны, и место среди них систем, изучаемых географией, не определено [6]. Специфической особенностью географических систем является их территориальность, т. е. их приуроченность к двумерному пространству, но и особое системообразующее значение территориальных связей – вертикальный и горизонтальный. Первый – качественно разнородные связи (геологический фундамент, почвенный и растительный покров в ландшафте, формирующийся на основе их естественной тепловлагообеспеченности), второй – территориальные блоки низших порядков (урочища и фации в ландшафте).

Таким образом, географические системы водосбора речных бассейнов – это управляемые природно-антропогенные образования, имеющие вертикальные и горизонтальные системообразующие территориальные связи, формирующие экологический каркас территории, подлежащей качественной и количественной оценке на основе математических моделей природного процесса.

Изложение основных материалов исследования

Для определения границы экологического каркаса водосбора бассейна реки Каратал использована геоморфологическая

схематизация (рис. 2), на основе оценки энергетических ресурсов гидрогеохимического потока подземных вод:

$$\Delta E = A_i = m_i g \Delta H,$$

где m_i – масса подземных вод, т/м³; g – ускорение силы тяжести; ΔH – превышение высота местности, м; ΔE – изменение энергии на участке, кДж; A_i – работа, совершаемая потоком грунтовых вод, кДж).

И гидрохимического потока подземных вод речных бассейнов

$$\bar{M} = \frac{\bar{A}_n}{C_n},$$

где \bar{M} – гидрохимический потенциал речных бассейнов; \bar{A}_n – работа, совершаемая в элементарном объеме потоком инфильтрационных вод в почвенном слое речных бассейнов; C_n –

средняя концентрация солей в потоке подземных вод (табл. 1) [1].

Как видно из табл. 1, энергетические ресурсы водосборов бассейна реки Каратал от элювиальной до субаквальной фации постепенно уменьшаются, что дает возможность на их основании производить геоморфологическую схематизацию ландшафтных катенов водосбора для определения границы экологического каркаса территории.

Это способность природной системы речных бассейнов, т. е. уменьшение энергетических ресурсов подземных вод от зоны формирования стока до magazинирования озера Балхаша их в определенной степени оказывают влияние на гидрогеохимический процесс водосборов (табл. 2).

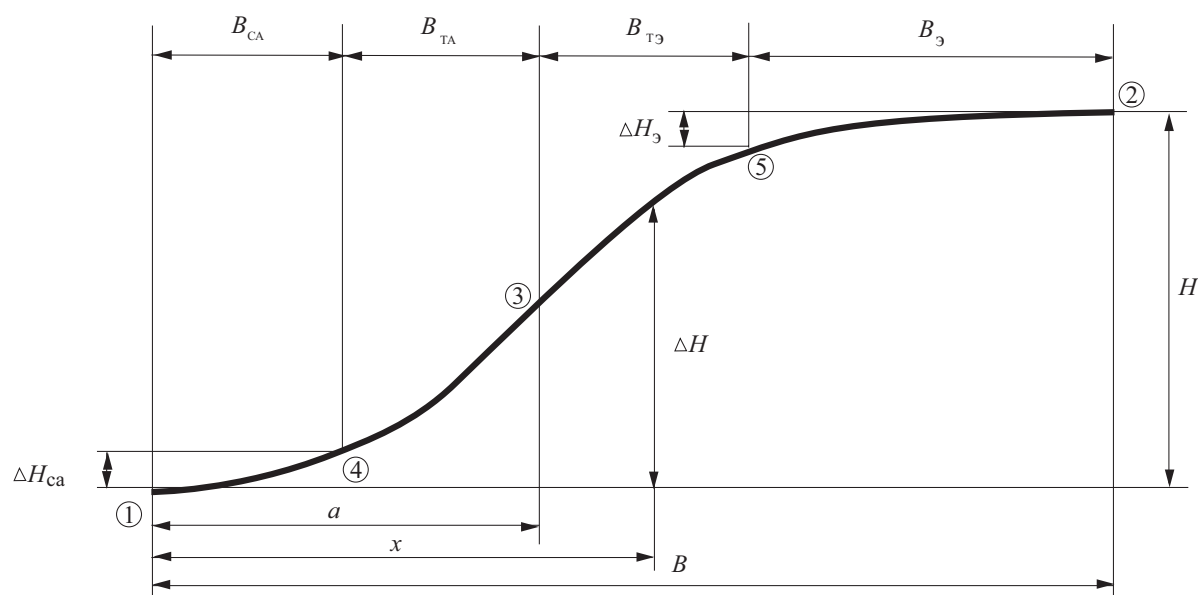


Рис. 2. Расчетная геоморфологическая схематизация ландшафтной катены: B – ширина ландшафтной катены; B_{ca} , B_{ta} , B_{tr} , B_e – протяженности соответственно супераквального, трансаккумулятивного, трансэлювиального и элювиального элементарных ландшафтов; ΔH_{ca} и $\Delta H_{э}$ – перепады высот соответственно супераквального и элювиального элементарных ландшафтов; 1, 2, 3, 4, 5 – характерные точки

Таблица 1

Энергетические ресурсы водосборов бассейна реки Каратал

| Природно-климатические зоны | | Метеостанция | Абсолютная высота местности (H), м | ΔH , м | Энергия потока подземных вод, кДж | |
|-----------------------------|---------------------|--------------|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|------------|
| Класс ландшафтов | Фация | | | | A_i | $\sum A_i$ |
| Горная | Элювиальная | Кугалы | 1365 | – | – | – |
| | | Кос-Агаш | 1200 | 165 | 1618,7 | 9967,1 |
| Предгорная | Трансэлювиальная | Сарьюзек | 948 | 252 | 2472,1 | 8348,4 |
| | | Талдыкурман | 602 | 346 | 3394,3 | 5876,3 |
| Предгорная равнинная | Трансаккумулятивная | Уштобе | 428 | 174 | 1707,0 | 2482,0 |
| Равнинная | Супераквальная | Найменсуек | 349 | 79 | 775,0 | 775,0 |

Таблица 2

Гидрогеохимические показатели ландшафтной катены водосборов бассейна реки Каратал

| Метеостанция | H, м | C _o , г/л | C _r , г/л | Δ, м | \bar{A}_n | \bar{C}^* | \bar{M} |
|--|------|----------------------|----------------------|------|-------------|-------------|-----------|
| Горный класс ландшафтов или элювиальная фация B _г | | | | | | | |
| Кугалы | 1365 | 0,150 | 1,00 | 10,0 | 0,52 | 0,43 | 1,21 |
| Кос-Агаш | 1200 | 0,150 | 1,00 | 10,0 | 0,50 | 0,43 | 1,16 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальная фация B _{тг} | | | | | | | |
| Сарыозек | 948 | 0,250 | 1,20 | 10,0 | 0,30 | 0,92 | 0,32 |
| Талдыкурбан | 602 | 0,250 | 1,20 | 10,0 | 0,25 | 1,08 | 0,23 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или трансаккумулятивная фация B _{та} | | | | | | | |
| Уштобе | 428 | 0,350 | 1,50 | 3,0 | 0,22 | 1,65 | 0,13 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальная фация B _{са} | | | | | | | |
| Найменсуек | 349 | 0,500 | 1,50 | 3,0 | 0,20 | 2,56 | 0,09 |

Как видно из табл. 2, работа, совершаемая в элементарном объеме подземных вод в почвенно-грунтовых слоях \bar{A}_n водосборов от стороны горных к равнинным зонам, постепенно уменьшается, а средняя концентрация солей в почвенно-грунтовых слоях (\bar{C}^*), наоборот, увеличивается. Следовательно, гидрогеохимический потенциал подземных вод \bar{M} , подчиняясь закону вертикальной зональности, уменьшается. Эта закономерность, характеризующая формирование гидрогеохимический

процесс водосборов речных бассейнов, дает возможность прогнозирования гидрогеохимического режима ландшафтных фаций в зависимости от их энергетических ресурсов.

На основе выполненных прогнозных расчетов по определению энергии потоков подземных вод водосборов бассейна реки Каратал разработан экологический каркас на основе энергетической шкалы геоморфологического районирования ландшафтных катен водосборов (табл. 3).

Таблица 3

Геоморфологическая схематизация ландшафтных катенов (экологический каркас) водосборов речных бассейнов

| Природно-климатические зоны речных бассейнов (экологический каркас) | | Геоморфологический показатель | |
|---|---------------------|--|-----------------------------------|
| Класс ландшафтов | Фация | Абсолютная высота поверхности земли, м | Энергия потока грунтовых вод, кДж |
| Горная | Элювиальная | <1365 | <10000 |
| Предгорная | Трансэлювиальная | 1200...1365 | 8300...10000 |
| Предгорная равнинная | Трансаккумулятивная | 602...1200 | 5900...8300 |
| Равнинная | Супераквальная | 428...602 | 25400...5900 |
| | Субаквальная | >428 | >2500 |

Таким образом, территория водосбора бассейна реки Каратал, имеющая конкретные границы в пределах ландшафтных катенов, включающая природу, население, хозяйство, является сложной активной самоорганизующейся системой, требующей качественной и количественной оценки их ресурсов для выявления внутренних и внешних территориальных связей, которые определяют основную базу хозяйственного освоения и уровень формирования комфортной среды проживания населения.

Для качественной и количественной оценки энергетических ресурсов территории экологического каркаса водосбора бассейна реки Каратал использованы следующие климатические показатели: сумма биологически активных температур ($\sum t, ^\circ C$), атмосферных осадков (O_0) испаряемости (E_0) и фотосинтетически активной радиацией (R), которые позволили, согласно законам географической зональности, выделить горную, предгорную, предгорную равнинную и равнинную ландшафтную зоны (табл. 4).

Природно-климатические показатели водосборов характеризуются: гидротермическим коэффициентом

$$\left(\text{ГТК} = 10 \frac{O_c}{\sum t} \right),$$

показателем увлажнения

$$\left(M_d = \frac{O_c}{\sum d} \right),$$

коэффициентом увлажнения

$$\left(K_y = \frac{O_c}{E_o} \right),$$

оценкой увлажнения

$$\left(K_o = \frac{O_c}{0,18 \sum t} \right),$$

индексом сухости

$$\left(\bar{R} = \frac{R}{LO_c} \right),$$

биолого-климатической продуктивностью

$$\left(\text{БКП} = K_y \frac{\sum t}{1000} \right) \text{ (табл. 5).}$$

Как видно из табл. 4, бассейн реки Каратал имеет достаточно высокую теплообеспеченность, так как ГТК = 0,60...1,55 и \bar{R} = 1,71...3,75 достаточно высокие. Однако влагообеспеченность бассейна очень низкая ($K_y = 0,20...0,52$), что определяет особенность формирования и функционирования ландшафтных систем.

Таблица 4

Физико-географическое районирование бассейна реки Каратал

| Метеостанция | Н, м | Природно-климатический район по фациям водосборов рек | Показатели физико-географического районирования | | | |
|---|------|---|---|-------------------|------------|------------------------|
| | | | O_c , мм | $\sum t^{\circ}C$ | E_o , мм | R, кДж/см ² |
| Горный класс ландшафтов или элювиальная фация B_3 | | | | | | |
| Кугалы | 1365 | горная | 350 | 2250 | 675 | 149,0 |
| Кос-Агаш | 1200 | горная | 345 | 2300 | 690 | 150,8 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальная фация $B_{т3}$ | | | | | | |
| Сарьюзек | 948 | предгорная | 270 | 3000 | 900 | 175,9 |
| Талдыкурган | 602 | предгорная | 230 | 3100 | 930 | 179,5 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или трансаккумулятивная фация $B_{та}$ | | | | | | |
| Уштобе | 428 | предгорно-равнинная | 212 | 3180 | 954 | 182,4 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальная фация $B_{са}$ | | | | | | |
| Найменсуек | 349 | равнинная | 195 | 3200 | 960 | 183,0 |

Таблица 5

Физико-географическое районирование бассейна реки Каратал

| Метеостанция | Н, м | Среднегодовые за многолетний период | | | | | |
|---|------|-------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| | | \bar{R} | ГТК | БКП | K_y | M_d | K_o |
| Горный класс ландшафтов или элювиальная фация B_3 | | | | | | | |
| Кугалы | 1365 | 1,71 | 1,55 | 1,17 | 0,52 | 0,465 | 0,86 |
| Кос-Агаш | 1200 | 1,75 | 1,50 | 1,15 | 0,50 | 0,450 | 0,83 |
| Предгорный подкласс ландшафтов или трансэлювиальная фация $B_{т3}$ | | | | | | | |
| Сарьюзек | 948 | 2,50 | 0,9 | 0,90 | 0,30 | 0,270 | 0,50 |
| Талдыкурган | 602 | 3,12 | 0,7 | 0,78 | 0,25 | 0,210 | 0,43 |
| Предгорный равнинный подкласс ландшафтов или трансаккумулятивная фация $B_{та}$ | | | | | | | |
| Уштобе | 428 | 3,44 | 0,7 | 0,70 | 0,22 | 0,210 | 0,37 |
| Равнинный класс ландшафтов или супераквальная фация $B_{са}$ | | | | | | | |
| Найменсуек | 349 | 3,75 | 0,6 | 0,64 | 0,20 | 0,180 | 0,34 |

Для комплексного обустройства больше подходит классификация по природно-климатическим показателям, объединяющая водосборы и их катены в однотипные ландшафтные группы по наиболее значимым показателям по тепловлагообеспечен-

ности. Согласно этой классификации, можно построить экологической каркас территории водосбора речных бассейнов для обоснования мелиорации сельскохозяйственных земель и оптимизацию инфраструктуры водосборов при их комплексном обустройстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Жидекулова Г. Е., Даулетбай С. Д., Жанымхан К. Прикладная модель геоморфологической схематизации ландшафтных систем речных водосборов // Международный технико-экономический журнал. – 2016. – № 3. – С. 59–66.
2. Нарбут Н. А. К вопросу об управлении экологическим каркасом территории // Региональные проблемы. – 2015. – Том 18. – № 1. – С. 43–47.
3. Воронов Б. А., Нарбут Н. А. Экологический каркас территории и его системные свойства // География и природные ресурсы. – 2013. – № 3. – С. 171–177.
4. Голованов А. И., Сухарев Ю. И., Шабанов В. В. Комплексное обустройство территории – дальнейший этап мелиорации земель // Мелиорации и водное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 25–31.
5. Bertalanffy L., von. An Outline of General System Theory // The British Journal for the Philosophy of Science. – Vol. 1. – № 2. – 1950. – pp. 143–145.
6. Исаченко А. Г. Теория и методология географической науки (учебник). – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 400 с.
7. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск : Наука, 1978. – 319 с.

REFERENCES

1. Mustafaev Zh. S., Kozykееva A. T., Zhidekulova G. E., Dauletbai S. D., Zhanykhan K. Applied model of geomorphological schematization of landscape systems of river watersheds // International technical and economic journal. – 2016. – № 3. – pp. 59–66.
2. Narbut N. A. To the question of the management of the ecological framework of the territory // Regional problems. – 2015. – Volume 18. – № 1. – pp. 43–47.
3. Voronov B. A., Narbut N. A. Ecological framework of the territory and its system properties // Geography and natural resources. – 2013. – № 3. – pp. 171–177.
4. Golovanov A. I., Sukharev Yu. I., Shabanov V. V. Integrated development of the territory – a further stage of land reclamation // Melioration and water management. – 2006. – № 2. – pp. 25–31.
5. Bertalanffy L., von. An Outline of General System Theory // The British Journal for the Philosophy of Science. – Vol. 1. – № 2. – 1950. – pp. 143–145.
6. Isachenko A. G. Theory and Methodology of Geographical Science (textbook) . – Moscow : Publishing Center "Akademiya", 2004. – 400 p.
7. Sochava V. B. Introduction to the theory of geosystems. – Novosibirsk : Nauka, 1978. – 319 p.

*Мустафаев Жумахан Сулейменович, доктор техн. наук,
профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация»
Тел. 8-701-746-58-09
E-mail: z-mustafa@rambler.ru*

*Козыкеева Алия Тобажановна, доктор техн. наук, профессор
Тел. 8-707-796-76-11
E-mail: aliya.kt@yandex.ru*

*Жанымхан К., докторант PhD
Республика Казахстан, г. Кызылорда, ул. Айтеке Би, 29А*

*Карпенко Н. П., доктор техн. наук
Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49*