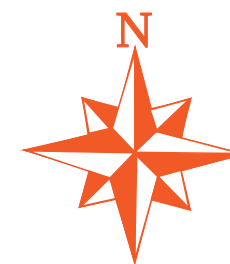




ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

3

2017



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

3

2017

АЛМАТЫ



*Қазақстан Республикасының
энергетика Министрлігі*

*Министерство энергетики
Республики Казахстан*

«Қазгидромет» Республикалық
мемлекеттік кәсіпорны

Республиканское государственное
предприятие «Казгидромет»

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

әр тоқсанда шығарылатын
ғылыми-техникалық журнал

№ 3

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный
научно-технический журнал

АЛМАТЫ
2017

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР М.П. Кынатов

РЕДКОЛЛЕГИЯ

П.Ж. Кожаметов (*зам. главного редактора*)
Н.И. Ивкина (*зам. главного редактора*)
О.С. Галаева (*ответственный секретарь*)

Р.Г. Абдрахимов (Алматы, Казахстан)
А.Х. Ахмеджанов (Алматы, Казахстан)
А.М. Мусакулкызы (Алматы, Казахстан)
М.Ж. Бурлибаев (Алматы, Казахстан)
А.А. Волчек (Брест, Беларусь)
А.В. Галаева (Алматы, Казахстан)
В.Ю. Георгиевский (Санкт-Петербург, Россия)
С.А. Долгих (Алматы, Казахстан)
Ж.Д. Достай (Алматы, Казахстан)
А.Р. Медеу (Алматы, Казахстан)
С.К. Монахов (Астрахань, Россия)
Е.Ж. Муртазин (Алматы, Казахстан)
Ж.С. Мустафаев (Алматы, Казахстан)
К. Опп (Марбург, ФРГ)
В.Г. Сальников (Алматы, Казахстан)
С.Г. Сафаров (Баку, Азербайджан)
А.В. Чередниченко (Алматы, Казахстан)

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 3 (86)

©

Журнал издается с 1995 года.
Регистрационное свидетельство
№ 1538 от 14 марта 1995 г.

Адрес редакции: 050022, Алматы,
пр. Абая, д. 32, к. 405
Телефон: (7272) 55-84-06
E-mail: caspian_almaty@mail.ru
<http://www.kazhydromet.kz>

Подписано в печать

Формат бумаги 70 × 100/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

Отпечатано в типографии
ТОО «Карагандинское учебно-производственное предприятие»
ОО «Казахское общество слепых»
г. Караганда, ул. Методическая, 19

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Е.Н. Вилесов Характеристики климата города Астана и их изменения за последние 90 лет	7
С.С. Байшоланов, А.Р. Жакиева, М.С. Габбасова, Е.Н. Чернов Агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур в Северном Казахстане	17
Е.В. Самчук Идентификация и отслеживание внетропических циклонов и антициклонов северного полушария на основе трехмерного подхода	29
И.Г. Гуршев Изменение массы песка в воздушном потоке во время песчаной бури	41
П.Ж. Кожаметов, Г.Е. Монкаева Оценка испарения с водной поверхности на основе фактических данных измерений с помощью ГГИ-3000 (на примере Иле-Балкашского бассейна)	49
А.В. Бабкин, А.С. Медибеков, А. Мусакулкызы, А.В. Чердниченко Поверочный и фактический прогноз уровня воды озера Алаколь на ближайшую перспективу	60
А.Г. Терехов, С.А. Долгих Спутниковый мониторинг водного зеркала озера Эби-Нур (КНР) в период 1990...2017 годы	72
С.В. Гаврук, И.В. Каипов, Ю.В. Деева, Б.Э. Бекмухамедов Web-ГИС портал для отображения результатов космического мониторинга нефтяных разливов	80
А.Г. Терехов Спутниковые оценки параметров межгодового контррегулирования стока реки Или с помощью водохранилищ в Китайском секторе бассейна в период 2007...2016 годы	92
К.О. Молдошев, С. Шахин Водообеспеченность Чуйской долины Кыргызстана	100

Ж.Г. Берденов, Г.М. Джаналеева, Г.М. Атаева, Е.Х. Мендыбаев, Н.Б. Казангапова	
Палеогеографические особенности бассейна реки Илек	105
Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, Н.А. Турсынбаев	
Методологическое обоснование экологических услуг природной системы и антропогенной деятельности гидроаглоландшафтных систем бассейна трансграничной реки Талас	116
Т.М. Чодураев, С. Шахин	
Современное состояние орошаемых пашен Чуйской долины	128
Т.К. Томина	
Трансформация состава почвенно-поглощающего комплекса грунтов рекультивированных участков на нефтяном месторождении . . .	135
Т.К. Салихов, Т.С. Салихова	
Геологическая и гидрологическая оценка территории проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области	146
Ж.О. Озгелдинова, К.М. Джаналеева, Ж.Т. Мукаев, Г.Т. Оспан	
Природные факторы формирования и развития геосистем бассейна реки Сарысу	154
Г.М. Джаналеева, А.А. Жангужин, Г.З. Мажитова, Ж.Г. Берденов, Н.Б. Казангапова	
Особенности геохимических условий геосистем бассейна реки Есиль	170
ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ	
Э.А. Турсунов, А.Е. Кайырбай, Б. Медибеков	
Актуальность проведения инженерных работ по искусственному управлению русловыми процессами на р. Каратал и перспективы восстановления судоходства	182
ХРОНИКА	
М.Ж. Бурлибаев (медаль «ECO Award 2017»)	190

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

E.N. Vilesov Features climate Astana and their changes in 90 years	7
S.S. Baisholanov, A.R. Zhakieva, M.C. Gabbasova, D.A. Chernov Agro-climatic zoning of agricultural crops in Northern Kazakhstan . .	17
E.V. Samchuk Identification and tracking of extratropical cyclones and anticyclones in the northern hemisphere based on three-dimensional approach	29
I.G. Gurshev Change of the sand mass in the air flow during sandstorm	41
P.ZH. Kozhakhmetov, G.E. Monkayeva Evaluation of evaporation from the water surface on the basis of actual measurement data with the help of GGI-3000 (on the example of the Ile-Balkhash basin)	49
A.V. Babkin, A.S. Madibekov, A. Mussakulkyzy, A.V. Cherednichenko Verification and actual forecasts of the water level of lake Alakol in the near future	60
A.G. Terekhov, S.A. Dolgikh The satellite monitoring of the water mirror area of lake Ebi-Nur (CHina) during 1990...2017 years	72
S.V. Gavruk, I.V. Kaipov, YU.V. Deyeva, B.E. Bekmuhamedov Web-GIS portal for displaying results of space monitoring of oil spills	80
A.G. Terekhov The satellite estimates of parameters of the inter-seasons regulation of the Ile river runoff with the help of the artificial reservoirs in the CHinese sector of basin during 2007...2016 years	92
K.O. Moldoshyev, S. SHakhin Water safety of the Chu valley of Kyrgyzstan	100

Zh.G. Berdenov, G.M. Dzhanaaleeva, G.M. Ataeva, E.H. Mendibaev, N.B. Kazangapova	
Paleogeographic features of the Ilek river basin	105
ZH.S. Mustafayev, A.T. Kozykeeva, N.F. Tursynbayev	
Methodological substantiation of environmental services of the natural system and anthropogenic activity of the hydroagrolandshaft systems of the basis of the transboundary rivers Talas	116
T.M. CHodurayev, S. SHakhin	
Modern condition of irrigated arable lands of the CHui valley	128
T.K. Tomina	
The transformation of the composition of soil-absorbing complex of soil reclaimed plots in the oil field	135
T.K. Salikhov, T.S. Salikhova	
Geological and hydrological estimation of the territory of the designed state nature reserve «Bokeyorda» of the West-Kazakhstan region ...	146
Zh.O. Ozgeldinov, K.M. Dzhanaaleeva, Zh.T. Mukaev, G.T. Ospan	
Natural factors of formation and development of geosystems of the Sarysu river basin	154
G.M. Dzhanaaleeva, A.A. Zhanguzhin, G.Z. Mazhitova, Zh.G. Berdenov, N.B. Kazangapova	
Features of geochemical conditions of geosystems of the Esil river basin	170
REVIEWS AND CONSULTATIONS	
JA.A. Tursunov, A.E. Kaiyrbai, B. Madibekov	
Actuality of conducting engineering works on artificial management of russian processes on r. Karatal and prospects for reconstruction of shipping page	182
CHRONICLE	
M.ZH. Burlibayev («ECO Award 2017» medal)	190

УДК 551.582.1

Доктор геогр. наук Е.Н. Вилесов¹**ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛИМАТА ГОРОДА АСТАНА И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 90 ЛЕТ**

Ключевые слова: температура воздуха, атмосферные осадки, континентальность климата, испаряемость, коэффициент увлажнения

В статье охарактеризован климатический режим Астаны – столицы Республики Казахстан. Для этого использованы данные многолетних метеорологических наблюдений и дополнительных исследований автора. Представлены материалы по основным метеорологическим величинам – температуре воздуха и атмосферным осадкам, а также по их изменению за 90 лет, с 1926 по 2015 год.

Введение. Астана – столица Республики Казахстан с 10 июня 1998 г. Ее координаты: 51°08' с.ш., 71°26' в.д. Площадь территории города – 722 км². Численность населения, по данным КазСтата, на 1 мая 2016 г. составляла 880 191 человек. Однако 4 июля 2016 г. было официально объявлено о том, что в городе родился миллионный житель, о чём сообщил акимат Астаны, а также президент Казахстана Нурсултан Назарбаев.

Астана расположена на слабоволнистой степной равнине со средней высотой 347 м, по берегам р. Есиль (Ишим), разделяющей город на две части – правый берег и левый берег. Гидрографическая сеть города представлена, помимо Есиля, его правыми притоками – Сарыбулак и Акбулак. Город лежит в зоне сухой степи, преобладают каштановые почвы. В радиусе 25...30 км вокруг Астаны многочисленны пресные и солёные озера [1].

История наблюдений за климатом в Астане (Акмоле, Целинограде) насчитывает 146 лет. Первая метеостанция здесь начала работу 1 ноября 1870 г., что, в принципе, позволяет отследить изменение климата города за этот период. Однако в конце 19 в. и в первой четверти 20 в., особенно во время гражданской войны, были большие пропуски в метеонаблюдениях. Поэтому для характеристики современных климатических условий города были взяты последние 90 лет, с 1926 по 2015 гг. Разумеется, в необходимых случаях мы прибегали к данным и начального периода метеоизмере-

¹ КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

ний. Были использованы также данные Справочника по климату СССР (1969), Научно-прикладного справочника по климату СССР (1989), Метеорологические ежегодники, а также материалы Интернета – Климатический монитор Астаны и Веб-сайт www.bnews.kz.

Температура воздуха. Термический режим столицы определяется радиационным фактором и влиянием циркуляции атмосферы. Типичным для ее климата является материковый режим температуры воздуха, который отличается большой контрастностью и разностью сезонных и межгодовых колебаний, значительной суточной и годовой амплитудой. Одной из основных характеристик термического режима служат средние месячные температуры воздуха (рис. 1).

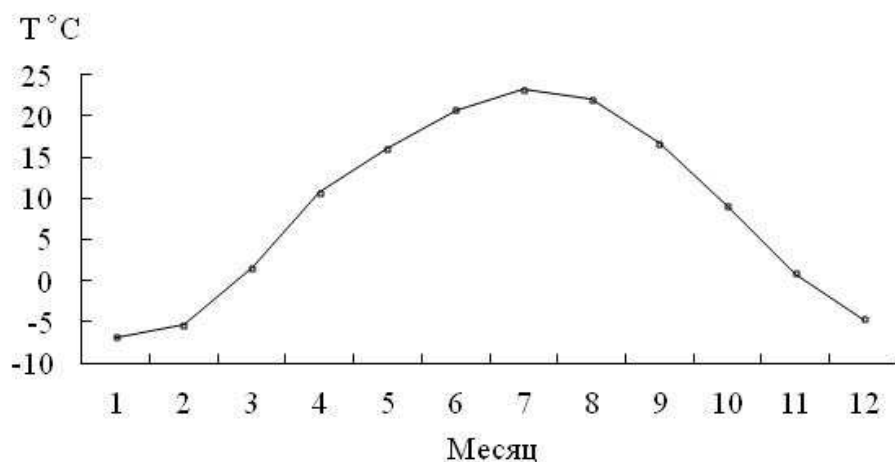


Рис. 1. Внутригодовой ход температуры воздуха в Астане, °С.

Наиболее тёплый месяц – июль, его средняя температура +20,4 °С. На этот месяц приходится и средний месячный, +24,3 °С, и абсолютный, +41,6 °С (22 июля 1936 г.), максимумы температуры. Годовая амплитуда колебаний месячной температуры июля составляет 6...8 °С. Только в июле за всю историю наблюдений не зарегистрировано ни одного случая заморозков.

В годовом ходе минимум температуры воздуха наблюдается в январе, -16,3 °С, на январь же приходится и абсолютный минимум, -51,6 °С (5 января 1893 г.). Низкие абсолютные минимумы отмечены и в другие месяцы холодного периода: в ноябре -39,2 °С (1953 г.), в декабре -43,5 °С (1929 г.) и в феврале -48,9 °С (1895 г.). Такие понижения температуры часто обусловлены ультраполярными вторжениями холодных масс воздуха из района Карского моря. Разность между абсолютным максимумом и минимумом температуры составляет 93,2 °С.

Повышение средней многолетней температуры от января к февралю незначительно, всего лишь $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, поскольку циркуляционные и радиационные условия этих месяцев близки между собой. От февраля к марту, с увеличением солнечной радиации, отмечается заметное повышение температуры – на $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в связи со сменой отрицательного радиационного баланса на положительный в апреле происходит наибольшее в году увеличение температуры – на $13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В дальнейшем интенсивность нарастания температуры от месяца к месяцу уменьшается, а от июля к августу начинается медленный спад температуры. Наиболее значительное понижение температуры, вызванное перестройкой циркуляции, наблюдается от октября к ноябрю, $10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наибольшая межгодовая изменчивость температуры имеет место в холодное время года, а наименьшая – в теплый сезон. В декабре и феврале отклонения средней месячной температуры от нормы достигают, соответственно, $13,2$ и $10,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в июне – августе – лишь $3,0\dots 3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Астана – вторая самая холодная столица в мире (после Улан-Батора). Типичный зимний месяц – январь, но нередко годы, когда самым холодным бывает не январь, а февраль или декабрь (по 1/4 случаев). В целом из-за расположения города вдали от океанов зима здесь холоднее, чем в городах, находящихся западнее на той же широте (Уральск, Киев, Краков, Прага). Величина годовой амплитуды температуры, т.е. разность между средними температурами самого холодного и самого теплого месяцев, составляет $36,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Достаточно наглядное представление о многолетнем температурном режиме и его межгодовой изменчивости за 90 лет дает график хода средних годовых температур воздуха, представленный на рис. 2. За весь период минимальная средняя годовая температура составила – $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1934 г.), а максимальная – $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2002 г.). Среднее многолетнее значение годовой температуры за 90 лет равно $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), последние полтора десятилетия, 2001...2015 гг., на нашей планете были самыми теплыми за 150 лет. Аналогичные изменения температурного режима характерны и для Астаны. Первые полторы декады 21 в. оказались самыми теплыми за весь период наблюдений, за которые средняя температура составила $+4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, с положительным отклонением от нормы за 90 лет в $+1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. В 2002 и 2013 гг. были зафиксированы наивысшие значения средней годовой температуры – $5,0$ и $4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно. С 70-х гг.

20 в. до 2015 г. темпы повышения средней годовой температуры составили $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет. При этом положительный тренд температуры наблюдался во все месяцы года.

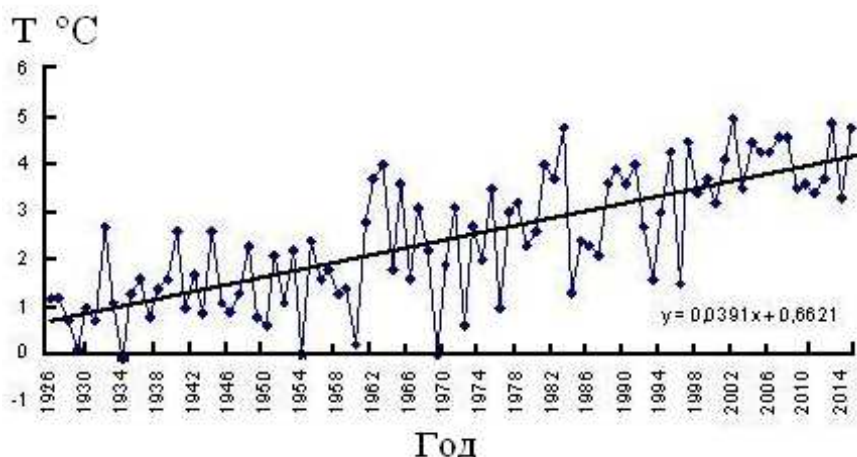


Рис. 2. Многолетний ход средней годовой температуры воздуха и ее линия тренда в Астане за 1926...2015 гг.

Средние значения календарных зимних (XII...II) и летних (VI...VIII) температур за 90 лет составили $-15,2$ и $19,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно. При этом величины средних летних температур повысились с $18,2$ до $19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.е. на $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, по $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет. За то же время аналогичные величины средних зимних температур поднялись на $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, от $-17,5$ до $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, по $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет.

Таким образом, интенсивность повышения зимних температур была в 3 раза выше, чем летних. Отсюда с очевидностью следует, что повышение средних годовых температур в последние десятилетия в Астане произошло в основном за счет потепления зимних сезонов.

Что касается переходных сезонов, то весна (III...V) и осень (IX...XI) в Астане имеют одинаковую среднюю многолетнюю температуру в $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум весенней температуры составил $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 1960 г., а максимум $8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 2001 г. Аналогичные экстремумы осенних температур равны $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 1976 г. и $6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 2010 г. Температуры осени повышались по $0,29\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, а весенние температуры – по $0,45\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет. Как видим, осенние и весенние температуры повышались медленнее, чем зимние, но в 2...3 раза быстрее, чем летние.

В свете выявленных тенденций изменения температуры представляет интерес знание того, на какие годы в Астане пришлись самые теплые и самые холодные месяцы (табл. 1).

Как видно из данных табл. 1, средние месячные температуры наиболее теплых месяцев зафиксированы в основном в 21 в. Напротив, средние месячные температуры наиболее холодных месяцев отмечаются в прошлом столетии и даже в конце позапрошлого века (март). Такое распределение экстремумов средних месячных температур вполне согласуется с установленными тенденциями, свидетельствующими о заметном потеплении климата в регионе за последние десятилетия.

Таблица 1

Экстремальные средние месячные температуры воздуха, °С

Месяц	Год	Средняя температура самых холодных месяцев	Средние многолетние температуры месяцев	Средняя температура самых теплых месяцев	Год
Январь	1969	-30,1	-16,3	-6,3	2002
Февраль	1951	-26,5	-15,9	-5,6	2002
Март	1898	-19,8	-8,7	0,9	2002
Апрель	1904	-5,8	4,4	11,8	2012
Май	1960	8,3	13,2	18,1	2001
Июнь	1917	13,6	18,9	23,1	1991
Июль	1960	15,8	20,4	24,3	2012
Август	1936	14,5	18,0	22,1	1998
Сентябрь	1934	7,3	11,8	15,7	2011
Октябрь	1976	-5,0	3,5	10,2	1997
Ноябрь	1993	-15,9	-6,5	0,2	2013
Декабрь	1929	-26,8	-13,6	-5,5	2015

В связи с увеличением размеров города в нем сформировался местный «городской климат». Так, температура воздуха в центре города в среднем на 1,5 °С выше, чем на его окраине. Предполагается, что эта разница с расширением территории города будет расти. Свою роль в изменении климата столицы играет зеленый пояс вокруг нее, который понижает скорость ветра.

Атмосферные осадки. Многолетние нормы месячных осадков и их внутригодовое распределение по М Астана (с поправками показаний осадкомеров на смачивание и выдувание ветром) даны в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2

Среднее месячное количество осадков по М Астана, мм

	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
R	14	13	15	18	31	34	52	35	23	23	19	17	295

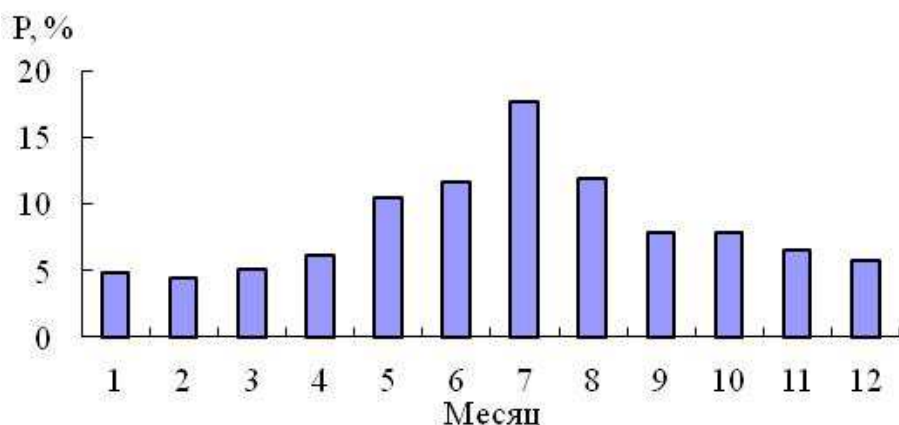


Рис. 3. Среднее многолетнее внутригодовое распределение осадков в Астане (месячные суммы осадков в процентах от годовых, %).

Среднее годовое количество осадков в Астане за 90 лет составляет 295 мм. Максимум осадков приходится на три летних месяца – 121 мм (41 % годовых). Однако высокий температурный фон теплого периода создает здесь условия засушливости. В любом месяце года бывает полное отсутствие или ничтожно малое количество осадков.

Средняя продолжительность залегания устойчивого снежного покрова в Астане – 143 дня. Средняя высота снежного покрова в городе – 23 см (в середине февраля).

Временная изменчивость годового количества атмосферных осадков велика. В отдельные годы годовые осадки превышают норму в 1,75 раза. В наиболее дождливом 1928 г. выпало 520 мм, а в самом сухом 1951 г. их было лишь 112 мм.

Значительна изменчивость и месячных сумм осадков в отдельные годы. Так, не было ни капли дождя в январе и феврале 1932 г., в апреле 1963 г. Максимум месячных осадков зафиксирован в августе 1962 г. – 165 мм, или 44 % от суммы осадков этого года. В мае 2015 г. выпало 114 мм, т.е. 368 % от многолетней майской нормы. Суточный максимум осадков в июле 1972 г. составил 86 мм или 62 % от их месячной суммы.

Межгодовой ход осадков за весь период наблюдений представлен на рис. 4. На рисунке видно, что количество осадков подвержено довольно резким колебаниям от года к году и вместе с тем постепенное увеличение их годовых сумм за 90-летний период при среднем их приросте по 6...7 мм/10 лет.

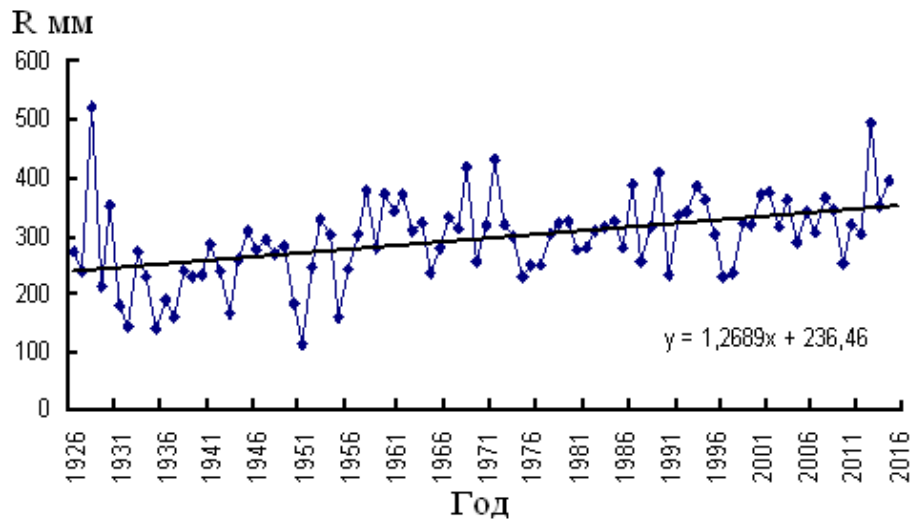


Рис. 4. Межгодовой ход осадков и его линия тренда в Астане за 1926...2015 гг.

Заметное увеличение осадков в последние десятилетия напрямую связано с повышением температуры воздуха, обязанным глобальному потеплению.

Другие характеристики климата Астаны. Средняя годовая скорость ветра в городе – 3,4 м/с при минимуме 2,8 м/с в июле и августе и максимумом 3,9 м/с в феврале. Максимальная скорость ветра, зафиксированная за период наблюдений, 36 м/с, отмечается 1 раз в 20 лет.

Господствующее направление ветров осенью и зимой – южное и юго-западное, летом сменяющееся на северо-восточное, хотя в целом в теплый период года почти все направления ветров имеют практически равные повторяемости. Продолжительность холодного периода 245 суток, а зимы – 5,0...5,5 месяцев. Количество дней с морозами до -25°C и ниже колеблется от 10...14 до 38...45 суток в году, в некоторые годы 18...20 суток за месяц. Средняя годовая влажность воздуха составляет 67 %, с минимумом в июне, 59 %, и максимумом в ноябре, 80 %. Средняя годовая общая облачность равна 6,6 балла, при максимуме 7,4 балла в декабре и минимуме 5,9 балла в августе. Что касается нижней облачности, то ее максимум в 4,8 балла приходится на ноябрь, минимум в 2,9 балла – на февраль, а средняя за год равна 3,5 балла.

Число дней с метелью за год составляет 30 суток, в 52 % случаях – юго-западного направления. Число суток с туманами около 20 в году. Продолжительность теплого периода 213 суток, безморозного периода –

120 суток. Среднее число дней с грозой 18...20. Средняя продолжительность гроз 2,4 часа. Среднее число дней с градом 1...2, в отдельные годы 4...9.

Для оценки влагообеспеченности и агроклиматических ресурсов любой местности используется коэффициент увлажнения – отношение количества выпавших в данном месте осадков к величине возможного испарения, т.е. испаряемости. По существу, этот коэффициент показывает, в какой мере выпадающие осадки возмещают величину испаряемости, отражающую иссушающую способность воздуха.

Для расчета величины годовой испаряемости E существуют десятки формул. Здесь использована разработанная автором ранее достаточно тесная ($r = 0,97$) связь E (мм) с суммой положительных средних месячных температур ($\sum t > 0$) [3]:

$$E = 15,1 \cdot \sum t > 0 - 570. \quad (1)$$

Средняя многолетняя величина испаряемости в Астане, рассчитанная по формуле (1), равна 795 мм. За весь период зафиксировано заметное увеличение E , примерно на 200 мм – от 660 до 860 мм (по 22 мм/10 лет). В последние 25 лет в 1991, 1997 и 2012 гг., E превысила 1000 мм – 1026, 1049 и 1162 мм, соответственно.

Среднее многолетнее значение коэффициента увлажнения оказалось равным 0,38. Его минимум, равный 0,12, зафиксирован для 1951 г., на который приходится и минимум осадков – всего 112 мм. Максимальное значение этого коэффициента, превысившее 0,72, отмечено лишь три раза – в 1928, 1960 и 1972 гг.

По известной классификации Н.Н. Иванова [4], город находится в условиях недостаточного увлажнения, характерного для ландшафтной зоны сухой степи. В течение исследуемого периода величина коэффициента увлажнения находилась на среднем многолетнем уровне, несмотря на увеличивающееся количество осадков. Их увеличение полностью компенсировалось повышением летних и годовых температур воздуха и испаряемости.

При решении ряда вопросов прикладной климатологии имеет значение знание степени континентальности климата, для расчета которой использована популярная среди климатологов формула В. Горчиньского:

$$K = 1,7(A/\sin \varphi) - 23,0, \quad (2)$$

где A – разность температур самого теплого и самого холодного месяцев года, °С; φ – географическая широта.

Среднее многолетнее значение индекса континентальности для Астаны, определенное по (2), составляет 63 %, что соответствует континентальному, как и в Казахстане в целом [2], а не резко континентальному климату, как это до сих пор трактуется в ряде учебников, монографий и статей. Для справки: резко континентальный климат характерен для Средней (Восточной) Сибири, в междуречье Енисея и Лены, где континентальность превышает 70 %.

За 90 лет степень континентальности климата в Астане монотонно уменьшалась от 67 до 60 %, т.е. по 0,78 %/10 лет. При таких темпах можно ожидать, что к середине текущего века она уменьшится в среднем до 56 %, а в начале 22-го столетия климат здесь будет соответствовать умеренно-континентальному, с $K < 50$ %.

Заключение. Согласно расчетам по уравнениям линий трендов, приведенным в поле рис. 1 и 4, к 2050 г. средняя годовая температура в Астане повысится до 5,5 °С, а количество осадков может увеличиться на 1/3 и составить 395 мм.

Очевидно, уменьшение степени континентальности с одновременным увеличением осадков свидетельствует о том, что климат Астаны становится более мягким и более комфортным для живущих в ней людей. Жители города, хозяйствующие субъекты, планирующие органы, районные акиматы должны считаться с грядущими изменениями климата. Во всяком случае, эти изменения следует учитывать при разного рода расчетах элементов климата и речного стока, при составлении перспективных планов и проектов наиболее рационального использования климатических, водных и земельных ресурсов на территории столицы, как, впрочем, и в стране в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астана. Энциклопедия. – 2009. – Атамұра. – 576 с.
2. Вилесов Е.Н., Гужавина Е.А., Уваров В.Н. К характеристике континентальности климата Казахстана / Вопросы гидрологии орошаемых земель Казахстана.– Алма-Ата: 1986. – С. 44-54.
3. Вилесов Е.Н., Таранец Л.К., Таранец С.А. О величине испаряемости на территории Республики Казахстан // Вестник КазГУ. Серия географическая. – 1995. – Вып. 2. – С. 188-200.
4. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Известия АН СССР. Серия геогр. и геофиз. – 1941. – № 3. – С. 261-288.

Поступила 19.07.2017

Геогр. ғылымд. докторы Е.Н. Вилесов

АСТАНА ҚАЛАСЫ КЛИМАТЫНЫҢ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ СОҢҒЫ 90 ЖЫЛДАҒЫ ӨЗГЕРУІ

Түйінді сөздер: климат, ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын, климаттың континенталдығы, булану, ылғалдану коэффициенті

Мақалада Қазақстан Республикасының астанасы – Астана қаласының климаттық режимі сипатталған. Бұл үшін көп жылдық метеорологиялық бақылаулар мен автордың қосымша зерттеулерінің мәліметтері қолданылған. Мәліметтер негізгі метеорологиялық өлшемдер – ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашынның 1926 жылдан 2015 жылға дейінгі 90 жылдағы өзгерісі бойынша берілген.

Vilesov E.N.

FEATURES CLIMATE ASTANA AND THEIR CHANGES IN 90 YEARS

Keywords: air temperature, atmospheric precipitation, continental climate, volatility, humidification factor

The article described the climate regime Astana the capital of Kazakhstan. To do this, use long-term meteorological data and additional research. Materials on the main meteorological variables – air temperature and precipitation, as well as to change them for 90 years, from 1926 to 2015.

УДК 633:551.58

Канд. геогр. наук С.С. Байшоланов¹
А.Р. Жакиева¹
М.С. Габбасова¹
Д.А. Чернов¹

АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

Ключевые слова: агроклиматическое районирование, теплообеспеченность, влагообеспеченность, зерновые культуры, зернобобовые культуры, масличные культуры, технические культуры

На основе сопоставления агроклиматических ресурсов с требованиями сельскохозяйственных культур проведено агроклиматическое районирование территории четырех северных областей Казахстана. Территория Северного Казахстана подразделена на пять зон. Установлены границы зон возделывания основных яровых зерновых, зернобобовых, масличных, технических и овощных культур. При этом учитывалась скороспелость сортов сельскохозяйственных культур. Для определения возможности возделывания озимых зерновых культур были рассмотрены показатели холодного периода. Установлено, что климатические условия зимы Северного Казахстана не позволяют возделывать озимые зерновые культуры.

Развитие сельского хозяйства в нашей стране требует тщательного учета агроклиматических ресурсов, что позволяет определить соответствие климата конкретной территории требованиям сельскохозяйственного производства.

Рассматривая климат и погоду как условия внешней среды, необходимо оценивать сочетание агроклиматических условий с ростом, развитием и формированием урожая сельскохозяйственных культур, на основе учета потребностей культуры к факторам внешней среды.

В Казахстане первый научный труд по агроклиматическим ресурсам и районированию сельскохозяйственных культур «Агроклиматическое районирование Казахстана» был опубликован П.И. Колосковым в

¹ Филиал Института географии, г. Астана, Казахстан

1947 году. В 1955 году под редакцией Ф.Ф. Давитая была опубликована монография «Агроклиматические и водные ресурсы районов освоения целинных и залежных земель». Также в 50-60-х годах 20 века были опубликованы агроклиматические справочники по всем областям Казахстана. В 70-х годах 20 века агроклиматические справочники были переизданы по южным областям Казахстана.

На сегодня эти справочники информационно и технологически устарели, так как в их основу были положены данные 1930...1960 годов, а за последние полвека произошли ощутимые изменения климата и качественного состояния земель. Соответственно возникла необходимость переоценки агроклиматических ресурсов на основе современных физико-математических моделей и геоинформационных технологий.

В текущем 2017 г. в филиале ТОО «Институт географии» МОН РК под руководством доцента Байшолонова С.С., завершается грантовый проект ГУ «Комитет науки» МОН РК по теме «Агроклиматические ресурсы Республики Казахстан в условиях изменения климата». Основной целью проекта является оценка современных агроклиматических ресурсов и районирование основных сельскохозяйственных культур по территории северных и западных областей Казахстана. Исходными данными являются данные метеорологических станций РГП «Казгидромет» МЭ РК.

Сегодня в условиях изменения климата актуальным является районирование сельскохозяйственных культур по территории Казахстана, в зависимости от обеспеченности их агроклиматическими ресурсами. При возделывании сельскохозяйственных культур необходимо учитывать почвенные, климатические и погодные условия, в соответствии с биологическими требованиями растений.

Агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур по территории может служить научной основой для размещения сельскохозяйственного производства на этой территории.

Агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур – это деление территории по признаку соответствия агроклиматических условий потребностям произрастания сельскохозяйственных культур. В результате районирования определяются зоны или территории, где можно возделывать определенных культур и их сортов.

Ранее авторами была проведена оценка агроклиматических ресурсов, которые были освещены в работах [1, 2, 3, 4]. На основе полученных расчетов тепло- и влагообеспеченности, фотосинтетически активной ра-

диации (ФАР), биоклиматического потенциала (БКП), даты заморозков, а также типов почвы было проведено районирование основных сельскохозяйственных культур в исследуемых нами областях Казахстана.

В основу агроклиматического районирования сельскохозяйственных культур были взяты следующие агроклиматические показатели:

1. Сумма активных температур воздуха выше $+10^{\circ}\text{C}$, отсчитанные от климатических сроков завершения посева яровых зерновых культур;
2. Коэффициент увлажнения K ;
3. Биоклиматический потенциал;
4. Месячные суммы фотосинтетически активной радиации;
5. Продолжительность беззаморозкового периода, даты весенних последних и осенних первых заморозков;
6. Минимальная температура на глубине узла кушения (3 см в почве), абсолютный минимум температуры воздуха и средняя высота снежного покрова.

В агрометеорологии при установлении теплообеспеченности и климатических границ возделывания сельскохозяйственных культур различают суммы климатических и биологических температур. Суммы климатических температур характеризуют общие ресурсы тепла данной территории (выше $+5$, $+10$ и $+15^{\circ}\text{C}$). Подсчитываются чаще всего в виде сумм среднесуточных (активных) температур воздуха за период с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$.

Суммы биологических температур характеризуют потребность растений в тепле, где понимается сумма среднесуточных температур воздуха за период вегетации данной культуры, от начала роста до созревания (посев-созревание). При этом рост растений может происходить при более низкой, а созревание при более высокой температуре воздуха, называемой биологическим минимумом.

Для характеристики потребности сельскохозяйственных культур в тепле были использованы биологические суммы температур воздуха для широты 55° с.ш., принятые для практического применения [5, 6, 7, 8]. Также учитывались поправки на длину дня. При продвижении на юг от 55° с.ш., в связи с фотопериодической реакцией, необходимая сумма температур для растений длинного дня увеличивается, а для растений короткого дня – уменьшается, на $5...25^{\circ}\text{C}$ на каждый 1° широты. Для растений нейтральных к длине дня необходимая сумма температур не меняется, т.е. поправка на длину дня равна нулю.

Для определения возможности возделывания растений по влагообеспеченности (при естественном увлажнении атмосферными осадками) можно использовать коэффициент увлажнения K . Сухое земледелие, т.е. земледелие без орошения можно считать возможным при значении $K > 0,50$, характеризующее влагообеспеченность между категориями «недостаточная влагообеспеченность» и «умеренный дефицит влаги» [4].

Для оценки соответствия ресурсов климата требованиям культур определяются значения климатических показателей различной обеспеченности. Например, 80...90 % обеспеченность растений ресурсами климата является достаточной [7]. Для определения культур и их сортов, подходящих для возделывания на данной территории, были использованы значения сумм активных температур воздуха выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответствующие 90 %-ной обеспеченности, а также значение коэффициента увлажнения K соответствующее 80 %-ой обеспеченности.

Анализ показал, что при среднегодовом значении $K = 0,50$, при 80 % обеспеченности соответствует значение $K \approx 0,40$. Надо отметить, что в условиях $K < 0,40$ наблюдаются сильно засушливые условия и устанавливается огромный дефицит влаги. Соответственно в качестве южной границы сухого земледелия можно использовать изолинию $K (80\%) = 0,40$, или же изолинию среднегодового значения $K = 0,50$. В природе эти линии близки друг к другу.

Например, для раннеспелого сорта яровой пшеницы от посева до созревания необходима биологическая сумма температур $1200...1400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Соответственно яровую пшеницу можно будет возделывать на территории, где на 90 % обеспечена сумма активных температур ($1400\text{ }^{\circ}\text{C}$) выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и значение коэффициента увлажнения K при обеспеченности 80 % составляет более 0,40.

После определения территории (зоны), удовлетворяющей требованиям культуры теплом и влагой, ее границы должны проверяться по другим факторам. Например, распределение на этой территории суммы ФАР, даты весенних и осенних заморозков, продолжительности беззаморозкового периода, типа почвы и т.д. После анализа всех факторов принимается окончательное решение по определению территории (зоны, района), где можно возделывать данную культуру.

Таким образом, при проведении агроклиматического районирования сельскохозяйственных культур необходимо учитывать комплекс агроклиматических показателей. При этом первичным и основным опреде-

ляющим фактором является теплообеспеченность. Поэтому сельскохозяйственные культуры были сгруппированы по требованию к теплу, т.е. по биологической сумме температур воздуха, необходимой для прохождения вегетации от посева до созревания. Основные виды яровых зерновых, зернобобовых, озимых зерновых, масличных, технических и овощных культур были сгруппированы в 9 групп (29 культур и их сорта по скороспелости). Шаг разделения на группы равняется 200 °С. Например, к первой группе относятся культуры, которым необходимо тепло 1200...1400 °С, к девятой – 2800...3000 °С.

В табл. 1 в качестве примера, по некоторым метеостанциям приведены основные агроклиматические показатели вегетационного периода, используемые для определения возможности возделывания сельскохозяйственных культур: климатические сроки сева ранних яровых зерновых культур (D_C), сумма активных температур воздуха выше +10 °С 90 % обеспеченности ($\sum t_{10}$), коэффициент увлажнения 80 % обеспеченности (K), средняя дата весенних последних заморозков в воздухе ($D_{з.в.}$), средняя дата первых осенних заморозков в воздухе ($D_{з.о.}$).

Таблица 1

Агроклиматические показатели вегетационного периода

Метеостанция	D_C	$\sum t_{10}$	K	$D_{з.в.}$	$D_{з.о.}$
Петропавловск	15.05	1961	0,80	16.05	19.09
Явленка	13.05	2076	0,71	17.05	21.09
Рузаевка	13.05	2099	0,68	17.05	16.09
Кокшетау	12.05	2132	0,60	17.05	22.09
Балкашино	19.05	1810	0,83	27.05	08.09
Аршалы	11.05	2115	0,57	12.05	16.09
Карабалык	10.05	2144	0,67	13.05	19.09
Костанай	08.05	2313	0,60	06.05	26.09
Аркалык	08.05	2302	0,45	10.05	19.09
Михайловка	13.05	2176	0,56	14.05	21.09
Павлодар	07.05	2412	0,53	09.05	22.09
Коктобе	05.05	2576	0,55	05.05	30.09

На исследуемой территории агроклиматические показатели колеблются в достаточно широких пределах. Вегетационный период, начиная от климатических сроков посева, на 90 % обеспечено теплом 1800...2800 °С. Этот период на 80 % обеспечен влагой $K = 0,45...0,83$, от «умеренный дефицит влаги» до «достаточная, но не устойчивая влагообеспеченность».

На крайнем юге Костанайской области наблюдается огромный дефицит влаги ($K < 0,40$), где без орошения невозможно возделывание сельскохозяйственных культур. В среднем весенние последние заморозки в воздухе отмечаются на юге территории в начале мая, на севере – в конце мая. Осенью первые заморозки отмечаются на севере территории в середине сентября, на юге – в конце сентября.

После анализа агроклиматических условий территории четырех северных областей и сопоставления их с требованиями основных сельскохозяйственных культур, были определены территории (зоны), где можно их возделывать (рис., табл. 2).

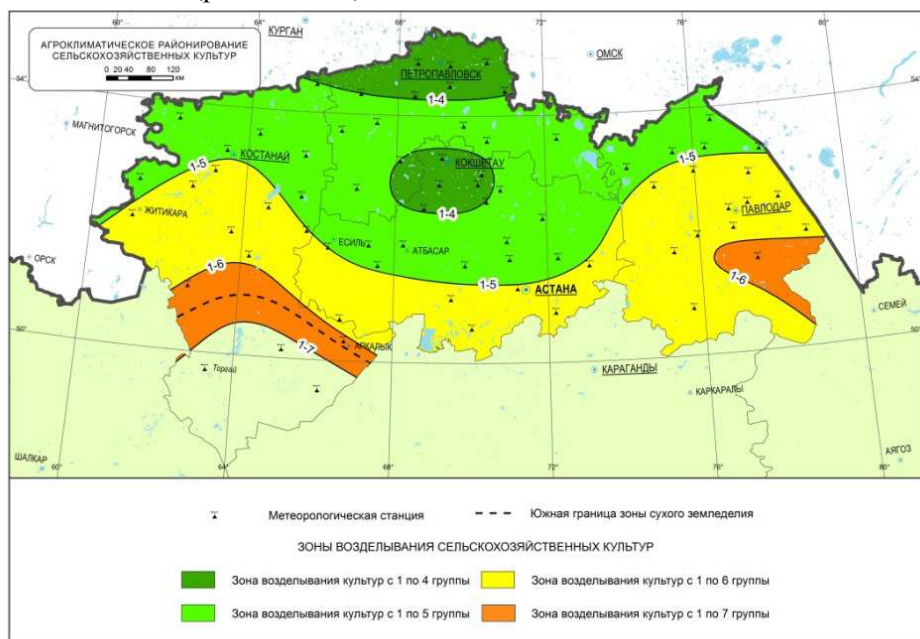


Рис. Агроклиматическое районирование территории в Северном Казахстане.

Таблица 2

Агроклиматическое районирование основных сельскохозяйственных культур в Северном Казахстане

Культура			
яровые зерновые	зернобобовые	масличные и технические	овощные
Зона I			
пшеница, ячмень, овес, просо	Горох, чечевица, чина, нут, бобы, люпин-р, люпин-с	Лён, подсолнечник-р, рапс-р	картофель, капуста

Культура			
яровые зерновые	зернобобовые	масличные и технические	овощные
Зона II			
культуры I зоны + гречиха	культуры I зоны + фасоль, люпин, соя-нр	культуры I зоны + подсолнечник-с, рапс, сахар. свекла-р	культуры I зоны + огурцы, томаты
Зона III			
культуры II зоны + кукуруза-р	культуры II зоны + соя-р	культуры II зоны + подсолнечник, сахар. свекла-с	культуры II зоны
Зона IV			
культуры III зоны + кукуруза-с, сорго-р	культуры III зоны + соя-с	культуры III зоны + сахар. свекла	культуры III зоны
Зона V			
Условия увлажнения не достаточны для возделывания сельскохозяйственных культур			

Примечание: нр – наиболее раннеспелые, р – раннеспелые, с – средне-спелые.

Территория Северного Казахстана по агроклиматическому районированию сельскохозяйственных культур подразделяется на 5 зон:

1) Первая зона занимает север Северо-Казахстанской области и территорию Кокшетауской возвышенности. Здесь агроклиматические условия позволяют возделывать культуры с 1 по 4 группы, которым для прохождения всей вегетации необходимо тепло до 2000 °С. К ним из зерновых культур относится яровая пшеница, ячмень, овес и просо. Из зернобобовых культур можно возделывать горох, чечевицу, чину, нут, бобы, раннеспелые и среднеспелые сорта люпина. Климатические условия также позволяют возделывать лён, раннеспелые сорта подсолнечника, раннеспелые сорта рапса, картофель и капусту. В этой зоне не рекомендуется возделывать культуры не устойчивые к заморозкам. Например, такие как гречиха, фасоль, огурцы и томаты;

2) Вторая зона занимает север Костанайской области, центр и юг Северо-Казахстанской области, северную часть Акмолинской области и север Павлодарской области, где агроклиматические условия позволяют возделывать культуры с 1 по 5 группы, которым для прохождения всей вегетации необходимо тепло до 2200 °С. Здесь можно возделывать те же культур, что и в первой зоне. Кроме этого можно возделывать гречиху,

фасоль, позднеспелые сорта люпина, наиболее раннеспелые сорта сои, среднеспелые сорта подсолнечника, все сорта рапса, раннеспелые сорта сахарной свеклы, огурцы и томаты;

3) Третья зона занимает центр Костанайской области, южную часть Акмолинской области, центр, юго-запад и крайний юг Павлодарской области, где агроклиматические условия позволяют возделывать культуры с 1 по 6 группы, которым для прохождения всей вегетации необходимо тепло до 2400 °С. Здесь можно возделывать те же культур, что и во второй зоне. Кроме этого можно возделывать раннеспелые сорта кукурузы, раннеспелые сорта сои, все сорта подсолнечника и среднеспелые сорта сахарной свеклы;

4) Четвертая зона занимает северную часть южной половины Костанайской области и юго-восток Павлодарской области, где агроклиматические условия позволяют возделывать культуры с 1 по 7 группы, которым для прохождения всей вегетации необходимо тепло до 2600 °С. Здесь можно возделывать, кроме культур третьей зоны, среднеспелые сорта кукурузы, раннеспелые сорта сорго, среднеспелые сорта сои и позднеспелые сорта сахарной свеклы. Однако необходимо отметить, что в Костанайской области примерно посередине этой зоны проходит линия южной границы сухого земледелия. Южнее этой линии затруднено возделывание сельскохозяйственных культур без орошения;

5) Пятая зона занимает южные районы Костанайской области. Здесь атмосферные условия увлажнения не достаточны для возделывания сельскохозяйственных культур. Здесь и почвы, в основном, не пригодны для земледелия.

В холодный период года в результате неблагоприятных погодных условий может происходить вымерзание, выпревание под мощным снежным покровом, вымокание из-за застоя воды на полях, выпирание из-за чередования оттепелей и морозов, повреждение растений ледяной коркой, а также зимний нагрев и иссушение зимующих растений.

Изучению условий перезимовки культурных растений посвящены множество исследований. Например, можно отметить, исследования Ф.Ф. Давитая, В.М. Личикаки, А.М. Шульгина, Г.Д. Рихтера, В.А. Моисейчика, З.А. Мищенко и др.

Согласно районированию агроклиматических условий перезимовки озимых культур на территории СНГ В.А. Моисейчиком, на западе, севере, в центре и северо-востоке Казахстана условия перезимовки оцени-

ваются как очень плохие, на юге и востоке – как удовлетворительные и хорошие [8].

В Казахстане основной причиной гибели сельскохозяйственных культур зимой является вымерзание растений в результате воздействия сильных морозов. В то же время очень высокий снежный покров в теплые зимы может привести к выпреванию озимых культур. Также сильные ветры могут вызывать перераспределение снега, вызывая оголение больших площадей. С наветренной стороны рельефа высота снега может быть не высокой, что также влияет на условия перезимовки озимых культур. Такие условия свойственны Северному Казахстану.

В зависимости от зимостойкости сорта и условия осенней заделки критическая температура вымерзания на глубине узла кущения находится у озимого ячменя в пределах $-13...-16$ °С, у озимой пшеницы – в пределах $-16...-22$ °С, у озимой ржи – в пределах $-18...-24$ °С. После интенсивных оттепелей растения погибают и при менее низких температурах почвы.

Для определения возможности возделывания озимых зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень) кроме агроклиматических показателей теплого периода были рассмотрены показатели холодного периода.

В связи с ограниченностью данных по температуре почвы на глубине узла кущения, для оценки условий перезимовки озимых зерновых культур были использованы другие показатели, такие как средняя минимальная температура воздуха за январь ($t_{\min cp}$), различное сочетание абсолютной минимальной температуры воздуха ($t_{\min абс}$) и средней высоты снежного покрова за зиму (h_c), обеспечивающего сохранность посевов, а также показатель суровости зимы по А.М. Шульгину (K_c).

В табл. 3 в качестве примера приведены агроклиматические показатели холодного периода по некоторым населенным пунктам Северного Казахстана. На изучаемой территории средняя минимальная температура воздуха за январь составляет от $-18,3$ °С до $-21,4$ °С. Соответственно такие условия при невысоком снежном покрове полностью исключают успешную перезимовку озимого ячменя и пшеницы.

На территории четырех областей Северного Казахстана абсолютная минимальная температура воздуха колеблется в пределах $-40...-48$ °С. При таких температурных условиях средняя высота снежного покрова, обеспечивающая укрытие поля озимых культур, должна быть более 27 см. Почти на всей территории Северного Казахстана, за исключением некоторых мест,

средняя высота снежного покрова составляет менее 27 см, и соответственно не обеспечивается сохранность посевов озимых зерновых культур.

Таблица 3

Агроклиматические показатели холодного периода

Метеостанция	$t_{\min ep}$, °C	$t_{\min abc}$, °C	h_c , см	K_c		
				декабрь	январь	февраль
Петропавловск	-20,3	-43,4	33	1,7	1,0	0,7
Явленка	-20,0	-43,8	21	2,2	1,5	1,3
Рузаевка	-19,7	-43,1	18	2,4	1,8	1,5
Кокшетау	-18,6	-44,8	19	1,6	1,3	1,1
Балкашино	-20,8	-48,5	32	1,6	1,1	0,8
Аршалы	-18,3	-46,0	16	2,3	2,0	1,7
Карабалык	-20,5	-44,9	29	1,7	1,1	0,9
Костанай	-20,2	-43,1	21	2,2	1,4	1,2
Аркалык	-19,4	-41,5	22	2,2	1,5	1,0
Михайловка	-21,4	-46,2	17	2,3	1,9	1,6
Павлодар	-21,0	-45,2	23	1,7	1,4	1,2
Коктобе	-20,1	-44,5	12	4,0	2,6	2,1

Также показатель суровости зимы (K_c) на всех метеостанциях Северного Казахстана как минимум в одном из зимних месяцев бывает более 1,0, что характеризует суровую зиму, т.е. зимние условия не могут обеспечить успешную перезимовку озимых зерновых культур.

Таким образом, в Северном Казахстане климатические условия зимы не позволяют на системной основе возделывать озимые зерновые культуры. Хотя в теплые зимы (1...2 года из 10 лет) на юге Костанайской и Павлодарской областей создаются относительно благоприятные условия для перезимовки яровой ржи и пшеницы.

В заключение можно резюмировать, что территория Северного Казахстана по агроклиматическому районированию основных сельскохозяйственных культур была подразделена на пять зон, в четырех из которых есть условие для сухого земледелия. По этим зонам были определены виды и сорта по скороспелости яровых зерновых, зернобобовых, масличных, технических и овощных культур, для которых создаются благоприятные условия развития. Также установлено, что климатические условия зимы Северного Казахстана не позволяют на системной основе возделывать озимые зерновые культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байшоланов С.С., Клещенко А.Д., Мусатаева Г.Б., Муканов Е.Н., Чернов Д.А., Жакиева А.Р. Оценка агроклиматических ресурсов Акмолинской области // Вопросы географии и геоэкологии. – 2016. – № 1. – С. 75-84.
2. Байшоланов С.С., Муканов Е.Н., Чернов Д.А., Жакиева А.Р. Агроклиматические особенности вегетационного периода в Акмолинской области // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 2. – С. 27-37.
3. Байшоланов С.С., Мусатаева Г.Б., Павлова В.Н., Муканов Е.Н., Чернов Д.А., Жакиева А.Р. Оценка агроклиматических ресурсов Северо-Казахстанской области // Вестн. КазНУ. Сер. геогр. – 2015. – Вып. 2(41). – С. 151-159.
4. Байшоланов С.С., Полевой А.Н. Оценка влагообеспеченности вегетационного периода в северной зерносеющей территории Казахстана // Физическая география и геоморфология. – 2016. – Вып. 3(83). – С. 95-102.
5. Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А., Сиротенко О.Д. Биоклиматический потенциал России: теория и практика. – М.: КМК, 2006. – 512 с.
6. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д., Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том 1. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 808 с.
7. Лосев А.П. Практикум по агроклиматическому обеспечению растениеводства. – СПб.: Гидрометеоздат, 1994. – 243 с.
8. Мищенко З.А. Агроклиматология: учебник. – Киев: КНТ, 2009. – 512 с.

Поступила 24.08.2017

Геогр. ғылымд. канд. С.С. Байшоланов
 А.Р. Жакиева
 М.С. Габбасова
 Д.А. Чернов

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДА АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫН АГРОКЛИМАТТЫҚ АУДАНДАСТЫРУ

Түйінді сөздер: агроклиматтық аудандастыру, жылуқамтамасыздық, ылғалқамтамасыздық, дәнді дақылдар, бұршақдәнді дақылдар, майлы дақылдар, техникалық дақылдар

Агроклиматтық ресурстарды ауылшаруашылық дақылдарының талаптарымен салыстыру негізінде Қазақстанның солтүстік төрт облысы аумағында дақылдарды агроклиматтық

аудандастыру жүргізілді. Солтүстік Қазақстан аумағы бес аймаққа бөлінді. Негізгі жаздық дәнді, бұршақдәнді, майлы, техникалық және көкөніс дақылдарын өсіру аймақтарының шекаралары анықталды. Бұл жерде ауылшаруашылық дақылдары сұрыптарының пісу жылдамдығы ескерілді. Күздік дәнді дақылдарды егу мүмкіндігін анықтау үшін салқын кезеңнің көрсеткіштері қарастырылды. Солтүстік Қазақстанның қысқы климаттық жағдайлары күздік дәнді дақылдарды өсіруге мүмкіндік бермейтіні анықталды.

Baisholanov S.S., Zhakieva A.R., Gabbasova M.C., Chernov D.A.

AGRO-CLIMATIC ZONING OF AGRICULTURAL CROPS IN NORTHERN KAZAKHSTAN

Keywords: agro-climatic zoning, heat provision, moisture provision, grain-crops, leguminous plants, oil-bearing cultures, industrial crops

Based on the comparison of agroclimatic resources with the requirements of agricultural crops, their agroclimatic zoning on the territory of four northern Kazakhstan regions of was carried out. The territory of Northern Kazakhstan is divided into five zones. The boundaries of zones the cultivation of basic spring cereals, legumes, oilseeds, technical crops and vegetable crops have been established. At the same time, the early ripeness of varieties of agricultural crops was taken into account. The indicators of the cold period were considered to determine the possibility of cultivation of winter grain crops. It has been established that the climatic conditions of the winter of northern Kazakhstan do not allow the cultivation of winter grain crop.

УДК 551.589.6, 551.515.7, 551.50

Е.В. Самчук¹

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЕ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ И АНТИЦИКЛОНОВ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНОГО ПОДХОДА

Ключевые слова: объективная идентификация, барическое образование, циклон, антициклон, реанализ, траектория, программное обеспечение

Целью исследования является разработка и программная реализация комплексного метода трехмерной идентификации и пространственного отслеживания барических образований в нижней и средней тропосфере. Разработанный метод обеспечивает быстрое получение надежных данных о перемещении циклонов и антициклонов и является базисом автоматизированной системы мониторинга атмосферных процессов на территории Северного полушария.

Постановка задачи. Основными проявлениями атмосферной циркуляции в умеренных широтах является циклоническая и антициклоническая деятельность. Она включает образование, эволюцию, перемещение и заполнение или разрушение барических образований в нижней и средней тропосфере. Эти процессы обеспечивают глобальный перенос атмосферной энергии, тепла и влаги. Поэтому объективная информация необходима для описания и систематизации особенностей атмосферных процессов различного типа, временного и пространственного масштабов в разные сезоны в разных условиях, в связи с чем возникает необходимость в обеспечении точной идентификации барических образований, как во времени, так и в пространстве. Принимая во внимание то, что характеристики циклонов и, в меньшей степени, антициклонов умеренных широт, такие как интенсивность, длительность существования и даже геометрическая форма, могут сильно варьировать от случая к случаю, объективная идентификация барических образований является сложной задачей. Необходимо учитывать, что существующие методы идентификации барических образований преимущественно затрагивают проблему выделения именно ци-

¹ Украинский гидрометеорологический институт, г. Киев, Украина

клонов, в то время как антициклонам уделено гораздо меньше внимания. Общей чертой этих методов является то, что в них барическое образование идентифицируется исключительно на плоскости – в поле приземного давления или на одной из изобарических поверхностей. Такой подход не принимает во внимание вертикальную структуру барического образования, а результаты его применения не отражают состояние нижней и средней тропосферы в полной мере.

Особую актуальность данная задача имеет применительно к описанию и систематизации атмосферных процессов путем составления сборно-кинематических карт природных синоптических периодов в подразделениях Украинской гидрометеорологической службы. В отсутствие методов и, в особенности, прикладных инструментов идентификации барических образований данный вид работы выполняется исключительно в ручном режиме, что обуславливает с одной стороны значительное влияние человеческого фактора на конечный результат, с другой – значительные затраты времени. Как следствие, в полученную картину циклонической и антициклонической активности закладывается значительная доля субъективности, что нивелирует значимость полученных результатов.

Таким образом, целью данного исследования является разработка комплекса методов, направленных на идентификацию барических образований во всей толще нижней и средней тропосферы с учетом пространственных характеристик и эволюции во времени, а также разработки программного инструментария для автоматизации процедуры идентификации.

Состояние изученности вопроса. За последние десятилетия в рамках данной тематики было выполнено ряд исследований, большинство из которых посвящено исключительно идентификации циклонов. Относительно антициклонов предлагалось использовать обратные к идентификации циклонов методы, однако отдельно данный вопрос не рассматривался.

Поскольку существуют различные подходы к пониманию самой природы циклонов, различные методы идентификации циклонов используют различные величины, характеризующие состояние атмосферы. Среди них присутствуют приземный давление и его градиент [2], относительный вихрь скорости ветра [4], высота изобарических поверхностей AT_{1000} [3, 6] и AT_{850} [5], и лапласиан геопотенциала [1, 7]. Также сильно варьируют критерии идентификации циклонов. При использовании приземного давления в качестве диагностирующей величины критерием может выступать сочетание минимального давления и максимального его лапласиана или

градиента, или высокая (>10 м/с) скорость приземного ветра. Отдельно выделяется группа методов, в которых каждый узел регулярной сетки рассматривается как «кандидат» на роль центра циклона путем сравнения значения определенных величин в нем с соответствующими значениями в соседних узлах сетки. Также для каждого метода установлены конкретные условия, при которых предварительно выделенный центр циклона может быть удален из результатов процедуры идентификации. Это могут быть как критические значения величин, используемых для идентификации, так и расстояние межсуточного смещения положения циклона, продолжительность его существования или высота над уровнем моря территории, где идентифицирован циклон [7].

Общей проблемой разработанных методов является сложность определения единых критериев, которые удовлетворяли бы всем случаям, а именно величины давления, барического градиента, завихренности, лапласиана давления в центре циклона, его пространственную конфигурацию и прочее. Установленные же для данных методов критерии лучше всего описывают классические циклоны умеренных широт, которые имеют четко очерченные, геометрически правильные концентрические изобары. При таких условиях идентификация малоподвижной циклонической депрессии, которая сильно вытянута в одном из направлений и занимает большую площадь, осложняется тем, что заданным критериям могут соответствовать не один, а несколько узлов регулярной сетки, находящихся внутри. Это, в свою очередь, может привести к трудностям в дальнейшем построении траектории данного барического образования. Также такая процедура идентификации более ресурсоемка в связи с расчетом производных от давления величин. В данном контексте наиболее перспективными являются методы, в которых циклон идентифицируется не путем установления его центра, а путем выделения в поле давления изолированных областей низкого давления [6].

Так же разнообразны и методы объединения выделенных центров барических образований в траектории. Наиболее широко применяется метод «ближайшего соседа» в его классическом понимании. Поиск «соседа» проводится в ограниченной части пространства вокруг последней точки траектории циклона, размер которой может иметь радиус 600...800 км, 10° широты и долготы или площадью определенного размера, например 200 тыс. км². В [8] данный метод расширен за счет вероятностного определения направления перемещения циклона в следующий интервал времени.

Характеристика исходных данных и методика исследований.

При выполнении исследования были использованы данные проекта NCEP/NCAR Reanalysis II, а именно поля приведенного к уровню моря атмосферного давления, а также геопотенциала на изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа. Расчетная область охватывает Северное полушарие до 20° с.ш. включительно. Сетка – регулярная, с шагом 2,5°. Временной интервал составляет 6 часов. Данные охватывают период с 1976 по 2015 гг. Расчетная часть исследования реализована на платформе Microsoft.NET с использованием языка программирования C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2015 Community Edition.

Изложение основного материала. Комплексная методика трехмерной идентификации барического образования предусматривает следующие этапы:

- выделение очагов высокого и низкого давления или геопотенциала в приземном поле и на изобарических поверхностях AT_{850} , AT_{700} и AT_{500} ;
- формирование вертикального профиля отдельного барического образования на основе центров очагов, выделенных на предыдущем этапе;
- построение траектории перемещения барического образования и отслеживание его эволюционных изменений со временем.

Выделение очагов высокого и низкого давления и геопотенциала в приземном поле и на изобарических поверхностях. Для выделения очагов высокого и низкого давления и геопотенциала в приземном поле и на изобарических поверхностях разработан универсальный метод, который одинаково эффективен независимо от типа выделяемого очага, его интенсивности, текущего сезона года и положения относительно других очагов. Особенности метода будут описаны для случая выделения очага низкого давления в поле приземного давления. Все положения, изложенные ниже, справедливы и для выделения очагов низкого геопотенциала на изобарических поверхностях; для выделения очагов высокого давления и геопотенциала справедливы обратные положения. Существующие различия будут изложены отдельно.

Выделение очагов низкого давления в приземном поле предусматривает локализацию изолированных областей низкого давления путем итерационной фильтрации узлов регулярной сетки. Сначала определяется минимальное и максимальное значение давления в зоне расчета и устанавли-

ливается репер – ближайшее к минимуму значение давления, которое больше и кратное 5 гПа, что соответствует шагу построения изобар на картах приземного давления. После этого из рассматриваемого поля давления отбираются те узлы, в которых давление не превышает реперное.

Как результат формируется массив, содержащий в себе информацию о широте, долготе и давлении в отобранных узлах. В дальнейшем этот массив разделяется на отдельные кластеры, в каждый из которых входят только те узлы, которые непосредственно примыкают друг к другу и не примыкают к другим узлам из числа отобранных. Каждый такой кластер представляет собой набор узлов, находящихся внутри определенной замкнутой изобары и изолированных от остальных отобранных узлов. Внутри каждого кластера определяется узел с минимальным давлением и узел, являющийся геометрическим центром точек, вошедших в кластер. Геометрический центр кластера определяется путем поиска в нем узла, сумма расстояний от которого до других узлов кластера минимальна. На этом этапе выделяются только те очаги низкого давления, интенсивность которых максимальна для данного поля. Поэтому реперное значение давления увеличивается на 5 гПа и процедура повторяется. При этом, начиная со второго шага итерации, проводится процедура отсеивания узлов сетки, которые прилегают к узлам, использованным на предыдущем шаге. Это предотвращает повторную обработку ранее выделенных очагов низкого давления и существенно сокращает затраты времени на обработку всего поля. Данная процедура повторяется до тех пор, пока реперное значение давления не превышает максимального значения давления для данного поля.

Зависимо от уровня, на котором производится выделение очага, и его типа применяются отдельные условия. Так, например, выделение очагов высокого давления выполняется в обратном направлении – в качестве реперного значения давления устанавливается максимальное значения давления, которое итерационно уменьшается до 1020 гПа, что соответствует принятой в синоптической практике границе между циклональным и антициклональным типом барического поля на уровне моря. На изобарических поверхностях итерационная фильтрация осуществляется для всех (от минимального до максимального) значений реперного геопотенциала; шаг итерации для изобарических поверхностей составляет 4 гп. дам.

При разработке данного метода большое внимание уделялось скорости его выполнения. Как показала практика, процедура кластеризации массива отобранных узлов является крайне медленным процессом. При

объеме массива более 500 узлов его обработка может длиться от 20 до 30 секунд; в отдельных случаях, например, при идентификации крайне глубоких циклонов, затраты времени могут возрастать в 3...5 раз, что является неприемлемым при обработке больших временных периодов. Поэтому для сокращения затрат времени на процедуру кластеризации перед ее началом проводится анализ массива отобранных узлов, и из него удаляются те, которые непосредственно прилегают к узлам, отобранным на предыдущих уровнях (рис. а, б, в). Это позволяет сократить затраты времени на обработку одного поля до 1 с независимо от структуры поля. Благодаря этому появляется возможность относительно быстро обрабатывать большие массивы данных даже на маломощных вычислительных машинах.

Результаты, полученные при выделении очагов низкого и высокого давления и геопотенциала, хранятся в реляционной базе данных, которая содержит информацию о центрах, идентифицированных в каждый отдельный срок, а именно:

- тип центра (высокий или низкий);
- экстремальное значение давления или геопотенциала в центре очага;
- широта и долгота геометрического центра ячейки и узла с минимальным (максимальным) давлением (геопотенциалом).

Построение вертикальных профилей барических образований. В предыдущем разделе термины «циклон» и «антициклон» не употреблялись по следующим соображениям. Согласно классификации барических образований, выделяются те, которые наблюдаются во всей толще тропосферы (высокие), только в нижних ее слоях (низкие), и только на высоте (высотные). Поэтому анализ барического поля лишь на одном из уровней не дает возможности с уверенностью говорить о том, соответствует ли замкнутая область низкого или высокого давления или геопотенциала реальному циклону или антициклону в тропосфере. Для понимания полной картины состояния атмосферы в данный момент необходимо иметь представление не только о взаиморасположении барических образований, но и об их вертикальной структуре. Поэтому понятия «барическое образование», «циклон» и «антициклон» могут быть введены только после построения и анализа вертикального профиля барического образования на основе результатов предыдущего этапа идентификации.

Входной информацией для алгоритма построения профиля барического образования является массив, который содержит отсортированные по вертикальным уровням характеристики очагов. Для построения вертикаль-

ного профиля циклона в качестве точек профиля используются данные об узлах с наименьшим давлением или геопотенциалом, в то время как для антициклона – об узлах, представляющих геометрический центр соответствующего очага высокого давления или геопотенциала. Данное различие обусловлено большими линейными размерами антициклонов, в связи с чем их геометрический центр и соответствующий узел с максимальным давлением могут находиться на значительном расстоянии друг от друга.

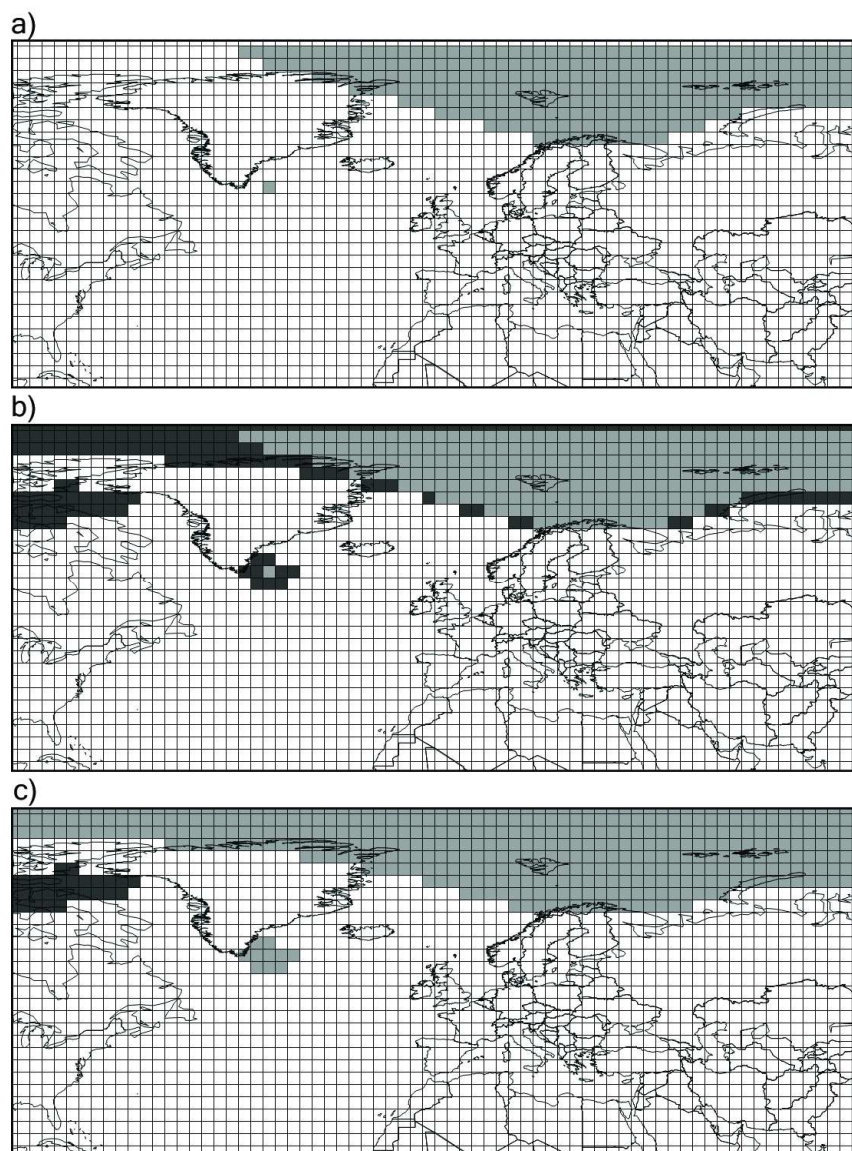


Рис. Стадии процесса кластеризации узлов регулярной сетки.

Построение вертикального профиля барического образования начинается с приземного слоя. Центры, идентифицированные в поле приземного давления, становятся первой точкой профиля, после чего последовательно на всех выше расположенных уровнях начинается поиск центра очага, который находится на следующем по высоте уровне в радиусе не более 1000 км от предыдущей точки вертикального профиля. Данное ограничение по расстоянию обусловлено тем, что вертикальный профиль барических образований чаще всего имеет наклон к земной поверхности и лишь на поздних стадиях их существования становится квазивертикальным.

Конечным результатом выполнения процедуры построения профилей является коллекция их характеристик, построенных для конкретного момента времени. Данная коллекция включает информацию о типе профиля (циклональный или антициклональный), географические координаты и значения давления или геопотенциала в каждой точке профиля, количество уровней, которые охватывает профиль, а также усредненные по профилю географические координаты, характеризующие общее положение барического образования. Во избежание переполнения базы данных хранению подлежат характеристики только тех профилей, которые охватывают не менее двух уровней.

Построение траекторий барических образований. Важной характеристикой каждого барического образования является продолжительность периода его существования и особенности его перемещения. Поэтому для решения таких задач синоптической практики, как, например, построение сборно-кинематических карт естественных синоптических периодов, необходимо построение траекторий перемещения барических образований.

Для построения траекторий применяется метод ближайшего соседа в классическом его понимании. Согласно этому методу составным звеном траектории может быть только та точка, абсолютное расстояние от которой до предыдущей и последующей точки траектории является минимальной из всех возможных. При построении траекторий барических образований точками траекторий выступают усредненные по профилю положения барического образования, полученные на предыдущем этапе идентификации. Максимально допустимое расстояние между средними положениями барического образования, которые могут быть объединены в одну траекторию, составляет 700 км. Такое расстояние соответствует средней скорости перемещения барического образования за прошедшие 6 часов

около 110 км/час, что превышает фактические скорости движения циклонов и антициклонов, за счет чего исключается возможность разрыва траектории быстро движущегося барического образования. Также при построении траектории циклонов, начиная с ее второго звена, учитывается направление его перемещения относительно предыдущего шага. Если эти направления являются противоположно направленными, данная точка не включается в траектории, но ее построение не прерывается. Максимально допустимое расстояние между звеньями траектории увеличивается в 1,5 раза и поиск центра циклона, который удовлетворил бы условиям построения траектории, проводится среди центров следующего срока. В случае отсутствия такого центра построение траектории прерывается окончательно. После нахождения следующего звена траектории максимально допустимое расстояние возвращается к первоначальному значению.

Для каждой траектории определяются подробные и обобщенные характеристики, которые сохраняются в базу данных для дальнейшего использования. Игнорируются барические образования, продолжительность существования которых составляет менее 24 часов.

Верификация результатов. Анализ публикаций показывает, что оценка точности методов идентификации барических образований, является крайне неоднозначной задачей, прямое и полноценное решение которой не представляется возможным. Причиной тому является в первую очередь отсутствие эталонной информации, с которой можно сравнить полученные результаты. Поэтому зачастую ограничиваются сравнением между собой результатов, полученных путем использования разных методов идентификации, а именно количества барических образований, идентифицированных на одной территории за один временной период. Однако такой подход способен обеспечить лишь относительные оценки, практическая ценность которых минимальна, поскольку, как было показано, подходы к каждому отдельному этапу идентификации существенно отличаются. Возможной является лишь частичная оценка точности предложенного метода идентификации, а именно его первого этапа – выделения центров очагов высокого и низкого давления или геопотенциала. Данная оценка проводилась путем визуального контроля соответствия идентифицированных центров очагов областям низкого и высокого давления и геопотенциала, представленных на картах приземного давления и абсолютной барической топографии за 2015 г., которые построены на основе той же исходной информации, что используется при идентификации. Принцип

работы алгоритма выделения центров подразумевает его точность на уровне 100 %. Однако, в процессе верификации результатов была выявлена особенность работы алгоритма, связанная со спецификой исходной информации. Речь идет об избыточной идентификации центров очагов высокого и низкого давления или геопотенциала, происходящей в случаях, когда в сетке присутствуют единичные узлы, которые согласно правилам проведения изолиний должны находиться внутри замкнутой изолинии. Поскольку карты для процедуры верификации строятся с предварительной адаптацией прямоугольной сетки к конической проекции, такие единичные узлы (особенно в полярных регионах) могут быть вообще не отражены на картах барической топографии. Поэтому фактическая точность метода выделения центров очагов высокого и низкого давления или геопотенциала составляет 98,1 % (табл.). В то же время данная погрешность не способна повлиять на конечный результат идентификации барических образований, получаемый на этапах построения его вертикального профиля и траектории, поскольку избыточно выделенные центры не используются в последующих этапах идентификации. Точность построения траекторий барических образований практически не поддается оценке в связи с отсутствием соответствующих объективных методов.

Таблица

Точность выделения центров очагов низкого (Ц) и высокого (АЦ) давления и геопотенциала

Уровень	Ц		Точность, %	АЦ		Точность, %
	всего	лишние		всего	лишние	
Приземный	12838	510	96,0	10854	595	94,5
АТ ₈₅₀	12468	124	99,0	7680	80	98,9
АТ ₇₀₀	10534	110	98,9	5290	37	99,3
АТ ₅₀₀	10663	105	99,0	3775	32	99,2

Перспективы дальнейших исследований. Предложенная методика идентификации барических образований имеет высокую точность, что в сочетании с небольшими затратами времени на выполнение делает ее высокоэффективным инструментом структуризации нижней и средней тропосферы. Построение траекторий барических образований за длительные промежутки времени позволяет отслеживать их в течение всего периода существования и получать их подробные динамические характеристики на разных этапах развития. Разработанная методика заложена в основу перспективной автоматизированной системы построения сборно-кинематических карт естественных синоптических периодов и монито-

ринга развития атмосферных процессов. Разработанное в ходе исследования программное обеспечение позволяет выделять группы сходных по характеристикам барических образований. Это открывает возможность изучать отдельные типы атмосферных процессов (блокирование западного переноса, южные циклоны, ультраполярные вторжения), а также получать подробную информацию об их современном состоянии и динамике за последние 40 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабух В.О. Объективная идентификация барических систем синоптического масштаба // Вестник Киевского национального ун-та им. Тараса Шевченко. Серия: География. – 2005. – № 51. – С. 49-50.
2. Benestad, R. E. The use of a calculus-based cyclone identification method for generating storm statistics // D. Chen. – 2006. – Vol. 58A. – P. 473-486.
3. Blender R, Schuber M. Cyclone tracking in different spatial and temporal resolutions // Monthly Weather Review. – 2000. – Vol. 128. – P. 377-384.
4. Hewson, T.D. Objective identification, typing and tracking of the complete life-cycles of cyclonic features at high spatial resolution // Meteorological Applications. – 2010. – Vol. 17. – P. 355-381.
5. Kew S.F. Potential vorticity anomalies of the lowermost stratosphere: A 10-yr winter climatology // Monthly Weather Review. – 2010. – Vol. 138. – P. 1234-1249.
6. Klaus – An exceptional winter storm over northern Iberia and southern France / M. R. L. Liberato [et al] // Weather. – 2011. – Vol. 66. – P. 330-334.
7. Leckebusch G.C., Koffi B., Ulbrich U., Pinto J.G., Spanghel T., Zacharias S. Analysis of frequency and intensity of winter storm events in Europe on synoptic and regional scales from a multi-model perspective, at synoptic and regional scales // Climate Research. – 2006. – Vol. 31. – P. 59-74.
8. Sensitivities of a Cyclone Detection and Tracking Algorithm: Individual Tracks and Climatology / Joaquim G. Pinto [et al] // Meteorologische Zeitschrift. – 2005. – Vol. 14, № 6. – P. 823-838.

Поступила 20.07.2017

Е.В. Самчук

**СОЛТУСТІК ЖАРТЫШАРДЫҢ ТРОПИКАДАН ТЫС
ЦИКЛОНДАРЫ МЕН АНТИЦИКЛОНДАРЫН ҮШ ӨЛШЕМДІ ЖОЛ
НЕГІЗІНДЕ СӘЙКЕСТЕНДІРУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ**

Түйінді сөздер: объективті сәйкестендіру, бар құрылу, циклон, антициклон, шынайы талдау, траектория, бағдарламамен қамсыздандыру

Зерттеудің мақсаты, төменгі және орта тропосферадағы бар құрылымдарын үш өлшемді сәйкестендіру және кеңістіктік бақылаудың кешенді әдістемесін өңдеу және бағдарламалық жүзеге асыру, болып табылады. Өңделген әдістеме циклондар мен антициклондардың ауытқуы бойынша сенімді мәліметтерді аз уақытта алу және Солтүстік жартышар аумағындағы атмосфералық процесстер мониторинг жүйесін автоматтандыру негізі.

Samchuk E.V.

IDENTIFICATION AND TRACKING OF EXTRATROPICAL CYCLONES AND ANTICYCLONES IN THE NORTHERN HEMISPHERE BASED ON THREE-DIMENSIONAL APPROACH

Keywords: objective identification, baric system, cyclone, anticyclone, reanalysis, trajectory, software

The purpose of this research is to analyze existing methods and algorithms used for identification and tracking of baric systems in low and middle troposphere to choose the most reliable data and methods for further research.

Developed a unified methodology of baric system identification based on step-by-step localization of isolated clusters of low and high sea level pressure and geopotential height on ground level and standard isobaric levels. Centers of clusters on different levels are combined in single vertical profile which represents one certain baric system. Tracking of baric system movement realized with improved nearest neighbor method. Software for the purposes of an automatic identification of baric systems in the Northern Hemisphere was developed. Also, created a database of Northern hemisphere baric systems existed during 1976...2015.

УДК 551.515.532.5.18

Канд. техн. наук И.Г. Гуршев¹

ИЗМЕНЕНИЕ МАССЫ ПЕСКА В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ ВО ВРЕМЯ ПЕСЧАНОЙ БУРИ

Ключевые слова: масса песка, песчаная буря, уравнения

Получено уравнение изменения массы песка в двухфазном потоке во время песчаной бури на основе рассмотрения процесса поступления частиц песка в поток и их выпадения из потока. Решение уравнения даёт функцию для расчета увеличения массы песка в приземном слое атмосферы во времени $M = M_0 \exp[\lambda(t - t_0)]$ при использовании начальных условий $t = t_0$, $M = M_0$. Выполнены числовые оценки временного роста массы песка. Определяется минимальный размер подвижных частиц песка, проникающих в воздушный поток при появлении критической скорости ветра.

Выявление связей между характеристиками частиц песка и переносимой во время песчаной бури массой песка является важной задачей. Для решения этой задачи необходимо предварительно получить уравнение изменения массы песка в двухфазном потоке. Вывод уравнения будем выполнять для выделенных из общей массы полидисперсного песка частиц с размером x .

Пусть лежащие на песчаной поверхности частицы песка имеют размер x , критическую скорость u_k , а также скорость свободного гравитационного падения w_g . Пусть число таких частиц будет N . Во время песчаной бури, на некоторой высоте над песчаной поверхностью появляется критическая скорость воздушного потока. По порядку величины эта высота составляет 10^{-2} м [4]. Измерения показывают, что значение критической скорости потока имеет порядок $u_k \sim 1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Согласно исследованиям [2, 4] по достижении ветром критической скорости u_k , лежащие на поверхности частицы песка поступают в воздушный поток. Таким обра-

¹ г. Санкт Петербург, Россия

зом, возникает поток твёрдого вещества, который характеризуется величиной массового расхода.

Одна частица песка во время поступления в воздушный поток переносит вещество через величину площади, равной площади сечения этой частицы. Площадь сечения S частицы пропорциональна квадрату размера x этой частицы, т.е. $S = ax^2$. Здесь a – безразмерный коэффициент. Массовый расход вещества q при переносе его одной частицей равен

$$q = \rho ax^2 u_k, \quad (1)$$

где ρ – плотность вещества частицы песка.

Обозначив квадратными скобками, размерность величины q , получим что равенство (1) имеет размерность массового расхода [5, 6], т.е.

$$[q] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}} = \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \text{ Плотность вещества } \rho \text{ определяется как частное от}$$

деления массы частицы m на объём частицы V . С другой стороны, объём частицы V связан с её размером x следующим образом $V = ax^3$. Таким образом, массовый расход вещества равен

$$q = \frac{ax^2 u_k m}{ax^3} = \frac{m u_k}{x}. \quad (2)$$

Выражение (2) имеет размерность массового расхода, т.е.

$$[q] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{с}} = \frac{\text{кг}}{\text{с}}. \text{ Умножая обе части равенства (2) на число частиц } N,$$

поступивших в воздушный поток, получим формулу массового расхода вещества q_1 при переносе его N -ым количеством частиц песка

$$q_1 = Nq = \frac{N m u_k}{x} = \frac{M u_k}{x}. \quad (3)$$

Величина $M = Nm$ является массой всех частиц с размером x в двухфазном потоке, т.е. движущейся массой песка M . Выражение (3) также имеет размерность массового расхода. Таким образом, массовый расход песка, поступающего в воздушный поток с песчаной поверхности равен

$$q_1 = \frac{M u_k}{x}. \quad (4)$$

Переносимые воздушным потоком частицы песка будут осаждаться на поверхность на некотором расстоянии от мест их попадания в поток.

Предположим, что масса песка M_1 , оставшегося в потоке, пропорциональна массе песка M попавшего в двухфазный поток, т.е. $M_1 = kM$, причём $k < 1$, безразмерная величина. Тогда масса M_2 выпадающего из потока песка равна $M_2 = M - kM = (1-k)M = nM$. Здесь $n < 1$ – безразмерный коэффициент пропорциональности.

Массовый расход q_2 выпадающего из потока песка, по аналогии с равенством (4) равен

$$q_2 = \frac{M_2 w_g}{x} = \frac{nM w_g}{x}. \quad (5)$$

Полученное равенство (5) имеет размерность массового расхода.

Обозначив величину бесконечно малого интервала времени как dt , имеющего размерность времени, получаем, что произведение $q_1 dt$ имеет размерность массы, т.е. $\left[\frac{Mu_k}{x} dt \right] = \frac{\kappa z \cdot M \cdot c}{M \cdot c} = \kappa z$. Произведение $q_2 dt$ также имеет размерность массы.

Таким образом, бесконечно малое изменение массы песка dM в слое движущегося двухфазного потока за бесконечно малый интервал времени dt определяется разностью масс поступающих в поток частиц и выпадающих частиц песка

$$dM = \frac{Mu_k}{x} dt - \frac{nM w_g}{x} dt. \quad (6)$$

Отметим, что обе части равенства (6) имеют размерность массы. Из формулы (6) получаем такие соотношения:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dM}{dt} &= \frac{M}{x} (u_k - n w_g) & (7a) \\ \lambda &= \frac{u_k - n w_g}{x} & (7б) \\ \frac{dM}{dt} &= \lambda M & (7в) \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

Решение дифференциального уравнения (7в) при использовании начальных условий $t = t_0$, $M = M_0$ имеет следующий вид:

$$M = M_0 \exp[\lambda(t - t_0)]. \quad (8)$$

Необходимо отметить, что размерность функции λ равна $[\lambda] = c^{-1}$.

Величины u_k и w_g являются функциями размера частиц песка x . В работе [2, 4] обсуждается равенство следующего вида:

$$u_k = A\sqrt{gx}, \quad (9)$$

где $A \sim 0,1$ – безразмерная постоянная, g – ускорение свободного падения, x – размер частиц в мкм. Равенство (9) является экспериментально полученной в лабораторных условиях зависимостью и выполняется для частиц песка с размерами 70...410 мкм. В дальнейших расчетах будем использовать равенство (9).

В лабораторных условиях для скорости свободного падения частиц песка w_g было получено такое эмпирическое уравнение [3, 4, 7]

$$w_g = 6,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{gx} - 1,27, \quad (10)$$

где g – ускорение свободного падения в м/с, x – размер частиц в мкм.

Равенство (10) выполняется для частиц песка из различных районов Аральского региона с размерами 70...315 мкм [3, 4, 7]. Отметим, что в формуле (10) величины w_g и $6,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{gx}$ имеют размерность скорости. Согласно работе [6] однородные величины можно складывать и вычитать. Поэтому и число 1,27 также имеет размерность скорости, т.е. $1,27 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Таким образом, величина M является функцией времени t и размера частиц x . Из зависимости (8) находим значение переменной x_1 , определяющей экстремум функции $M(t, x)$. Для определения экстремума функции M по переменной x , находим выражение для производной и выполняем условие существования экстремума [1], то есть, имеем такое равенство:

$$\frac{dM}{dx} = M_0(t-t_0) \frac{d\lambda}{dx} \exp[\lambda(t-t_0)] = 0. \quad (11)$$

Так как $M_0 \neq 0$, $t-t_0 \neq 0$, $\exp[\lambda(t-t_0)] \neq 0$, то получаем $\frac{d\lambda}{dx} = 0$

В развёрнутом виде функция $\lambda(x)$ такова

$$\lambda(x) = A\sqrt{\frac{g}{x}} - n \cdot 6,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{g}{x}} + 1,27nx^{-1}. \quad (12)$$

Из равенства (12) получаем следующие результаты

$$\frac{d\lambda}{dx} = -\frac{A\sqrt{g}}{2\sqrt{x^3}} + \frac{n \cdot 6,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{g}}{2\sqrt{x^3}} - \frac{1,27n}{x^2} = 0, \quad (13)$$

$$-(A - n \cdot 6,5 \cdot 10^{-2}) \sqrt{gx} = 2n \cdot 1,27, \quad (14)$$

$$(A - n \cdot 6,5 \cdot 10^{-2})^2 gx = 4n^2 \cdot 1,27^2. \quad (15)$$

Из равенства (15) находим значение переменной x_1 , которая определяет экстремальное значение функции M , т.е.

$$x_1 = \frac{4n^2 1,27^2}{(A - n \cdot 6,5 \cdot 10^{-2})^2 g}. \quad (16)$$

Размерность величины x_1 равна $[x_1] = \frac{m^2 \cdot c^{-2}}{m \cdot c^{-2}} = m$, так как размерность

экспериментальной величины 1,27 равна $m \cdot c^{-1}$. Если допустить $n = 0,7$,

$A \sim 0,1$, и принять $g \approx 10 m \cdot c^{-2}$, то по формуле (16) вычисляем

$x_1 \approx 102$ мкм. Найденное значение размера частицы находится в вышеука-

занных пределах. С другой стороны, наиболее подвижными частицами пес-

ка, по-видимому, являются частицы с размерами 90...144 мкм [3, 4]. Полу-

ченное значение $x_1 \approx 102$ мкм также находится внутри указанного интер-

вала размеров, что показывает на возможность поступления таких частиц в

воздушный поток при появлении в нём критической скорости ветра.

Для определения типа экстремума используем зависимость (8).

Находим равенство для второй производной функции M

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = M_0(t - t_0) \left[\frac{d^2 \lambda}{dx^2} + \left(\frac{d\lambda}{dx} \right)^2 (t - t_0) \right] \exp[\lambda(t - t_0)]. \quad (17)$$

Из равенства (13) имеем такую формулу для первой производной функции

$\lambda(x)$

$$\frac{d\lambda}{dx} = \frac{1}{\sqrt{x^3}} \left(-0,5A\sqrt{g} + 0,5n \cdot 6,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{g} - 1,27n \frac{1}{\sqrt{x}} \right). \quad (18)$$

Проведём числовую оценку слагаемых в выражении (18) по порядку вели-

чин для точки $x_1 = 102$ мкм. Принимая $n = 0,7$, $A \sim 0,1$, $g \approx 10 m \cdot c^{-2}$,

получаем такие результаты: $0,5A\sqrt{g} \approx -0,15$, $0,5n \cdot 6,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{g} \approx 0,07$,

$-1,27n \frac{1}{\sqrt{x}} \approx -0,09$. Сумма слагаемых в формуле (18) равна -0,17. Окон

Проведём числовую оценку значения λ_1 по порядку входящих в формулу (20) величин. В случае $n = 0,7$, $A \sim 0,1$, $g \approx 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ находим $\lambda_1 \approx 0,0027 \text{ с}^{-1}$. Согласно формуле (8) получаем зависимость $M_1 = M_{01} \exp[0,0027(t-t_0)]$. Приняв $t-t_0 = 600 \text{ с}$, получим следующий результат $M_1 = M_{01} \exp[0,0027 \cdot 600] = M_{01} \exp 1,62 = 5,05 M_{01}$. Высокое увеличение первоначальной массы песка в потоке происходит за более длительный интервал времени. При $t-t_0 = 1 \text{ час} = 3600 \text{ с}$ находим $M_1 = M_{01} \exp[0,0027 \cdot 3600] = M_{01} \exp 9,7 = 16318 \cdot M_{01}$.

Таким образом, во время песчаной бури происходит значительный рост загрязнения песчаным аэрозолем приземного слоя атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. – М.: Наука, 1981. – 720 с.
2. Бютнер Э.К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 158 с.
3. Каипов И.В., Семенов О.Е., Шапов А.П. Песчано-солевые бури в Приаралье // Гидрометеорологические проблемы Приаралья. / Под ред. Г.Н. Чичасова. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 276 с.
4. Семёнов О.Е. Введение в экспериментальную метеорологию и климатологию песчаных бурь. – Алматы: ИП Волкова Н.А., 2011. – 580 с.
5. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. – М.: Наука, 1988. – 430 с.
6. Чертов А.Г. Физические величины (терминология, определения, обозначения, размерности, единицы) / Справ. пособие – М.: Высшая школа, 1990. – 335 с.
7. Шапов А.П. Об определении гидродинамической крупности частиц реального песка // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. – 1987. – Вып. 99. – С. 43-46.

Поступила 26.05.2017

Техн. ғылымд. канд. И.Г. Гуршев

ҚҰМДЫ ДАУЫЛ КЕЗІНДЕ АУА АҒЫМЫНДАҒЫ ҚҰМ САЛМАҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ

Түйінді сөздер: құм салмағы, құмды дауыл, теңдеу

Құмды дауыл кезінде екі фазалық ағымда құм салмағының өзгеру теңдеуі құм бөлшектерінің ағымға түсу және ағымнан шығу процестерін қарастыру негізінде алынды. Теңдеуді шешу жер беті ауа қабатындағы құм салмағының көбеюін $M = M_0 \exp[\lambda(t - t_0)]$ уақытта, алғашқы шарттарды $t = t_0$, $M = M_0$, қолдану арқылы есептеу функциясын береді. Құм салмағы уақыттық өсуінің сандық бағалаулары орындалды. Шекті жел жылдамдығы пайда болғанда ауа ағымына енетін жылжымалы құм бөлшектерінің минималды өлшемі анықталады.

Gurshev I.G.

CHANGE OF THE SAND MASS IN THE AIR FLOW DURING SANDSTORM

Keywords: mass of sand, sandstorm, equations

The equation of sand mass change in a two-phase flow during a sandstorm is obtained on the basis of consideration of the process of sand particles entering the flow and their precipitation from the stream. The solution of the equation gives a function for calculating the increase in the mass of sand in the surface layer of the atmosphere in time using the initial conditions. Numerical estimates of the temporary increase in the mass of sand are performed. The minimum size of mobile sand particles that penetrate the air flow when the critical wind speed is detected is determined.

УДК 556.5

Канд. техн. наук

П.Ж. Кожаметов¹Г.Е. Монкаева¹**ОЦЕНКА ИСПАРЕНИЯ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ
ФАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГГИ-3000
(НА ПРИМЕРЕ ИЛЕ-БАЛКАШСКОГО БАССЕЙНА)**

Ключевые слова: испарение, оценка количества испарения, метод множественной регрессии, распределение годового количества испарения, зависимость испарения от высоты местности

В статье проведена оценка количества испарения с водной поверхности в Или-Балкашском бассейне на основе фактических данных измерений за испарением на метеостанциях за период 1980...1995 гг. В связи с наличием пропусков в наблюдениях, применены различные методы восстановления данных. Для построения карты пространственного распределения годового испарения получена зависимость испарения от высоты местности в горных районах.

Испарение это процесс фазового перехода вещества из жидкого состояния в газообразное. Процесс испарения в природе зависит от многих факторов, главнейшими из которых являются увлажненность подстилающей поверхности и метеорологические условия над нею. К метеорологическим условиям могут быть отнесены: интенсивность солнечной радиации, температура воздуха, влажность воздуха и скорость ветра. Последняя определяет собой интенсивность турбулентного перемешивания. Влажность воздуха при заданной увлажненности и температуре подстилающей поверхности определяет величину вертикального градиента влажности. Эти факторы непосредственно влияют на интенсивность испарения, которое пропорционально их величине. Зависимость испарения от солнечной радиации более сложная. Солнечные лучи, нагревающие поверхность, оказывают влияние на вертикальный градиент температуры воздуха, который в свою очередь воздействует на интенсивность турбулентного перемешивания и тем самым на испарение. Градиенты температуры и влажности воздуха в атмосфере, обуславливающие испарение, могут быть непосредственно измерены инструментально [3].

¹ Казгидромет, г. Алматы, Казахстан

Оценка испарения необходима для определения водного баланса, какого либо водного объекта или территориального бассейна. Оценка испарения с водной поверхности может быть произведена с использованием целого ряда методов. Значительное количество методов объясняется тем, что сложный механизм взаимодействия между водной поверхностью и прилегающей к ней воздушной массы еще полностью не раскрыты [3].

Основной способ определения испарения, это инструментальный, т.е. проведение измерений с помощью определенных гидрологических приборов и определения испарения при помощи различных эмпирических формул. Более точным из разработанных методов считается инструментальный (прямой) метод, т.е. метод непосредственного измерения слоя испарившейся воды с помощью водных испарителей. А с помощью эмпирических методов оценивается суммарное испарение без подразделения его на испарение с почвы, транспирацию (испарение растениями) и испарение влаги, задержанной стеблями и листьями при выпадении осадков [3].

Для изучения различных факторов, оказывающих влияние на испарение с водной поверхности, организована сеть водноиспарительных станций, сравнительно равномерно распределенная по территории Казахстана. Испарение в Казахстане в основном определяются на станциях Казгидромета с помощью оборудования ГГИ-3000 с испарительной площадью 3000 см² и высотой 60 см. Как известно стандартное наблюдение на водноиспарительных площадках 3 и 2 типа и плавучих испарительных установках производится 4 раза в сутки, через равные промежутки времени 0, 6, 12, 18 час согласно СГВ. Измеряется температура поверхности слоя воды, скорость ветра над площадкой (на высоте 2 м), а также атмосферные осадки. Наблюдения производятся только в теплое время года (в периоды с устойчивой положительной температуры воздуха), т.е. начало периода наблюдений определяется весенней датой полного схода снежного покрова на территории испарительной площадки и окончание сезона наблюдений определяется осенней датой установления ледяного покрова в испарителе [6]. Оценка среднего многолетнего количества испарения была выполнена за период с 1980 по 1995 гг.

Как известно, в 90-е годы прошлого века, из-за финансовых трудностей, Казгидромет был вынужден сократить свои наблюдательные пункты. Кроме того из плана наблюдений на многих станциях были исключены наблюдения за испарением с водной поверхности с помощью ГГИ-3000. Так, например, если в Иле-Балкашском бассейне в 80-е годы

наблюдение за испарением с водной поверхности производилось на 13 метеостанциях (М), то к концу прошлого века их количество резко сократилось и в настоящее время наблюдение за испарением производится лишь на 3-х станциях. Естественно, такое количество не позволяет оценить пространственное распределение испарения с водной поверхности, тем более в условиях неоднородности рельефа, каковым является Иле-Балкашский бассейн.

Учитывая важность фактических данных для гидрологической оценки территории и для расчета водного баланса, авторами предпринята попытка оценить пространственное распределение испарения с водной поверхности на примере Иле-Балкашского бассейна за период (1980...1995 гг.), когда число наблюдательных пунктов было максимальным (табл. 1).

Таблица 1

Список станций, привлеченных для оценки испарения в Иле-Балкашском бассейне

Метеорологическая станция	Высота над уровнем моря, м
Капшагай	496
Алматы	847
Есик	1098
озеро Улкен Алматы	2516
Шелек	606
Мынжылкы	3017
Карашоқы	492
Жаркент	643
Айдарлы	498
Уштобе	421
Сарканд	764
Балкаш	350
Чиганак	349

Однако, несмотря на относительно удовлетворительное количество наблюдательных пунктов в Иле-Балкашском бассейне, оценка пространственного распределения годового испарения была сопряжена с некоторыми трудностями, а именно:

1. На всех 13 станциях наблюдения производились лишь в теплое полугодие, в основном с апреля по октябрь.
2. Все станции (за исключением М Чиганак) имели пропуски в наблюдениях в разные годы и месяцы.

В связи с этим возникла необходимость восстановления пропусков в месяцы с отсутствующими данными. Прежде, чем восстанавливать данные был проведен критический анализ фактических измерений. Сомнительные данные были забракованы.

Восстановление отсутствующих данных теплого периода. Рассматриваемые метеорологические станции расположены на разных высотах, следовательно при восстановлении фактических данных необходимо учитывать рельеф местности.

При восстановлении данных (за период с апреля по октябрь) для различных территорий применялись разные методы. Для равнинной и предгорной территории применялось уравнение множественной регрессии и уравнение Н.Н. Иванова [2], а для горной местности – эмпирическая формула Литовченко-Мазур [5, 7].

Формула Н.Н. Иванова [2] определяет испаряемость по данным среднемесячной температуры и относительной влажности воздуха:

$$E = 0,0018(T + 25)^2 \cdot (100 - r), \quad (1)$$

где T – средняя месячная температура воздуха, °С; r – относительная влажность воздуха, %. Уравнение Иванова в исследованиях А.Р. Константинова [3] и К.И. Харченко [1] использованы для расчета испарения в степных районах и ими получены удовлетворительные результаты. Однако, в нашем случае, разница фактических данных от расчетной величины примененного уравнения Иванова на многих равнинных метеостанциях показал высокие отклонения, от 11 до 52 %, кроме М Семиярка, тогда как погрешности уравнения регрессии на многих станциях не превышали 11...16 %.

Метод восстановления по уравнениям множественной регрессии. Для оценки множественной регрессии использовались данные только тех станций, где длина ряда наблюдений составляла около 30 лет, поэтому уравнения множественной регрессии применялись не для всех метеостанций, а только для семи. Это следующие метеостанции: Сарканд, Уштобе, Балкаш, Айдарлы, Капшагай, Карашоки и Шелек.

На основе корреляционного анализа были выбраны наиболее коррелируемые параметры – температура и относительная влажность воздуха. С помощью этих параметров были получены уравнения множественной регрессии и восстановлены значения испарения с водной поверхности.

В табл. 2, 3, 4 в качестве примера приведены результаты регрессионного анализа для М Уштобе, характеризующие регрессионную статистику, результаты дисперсионного анализа и другие коэффициенты.

Таблица 2

Регрессионная статистика данных для М Уштобе

Множественный R	0,85
R-квадрат	0,72
Стандартная ошибка	20,65
Количество наблюдений	181

Таблица 3

Дисперсионный анализ данных для М Уштобе

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	193819,7	96909,8	227,3	0,0
Остаток	178	75891,2	426,4		
Итого	180	269710,9			

Таблица 4

Оценка уравнения регрессии для М Уштобе

	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %
Y-пересечение	186,61	18,10	10,31	0,00	150,90	222,32
Температура	3,44	0,35	9,95	0,00	2,76	4,12
Влажность	-2,32	0,27	-8,62	0,00	-2,85	-1,79

Значение множественного коэффициента детерминации R-квадрат говорит о том, какая доля общей вариации резульативного признака (испарения) объясняется вариацией факторных признаков. Рассчитанный уровень значимости (Значимость F) менее 0,05 подтверждает значимость R-квадрат. Стандартные ошибки коэффициентов регрессии должны быть меньше значений самих коэффициентов, а также P-значение для этих коэффициентов меньше заданного уровня значимости (например, 0,05).

Ряды наблюдений за испарением на М Чиганак, М Есик и М Алматы были короткими (менее 10 лет), восстанавливались при помощи формулы Н.Н. Иванова [2]. Однако данная формула неприменима для горных районов, поэтому для восстановления пропусков наблюдений на М Мынжылкы (3017 м над уровнем моря) и Улкен Алматы (2516 м над уровнем моря) была использована формула Литовченко-Мазур [5, 7]:

$$E_{0,мес} = \frac{a \cdot 1,07^t}{0,001 \cdot P}, \quad (2)$$

где a – параметр, зависящий от экспозиции склона (была принята средняя величина $a = 39,2$); t – средняя месячная температура воздуха, °С; P – атмосферное давление, мб.

В табл. 5 представлены средние погрешности методов восстановления фактических данных испарения с водной поверхности. Имея фактические ряды наблюдений, но в то же время подразумевая, что фактических рядов наблюдений нет, восстановили ряды наблюдений. Далее сравнив фактические и восстановленные данные, выявили отклонения за каждый год, а затем рассчитали среднее отклонение за период с 1980 по 1995 годы.

Таблица 5

Средние погрешности фактических данных количества испарения с водной поверхности за теплый период, %

Станция	Высота, м абс	Погрешность		
		формула Иванова	уравнение регрессии	формула Литовченко-Мазур
Балкаш	350	24	10	-
Уштобе	421	33	12	-
Карашоки	492	17	11	-
Капшагай	496	20	10	-
Айдарлы	498	17	15	-
Шелек	606	15	14	-
Жаркент	643	11	11	-
Сарканд	764	33	16	-
Алматы	847	52	период наблюдений 10 лет	-
Есик	1098	14	15	-
оз. Улкен Алматы	2516	-	нет корреляции	23
Мынжылкы	3017	-	нет корреляции	14

Примечание: для М Чиганак данные не требовали восстановления, так как были полные фактические ряды наблюдения.

Восстановление отсутствующих данных холодного периода.

Как было сказано выше на метеостанциях Казахстана наблюдения за испарением в холодный период года не производятся. Поэтому для определения ежемесячных значений испарения за холодное время года (ноябрь – март) использовался эмпирический метод. Восстановление значений испарения за холодный период (с отрицательными средними многолетними месячными температурами воздуха) со всех типов подстилающей поверхности выполнено по формуле П.П. Кузьмина [4]:

$$E_a = 0,34 \cdot n \cdot d, \quad (3)$$

где E_a – количество испарения за месяц, мм; n – число дней в месяце; d – средние суточные значения дефицита влажности воздуха для конкретного месяца, мб.

Проверить погрешности восстановления количества испарения при помощи формулы П.П. Кузьмина в холодный период невозможно в связи с отсутствием фактических данных измерений. Но, необходимо отметить, что значения количества испарения в холодный период года незначительные, не более 10 % от годовой суммы.

Результаты расчета среднего многолетнего количества испарения с учетом восстановленных значений за период 1980...1995 гг. представлены в табл. 6.

Таблица 6

Среднее многолетнее годовое количество испарения с водной поверхности, мм

Метеорологическая станция	Высота, м	Испарение
Капшагай	496	1119
Алматы	847	1113
Есик	1098	1246
оз. Улкен Алматы	2516	608
Шелек	606	1412
Мынжылкы	3017	530
Карашоки	492	1518
Жаркент	643	1395
Айдарлы	498	1471
Уштобе	421	967
Сарканд	764	942
Балкаш	350	1559
Чиганак	349	1543

Таким образом, для восстановления количества испарения с водной поверхности можно применить различные эмпирические формулы как для теплого, так и для холодного периода и конечно же у каждого метода есть погрешности. Но в условиях эмпирического восстановления для теплого периода наиболее близким к фактическими значениям является метод множественной регрессии с двумя параметрам. Для холодного периода – метод Кузьмина П.П.

Получив средние годовые значения испарения была выполнена оценка пространственного распределения испарения в Иле-Балкашском бассейне. Известно, что Ил-Балкашский бассейн характеризуется большой

неоднородностью – от равнинных пустынь до высокогорий. Поэтому оценка пространственного распределения невозможно без учета рельефа и особенно высоты местности.

Для горных районов нами установлена высотная зависимость среднегодового количества испарения от высоты местности над уровнем моря (рис. 1).

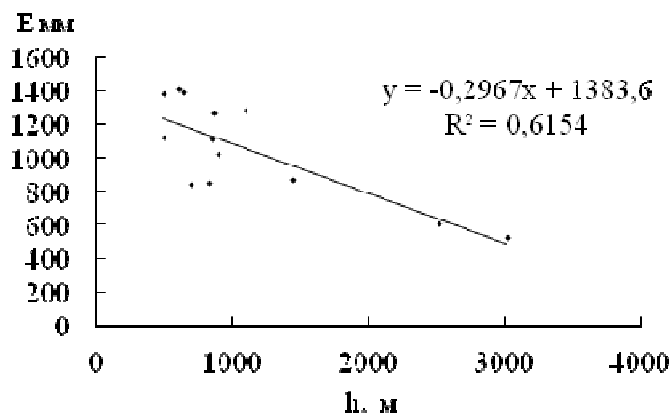


Рис. 1. Зависимость среднегодового испарения с водной поверхности от высоты местности над у.м., бассейн р. Иле – оз. Балкаш (Иле Алатау и Жетысу Алатау).

В Или-Балкашском бассейне высотная зависимость хорошо прослеживается, начиная с высоты 1000 м абс. Для построения карты, значения среднемноголетнего годового количества испарения по каждой станции в Или-Балкашском бассейне наносились на карту и по ним проведены изогиеты, с учетом орографических особенностей региона (рис. 2) [8]. Изолинии на картах средних многолетних годовых значений испарения с водной поверхности нанесены через 100 мм [9].

Территориальное распределение среднего многолетнего количества испарения с водной поверхности в Или-Балкашском бассейне неравномерное. В межгорной Илейской впадине с абсолютными высотами до 800 м абс, годовое испарение составляет 1200...1400 мм. Максимальное значение испарения в районе Капшагайского водохранилища достигает 1518 мм за год (М Карашоки). Хребты, расположенные с левого и с правого берега р. Иле (Илейский Алатау, Жетысуский Алатау, хребет Кетмень), оказывают существенное влияние на распределение испарения. Чем выше высота местности, тем меньше величина испарения. В равнинной части бассейна р. Иле существенное влияние оказывает оз. Балхаш. В Прибалхашье значения годового испарения превышают 1200 мм. Максимальное значение

испарения (1500...1560 мм) характерно для западной части оз. Балхаш и прилегающей к этой части территории.



Рис. 2. Распределение среднего многолетнего годового количества испарения с водной поверхности на территории Или-Балкашского бассейна.

Данное исследование не дает исчерпывающего ответа о распределении годового испарения с водной поверхности в Иле-Балкашском бассейне. Причиной является недостаточность наблюдательных пунктов (особенно в высокогорных районах), наличие пропусков в наблюдениях, отсутствие наблюдений в холодное время года и т.д. В дальнейшем необходимо продолжить данное исследование, результаты которого будут полезны при водно-балансовых расчетах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н. Сергеева Ю.Ю. Оценка величины испаряемости и некоторых гидроклиматических параметров в условиях природных зон равнинного Казахстана // Матер. междунар. научно-практической конф. «Проблемы гидрометеорологии и экологии». – Алматы: «КазНИИМОСК», 2001. – С. 145-147.
2. Иванов Б.Г. Испарение в естественных условиях. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – 114 с.
3. Константинов А.Р. Испарение в природе. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 532 с.
4. Кузьмин П.П. К методике исследования и расчета испарения с поверхности снежного покрова // Труды ГГИ. – 1953. – Вып. 41 (95). – С. 34-52.
5. Мазур Л.П., Маринович Т.В. Оценка гидроклиматических показателей в горных районах Илейского Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2007. – Вып. 1. – С. 75-85.
6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 7, Часть II – Наблюдения за испарением с водной поверхности. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 104 с.
7. Постников П.П. Схема расчета испарения с поверхности почвы в лесостепной и степной зонах ЕТР // Труды ГГИ. – 1977. – Вып. 233. – С. 87-96.
8. Самохин А.А., Соловьева Н.Н., Догановский А.М. Практикум по гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 296 с.
9. Preparation of maps of precipitation and evaporation with special regard to water balances / WMO. – Geneva: WMO, 1970.

Поступила 25.08.2017

Техн. ғылымд. канд. П.Ж. Кожаметов
Г.Е. Монкаева

ГГИ-3000 АРҚЫЛЫ БАҚЫЛАНҒАН НАҚТЫ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША ІЛЕ-БАЛҚАШ БАССЕЙІННІҢ МЫСАЛЫНДА КӨРСЕТІЛГЕН СУ БЕТІНІҢ БУЛАНУЫНЫҢ БАҒАСЫ

Түйінді сөздер: булану, булану мөлшеріне баға беру, көптілік регрессия методы, жылдық булану мөлшерінің таралуы, буланудың биіктіктен байланысы

Іле-Балқаш бассейнінде орналасқан метостанцияларының бақыланған деретердің нақты мәліметі бойынша 1980-1995 жылдар аралығындағы су бетінің булану мөлшерінің бағасы берілген. Бақылау кезінде қалып қалған көптеген дерек көздері

әртүрлі методтар арқылы қалпына келтірілді. Жылдық буланудың кеңістік таралуының картасын сызу үшін таулы аймақтардың биіктікпен байланысы табылған.

Kozhakhmetov P.ZH., Monkayeva G.E.

**EVALUATION OF EVAPORATION FROM THE WATER SURFACE
ON THE BASIS OF ACTUAL MEASUREMENT DATA WITH THE
HELP OF GGI-3000 (ON THE EXAMPLE OF THE ILE-
BALKHASH BASIN)**

Key words: evaporation, estimate of the amount of evaporation, method of multiple regression, distribution of the annual amount of evaporation, the dependence of evaporation on the altitude

The article estimates the amount of evaporation from the water surface in the Ili-Balkash basin on the basis of the actual measurement data for evaporation at weather stations for the period 1980-1995. Due to the presence of many gaps in the observations, various methods of data recovery have been applied. To construct a map of the spatial distribution of annual evaporation, the dependence of evaporation on the altitude of the terrain in mountain regions was obtained.

УДК 556.06:282.255.582

Доктор геогр. наук	А.В. Бабкин ¹
Канд. геогр. наук	А.С. Мадиебеков ²
Канд. техн. наук	А. Мусакулкызы ²
Доктор геогр. наук	А.В. Чередниченко ³

ПОВЕРОЧНЫЙ И ФАКТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ УРОВНЯ ВОДЫ ОЗЕРА АЛАКОЛЬ НА БЛИЖАЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

Ключевые слова: периодичность, поверочный прогноз, синусоиды, заблаговременность, период аппроксимации, квадратические разности, линейная тенденция

Временной ряд уровня воды озера Алаколь проанализирован методом «Периодичностей». Выявленные синусоиды, корреляция которых с рядом превышала 0,20, использовались для расчетов поверочных и фактических прогнозов уровня воды с заблаговременностью пять и десять лет. Среди всех использованных схем, включая оценки уровня озера на будущее по среднему значению и по линейной тенденции, лучшие результаты поверочных прогнозов получились при последовательном продлении временного ряда на три года за счет подстановки в него прогнозных значений, анализа продленного ряда и его прогноза на следующие три года.

Фактический прогноз указывает на возможность некоторого снижения уровня озера в ближайшие годы.

Для республики Казахстан (РК), расположенной в регионе недостаточного увлажнения и засушливого климата [8, 11, 13], весьма актуальной является задача эффективного использования водных ресурсов в различных отраслях экономики. Согласно Государственной программе управления водными ресурсами Казахстана (Указ Президента РК от 04.04.2014 года №786) необходимы исследования количественных и качественных характеристик озер, закономерности колебаний которых следует учитывать при комплексном подходе к использованию вод.

В рамках Государственной программы Водная безопасность РК: Геопространственная информационная система «Водные ресурсы Казах-

¹ РГГУ, г. Санкт Петербург, Россия;

² Институт географии, г. Алматы, Казахстан;

³ АО «Жасыл даму», г. Алматы, Казахстан.

стана и их использование» проводятся работы по инвентаризации озерного фонда РК. Исследуются закономерности многолетних колебаний уровней воды озер, учет которых может улучшить качество долгосрочных прогнозов их уровней.

В настоящей работе временной ряд уровня воды озера Алаколь за 1894...2003 гг. анализируется методом «Периодичностей». Выявленные синусоиды в его колебаниях используются для расчета его поверочного прогноза с заблаговременностью пять и десять лет и оценки его результатов на новом независимом материале.

Помимо расчетов поверочных прогнозов по синусоидам, выявленным на интервале 1894...2003 гг., применялась схема, по которой временной ряд продлевался его прогнозными значениями на ближайшие 3 года, после чего продленный ряд снова анализировался и прогнозировался на следующие три года. Таким образом, составлялся прогноз на весь поверочный интервал, который оказался наилучшим среди использованных схем. Согласно расчетам уровня воды оз. Алаколь на будущее по результатам анализа его ряда возможно его некоторое снижение в ближайшие годы.

Озеро Алаколь расположено на юго-востоке Казахстана. При высоте 347,3 м над уровнем моря (БС) площадь его водной поверхности составляет 2650 км². Длина озера – 104 км, ширина 52 км, наибольшая глубина – 54 м, средняя – 22,1 м [1].

Рассматриваемое озеро является вторым по величине среди водоемов Казахстана и единственным глубоководным среди бессточных озер республики. Береговая линия озера Алаколь отличается большой изрезанностью, образует многочисленные полуострова, мысы, косы, заливы и бухты. На озере имеется несколько островов общей площадью 80 км² [5].

Самыми крупными реками бассейна озер Алаколь и Сасыкколь являются реки Тентек, Емель, Уржар. Наиболее водоносна р. Тентек, впадающая в озеро Сасыкколь. Ее длина 96 км, площадь бассейна 3884 км², средний годовой расход 42 м³/с. Затем в порядке убывания средних годовых расходов воды следуют реки, впадающие в озеро Алаколь: Уржар – 20 м³/с, Ыргайты – 14,8 м³/с, Емель – 8,7 м³/с, Каракол – 4,3 м³/с, Маканчи – 4,1 м³/с, Коктерек – 2,6 м³/с и др. [11].

По тектоническому происхождению в типизации озер П.П. Филонца [14], озеро Алаколь относится к озерам расположенным в межгорной впадине. Алакольская межгорная впадина разделяет горные системы Тарбагатая и Жонгар Алатау и представляет обширную равнину, образован-

ную мощными конусами выносов рек, впадающих в группу озер Алаколь, Сасыкколь, Кошкарколь (Уялы) и Жаланаш, расположенных в ней. Фундамент Алакольской впадины сложно построен, разбит сбросами на блоки, местами выступающие в виде скалистых островов (например, на озере Алаколь три таких острова). Вокруг озер наблюдаются широкие озерные аккумулятивные террасы, с приближением к горам поднимающиеся на высоту до 90 м. Высокие озерные террасы встречаются на острове Кишке-не-Аралтобе (озеро Алаколь), где они достигают 67 м.

Для оз. Алаколь характерно цикличное повышение и понижение уровня воды. Анализ колебаний уровня озера по историческим данным показал, что минимальный уровень оно имело в 1845...1850 гг., а в начале 1940-х годов он превышал этот минимум на 3...4 м [7], при этом подъемы сопровождались спадами уровня воды. Так, один полный цикл от минимума до минимума (1885...1946 гг.) продолжался 61 год, из которых 23 года пришлось на подъем и 38 лет на спад [6, 10]. Амплитуда колебаний среднегодовых уровней – разность между экстремумами 1908 г. и 1885 г. составила 5,58 м [9].

Соответственно происходили и изменения размеров озера. В 1840 г. оно имело длину 70 км и ширину 43 км, в 1931 г. – 75 км и 48 км, в 1951 г. – 90 км и 50 км. С 1950 г. по 1962 г. уровень озера поднялся на 4,25 м. К началу 1960-х годов северные берега озера по сравнению с 1939 г. отодвинулись до 6 км [12].

Подъем уровня озера вынудил жителей пос. Рыбачье (Камыскала), расположенного на северном берегу оз. Алаколь, с 1956 по 1971 гг. 5 раз сменить местонахождение населенного пункта. Затопленным оказался и крупнейший в регионе рыбкомбинат. С 1974 по 1979 гг. происходило постепенное понижение уровня воды, в результате чего в западной части озера появилась группа островов Чубар-Тюбек (Песчаный, Южный), а также о. Каракум в заливе Заячья губа, которые стали важнейшим местом гнездования реликтовой чайки и других колониальных птиц. Незначительный подъем уровня воды 1980 г. смыл колонии на о-ве Южном. Вследствие дальнейшего обмеления о-ва Чубар-Тюбек к 1986 г. соединились с сушей.

После 1986 г. начался новый подъем уровня воды оз. Алаколь. В первой половине 1990-х гг. группа островов западной части оказалась затопленной. На южном его берегу затопило прибрежные улицы пос. Коктума. С 1996 г. по 1999 г. отмечался медленный спад уровня озера, в ходе которого уровень воды в заливе Заячья губа понизился на 1 м [9].

Кроме колебаний уровня, обусловленного колебаниями элементов водного баланса, на оз. Алаколь происходят колебания в результате сгонно-нагонных явлений. При юго-восточных и южных ветрах происходит сгон в юго-восточной оконечности озера и нагон в северо-западной части озера. При ветрах западных направлений значительный нагон наблюдается в устье р. Уржар, при восточных и юго-восточных ветрах – на северо-западном побережье. По данным наблюдений поста пос. Рыбачье, наибольшая высота подъема от нагонов составляла 0,8...1,0 м. Продолжительность нагонов колеблется от нескольких часов до нескольких суток.

Метод исследования. Метод «Периодичностей» основан на аппроксимации временного ряда гидрометеорологической характеристики синусоидальными функциями последовательно с пошаговым изменением периода [3]. При этом, для каждого периода дополнительное слагаемое, около которого колеблется аппроксимирующая синусоида, ее амплитуда и фаза рассчитываются методом наименьших квадратов.

Для этих периодов также рассчитываются суммы квадратов разностей аппроксимирующих синусоид и значений ряда. В зависимости от периода аппроксимации, у определенных его значений будут отмечаться локальные минимумы этих сумм [4]. Такой минимум суммы квадратических разностей аппроксимирующей синусоиды и значений ряда может быть признаком присутствия здесь периодичности.

В табл., столбцы 1...5, представлены результаты аппроксимации синусоидальными функциями временного ряда уровня воды озера Алаколь за 1894...2003 гг. В первом столбце таблицы указаны периоды аппроксимации T , во втором – дополнительное слагаемое H_{01} , около которого колеблется аппроксимирующая функция. В третьем столбце представлены значения амплитуды наилучшей аппроксимирующей синусоиды, а в четвертом – фазы.

Таблица

Аппроксимация синусоидальными функциями исходного, 1894...2003 гг. (столбцы 1 – 5), и продленного на три года временного ряда уровня озера Алаколь

T , год	H_{01} , м	$\frac{\delta H_1}{2}$, м	$\varphi \cdot H_1$, радиан	S_{H_1} , м ²	H_{02} , м	$\frac{\delta H_2}{2}$, м	$\varphi \cdot H_2$, радиан	S_{H_2} , м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,0	10,518	0,056	2,570	491,595	10,595	0,056	2,422	516,412
4,0	10,518	0,034	-0,290	491,705	10,595	0,084	0,002	516,197
5,0	10,518	0,132	-1,527	490,808	10,596	0,048	4,669	516,462

T, год	H_{01}, M	$\frac{\delta H_1}{2}, \text{M}$	$\varphi \cdot H_1, \text{радиан}$	S_{H_1}, M^2	H_{02}, M	$\frac{\delta H_2}{2}, \text{M}$	$\varphi \cdot H_2, \text{радиан}$	S_{H_2}, M^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6,0	10,517	0,069	3,703	491,507	10,595	0,035	0,640	516,517
7,0	10,517	0,113	1,089	491,062	10,595	0,109	-0,028	515,922
8,0	10,519	0,166	-1,071	490,255	10,595	0,235	4,699	513,498
9,0	10,519	0,118	1,047	490,995	10,595	0,138	2,093	515,504
10,0	10,518	0,251	0,513	488,294	10,595	0,221	-0,050	513,859
11,0	10,518	0,099	2,248	491,227	10,593	0,095	0,705	516,078
12,0	10,519	0,236	4,237	488,757	10,598	0,090	4,311	516,129
13,0	10,515	0,077	1,602	491,439	10,592	0,165	0,600	515,042
14,0	10,519	0,184	1,736	489,874	10,594	0,242	1,113	513,305
15,0	10,519	0,090	0,999	491,324	10,595	0,078	3,085	516,242
16,0	10,519	0,144	0,905	490,609	10,594	0,231	0,274	513,587
17,0	10,528	0,294	0,020	487,042	10,607	0,282	0,541	512,188
18,0	10,523	0,574	2,065	473,795	10,608	0,412	1,990	506,926
19,0	10,509	0,474	0,213	479,260	10,592	0,440	-0,130	505,657
20,0	10,511	0,124	1,653	490,923	10,589	0,181	0,712	514,746
21,0	10,519	0,368	1,416	484,545	10,599	0,216	1,225	513,988
22,0	10,518	0,598	2,924	472,123	10,600	0,519	2,672	501,617
23,0	10,511	0,572	2,057	473,309	10,591	0,587	1,791	496,888
24,0	10,510	0,358	-0,853	484,625	10,585	0,445	-1,128	505,175
28,0	10,512	0,852	-0,187	451,333	10,598	0,789	-0,379	481,624
29,0	10,497	0,939	2,385	442,014	10,581	0,929	2,210	467,353
30,0	10,484	0,945	3,944	441,701	10,561	0,978	3,798	462,065
31,0	10,477	0,882	4,592	448,855	10,546	0,949	4,472	465,805
40,0	10,541	0,554	1,266	474,499	10,611	0,670	1,159	490,385
41,0	10,547	0,587	2,457	472,415	10,615	0,706	2,389	487,289
42,0	10,554	0,610	3,269	471,033	10,620	0,730	3,238	485,312
43,0	10,560	0,626	3,729	470,236	10,624	0,744	3,737	484,406
44,0	10,566	0,635	3,864	469,830	10,628	0,749	3,911	484,410
	T, год			η	T, год			η
	133,0			0,817	134,0			0,827
	30,0			0,319	30,0			0,325
	22,0			0,200	43,0			0,250
	18,0			0,191	23,0			0,195
	10,0			0,084	19,0			0,146
	12,0			0,078	14,0			0,080
	14,0			0,062	8,0			0,077
	8,0			0,056	10,0			0,073
	5,0			0,044	4,0			0,028
	3,0			0,019				

В пятом столбце рассчитаны суммы квадратических разностей наилучшей аппроксимирующей синусоиды и значений ряда. В зависимости от периода аппроксимации локальные минимумы этой суммы отмечаются у периодов, длиной 3, 5, 8, 10, 12, 14, 18, 22, 30 лет. Характеристики аппроксимирующих синусоид с этими периодами выделены курсивом. Минимум суммы квадратических разностей временного ряда и аппроксимирующей синусоиды также присутствует у периода, длиной 133 года.

В диапазоне значений периодов 25...27 лет и 32...39 лет нет минимумов сумм квадратических разностей аппроксимирующих синусоид и значений ряда. Эти периоды и характеристики их аппроксимирующих синусоид в таблице не приводятся.

Периоды с минимумами сумм квадратов разностей временного ряда и аппроксимирующих его синусоид в порядке убывания их корреляции со значениями ряда представлены в нижних строках табл.. При расчетах поверочных прогнозов использованы те синусоиды, корреляция которых с временным рядом превышала 0,20. Такой корреляцией характеризуются синусоиды с периодами соответственно 133 года и 30 лет.

Результаты исследований. Результаты долгосрочного прогноза уровня воды озера на временном интервале оцениваются по числу оправдавшихся прогнозов на год, а также по различным параметрам, связанным с суммой квадратов их ошибок. Прогноз на год считается оправдавшимся, если разность между фактическим и спрогнозированным значениями гидрологической характеристики меньше допустимой ошибки прогноза, за которую принимается величина, равная 0,674 от среднего квадратического отклонения временного ряда [2].

Прогноз тем успешней, чем больше число оправдавшихся годовых прогнозов и меньше сумма квадратов их ошибок. Успешный долгосрочный прогноз должен быть не хуже оценки предсказываемой характеристики по среднему значению ее временного ряда. Результаты прогнозов по методике, описывающей колебания уровня озера синусоидами и их суммами, могут также быть сопоставлены с его предсказанием по линейной тенденции.

Колебания уровня воды оз. Алаколь по данным метеостанции (М) пос. Рыбзавод представлены на рис. Его максимуму на этом графике 1974 г. – 14,14 м примерно соответствует отметка 349,78 м (БС), а ноль этого графика – 335,64 м.

Среднее значение уровня воды озера за 1894...2003 гг. составило 10,52 м, среднее квадратическое отклонение – 2,11 м. Допустимая ошибка

прогноза, таким образом, оказалась равной 1,43 м. При прогнозе по среднему значению с заблаговременностью 10 лет не оправдалось ни одного прогноза, а сумма квадратов его ошибок оказалась равной 147,3 м². Сумма квадратов ошибок прогноза на первые пять лет составила 46,50 м².

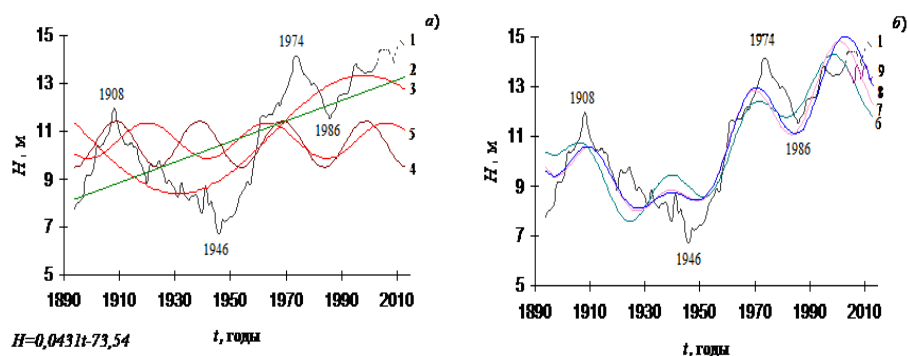


Рис. Колебания уровня воды озера Алаколь. 1 – данные наблюдений (пунктиром выделен интервал поверочного прогноза 2004...2013 гг.), 2 – тенденция линейного тренда, 3 – синусоида с периодом 133 года, 4 – синусоида с периодом 30 лет (тенденция тренда построена и синусоиды с периодами 133 года и 30 лет выявлены на интервале ряда 1894...2003 гг.), 5 – синусоида с периодом 43 года, выявленная на интервале 1894...2006 гг. при добавлении к исходному ряду трех последующих значений, рассчитанных по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет, 6 – сумма синусоид с периодами 133 года и 30 лет, 7 – сумма синусоид с периодами 134 года, 30 лет и 43 года, выявленных на интервале 1894...2006 гг. при добавлении к исходному ряду трех последующих значений, рассчитанных по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет, 8 – сумма синусоид с периодами 137 лет, 31 год и 44 года, выявленных на интервале 1894...2009 гг. при добавлении к рассматриваемому ряду трех следующих после 2006 г. значений, рассчитанных на 2007...2009 гг., 9 – итоговый прогноз, составленный с на основе сумм синусоид выявленных на первичном и на продленных рядах.

На рис. а представлены синусоиды, выявленные в колебаниях уровня оз. Алаколь, и тенденция тренда его временного ряда. Видна положительная его тенденция. При прогнозировании уровня озера на 2004...2013 гг. по тенденции тренда оказались верными 5 прогнозов, 2 из которых оправдались за первый пятилетний интервал. Сумма квадратов ошибок прогнозирования за пять лет составила 9,14 м², а за все десять лет – 17,99 м². Корреляция синусоиды с периодом 30 лет и временного ряда равна 0,319. Эта синусоида хорошо описывает значения группы лет повышенного уровня с его максимумом 1908 г. и уровни группы лет у его локального минимума 1986 г.

На этот график также нанесена синусоида с периодом 43 года, которая выявилась при анализе продленного временного ряда тремя его следующими значениями, рассчитанными по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет. Ее корреляция с временным рядом уровня составила 0,250. Она достаточно хорошо описывает группы лет пониженных значений уровня озера с минимумами 1946 и 1986 гг.

Корреляция временного ряда уровня озера и синусоиды с периодом 133 года оказалась равной 0,817, а ее суммы с синусоидой с периодом 30 лет – 0,859. При прогнозировании уровня озера на 2004...2013 гг. по синусоиде с периодом 133 года и ее сумме с 30 летней синусоидой оправдалось по 6 прогнозов. Все прогнозы оказались верными за первые годы поверочного интервала.

Суммы квадратов ошибок прогнозов по синусоиде с периодом 133 года и ее сумме с синусоидой с периодом 30 лет равны соответственно $19,08 \text{ м}^2$ и $34,61 \text{ м}^2$. При этом, при расчетах будущего уровня озера с заблаговременностью пять лет по синусоиде с периодом 133 года и по ее сумме с 30 летней синусоидой суммы квадратов их ошибок составили соответственно $6,133 \text{ м}^2$ и $6,114 \text{ м}^2$.

Таким образом, при прогнозировании с заблаговременностью пять лет самые лучшие результаты прогнозов получились по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет. Несколько хуже они оказались по синусоиде с периодом 133 года, еще хуже получились прогнозы по тенденции тренда, а при прогнозировании по среднему значению результаты оказались наихудшими.

Результаты прогнозов с заблаговременностью десять лет по тенденции тренда и по синусоиде с периодом 133 года можно оценить, как примерно одного качества. Сумма квадратов ошибок прогнозов меньше по тенденции тренда, но и число оправдавшихся прогнозов также меньше на 1. Прогноз по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет оказался хуже, чем по тенденции тренда и по синусоиде с периодом 133 года. Результаты прогнозов по тенденции тренда, по синусоиде с периодом 133 года и по ее сумме с 30 летней синусоидой оказались лучше, чем по среднему значению.

При прогнозировании с заблаговременностью три года результаты по сумме синусоид с периодами 133 года и 30 лет оказались значительно лучше, чем по всем остальным схемам. Поэтому, для прогнозирования уровня озера на более длительный срок использовался подход, когда ряд удлинялся на три значения, полученные по этой сумме синусоид. Этот уд-

линенный ряд снова анализировался методом «Периодичностей» и по сумме выявленных синусоид рассчитывался его прогноз на 2007...2009 гг. После этого ряд еще два раза соответственно удлинялся, анализировался и прогнозировался на 2010...2012 гг. и 2013 г.

В табл., столбцы 6...9, приводятся результаты аппроксимации синусоидальными функциями удлиненного ряда уровня озера за 1894...2006 гг. Помимо установленных синусоид у удлиненного ряда оказалась также выявленной синусоида с периодом 43 года. При последующих удлинениях и анализе этого ряда выявлялись синусоиды с периодами соответственно 133...140 лет, и немногим более 30 и 40 лет, корреляция которых с ним превышала 0,20. Других синусоид с высокой корреляцией выявлено не было.

На рис. б представлены суммы синусоид с периодами 133 года и 30 лет, выявленные при анализе ряда, а также суммы синусоид, полученных по результатам анализа удлиненного ряда 1894...2006 гг. и 1894...2009 гг. Отдельно проводился анализ удлиненного временного ряда уровня озера за 1894...2012 гг., и по сумме выявленных синусоид рассчитывался прогноз на 2013 г.

Сумма синусоид, выявленных на интервале 1894...2012 гг. при ее нанесении на график оказывается близка к сумме, полученных при анализе ряда за 1894...2009 гг. Поэтому на рис. б она не приводится. Корреляция сумм синусоид трех синусоид и ряда уровня озера в каждом случае составляет порядка 0,900.

При прогнозировании уровня озера Алаколь с заблаговременностью 10 лет по схеме последовательного удлинения ряда на три года за счет его прогноза и дальнейшего его анализа оказались верными все прогнозы. Сумма квадратов ошибок прогнозов за 2004...2013 гг. составила $8,036 \text{ м}^2$, а за 2004...2008 гг. – $2,907 \text{ м}^2$.

Заключение. Прогнозирование уровня воды оз. Алаколь на ближайшую перспективу проведено по результатам анализа ряда за 1894...2003 гг. Расчеты уровня озера на будущее выполнены по синусоиде с периодом 133 года и по ее сумме с синусоидой с периодом 30 лет, так как корреляция этих синусоид и ряда наблюдений превышает 0,20. Результаты прогнозов сопоставлены с оценками уровня по среднему значению ряда и по его линейной тенденции.

При прогнозировании с заблаговременностью пять лет наилучшие результаты получились в результате расчетов по сумме синусоид с этими перио-

дами. Но, при расчетах уровня озера на 2004...2013 гг. лучше всего оказались прогнозы по тенденции тренда, а затем – по синусоиде с периодом 133 года.

Использована схема прогнозов, позволившая получить самые лучшие результаты за пять и за все десять лет, когда временной ряд уровня озера последовательно удлиняется на три года значениями его прогноза. Продленный ряд анализируется, прогнозируется и снова удлиняется, пока прогностические расчеты не охватят весь поверочный интервал.

В результате анализа удлиненных рядов выявлялись синусоиды с периодами порядка 133...140 лет и 30...31 год, близкие к тем, которые были установлены в первоначальном ряду, а также синусоида с периодом порядка 43...44 лет, которая при анализе ряда за 1894...2003 гг. выявлена не была. Это могло произойти в результате того, что ряд в 110 лет слишком короткий для обнаружения в нем синусоиды с длиной периода более 40 лет.

Фактический прогноз уровня воды озера с заблаговременностью пять и десять лет, рассчитанный по методу «Периодичностей» по схеме прогноза на ближайшие три года и последовательного продления ряда указывает на некоторое его снижение, как это происходило в периоды 1975...1986 гг. и 1996...1999 гг. Понижение, если оно произойдет, будет менее значительным, чем 1975...1986 гг.

Прогноз о возможном снижении уровня озера мог получиться из-за его тенденции к росту. Так как значения уровня воды озера за последние годы больше, чем за все предыдущие, максимумы синусоид с различными периодами, аппроксимирующие этот ряд, будут приходиться на его окончание. На прогнозном интервале значения этих синусоид и их сумм будут уменьшаться от их максимумов.

Однако, тенденция к повышению уровня оз. Алаколь, четко прослеживающаяся после 1946 г., может быть результатом не внутривековых его колебаний, а связанной с глобальными изменениями климата. В этом случае, она может сохраниться и на ближайшие годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Альпейсов Ш.А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер. – Алматы: Бастау, 2006. – 368 с.
2. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.
3. Бабкин А.В. Усовершенствованная модель оценки периодичности изменений уровня и элементов водного баланса Каспийского моря // Метеорология и гидрология. – 2005. – №11. – С. 63-73.

4. Бабкин А.В., Семейкин Н.И. Многолетние колебания и долгосрочное прогнозирование годового стока р. Нева // Известия Русского географического общества. – 2014. – №1. – С. 43-48.
5. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озер). – Астана, 2007. – 271 с.
6. Коровин В.И. Изменение уровней воды на озерах Балхаш и Алаколь в зависимости от гидрометеорологических условий и колебаний ледников // Гляциологические исследования в период МГГ. – Алма-Ата, 1963. – Вып. 3.
7. Курдюков К.В. О колебаниях уровня озера Алаколь (в историческом и геологическом прошлом) // Вопросы геогр. Казахстана. Физическая география. – 1951. – №24. – С. 117-133.
8. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водообеспечения // Водное хозяйство. – 2011. – №9. – С. 13-22.
9. Охраняемые природные территории Средней Азии и Казахстана. [Электрон. ресурс] URL: <http://iucnca.net/inforeserve165>. (дата обращения: 16.05.2016).
10. Северский И.В., Кокарев А.Л., Пиманкина Н.В. Снежно-ледовые ресурсы Казахстана / Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Т. 6. – Алматы: 2012. – 246 с.
11. Тюменев С.Д. Водные ресурсы и водообеспеченность территории Казахстана: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2008. – 267 с.
12. Филонец П.П. Морфометрия Алакольских озер / Алакольская впадина и ее озера. Сб. «Вопросы географии». –1965. – Вып. 12. – С. 79-87.
13. Филонец П.П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 186 с.
14. Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера Центрального и Южного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 197 с.

Поступила 28.07.2017

Геогр. ғылымд. докторы	А.В.Бабкин
Геогр. ғылымд. канд.	А.С. Мадиебеков
Техн. ғылымд. канд.	А. Мұсақұлқызы
Геогр. ғылымд. докторы	А.В. Чередниченко

**ЖАҚЫН БОЛАШАҚҚА АЛАКӨЛДІҢ СУ ДЕҢГЕЙІН ТЕКСЕРУ
ЖӘНЕ НАҚТЫ БОЛЖАУ**

Түйінді сөздер: кезеңдік, тексеру болжау, синусоидтар, алдын ала уақыт, аппроксимация мерзімі, квадрат айырмасы, сызықтық тенденция

Алакөлдің су деңгейінің уақыттық қатары "Кезеңдік" әдісімен талданды. Қатармен корреляциясы 0,20-дан асатын синусоидтар табылды, олар су деңгейін бес және он жылға алдын ала тексеру және нақты болжаудағы есептеулерге қолданылды. Көл деңгейін орташа мәнімен және сызықтық тенденциясымен болашаққа бағалауды қоса есептегенде қолданылған кестелердің ішінен, тексеру болжаудың тізбелі ұзартуды үш жылға жылжыту арқылы жүргізілуі жақсы нәтиже көрсетті.

Нақты болжау жақын жылдарда көл деңгейінің кейбір төмендеуін көрсетеді.

Babkin A.V., Madibekov A.S., Mussakulkyzy A., Cherednichenko A.V.

VERIFICATION AND ACTUAL FORECASTS OF THE WATER LEVEL OF LAKE ALAKOL IN THE NEAR FUTURE

Keywords: periodicity, verification forecast, sinusoids, lead time, approximation period, quadratic differences, linear trend

Time series of water level of Alakol Lake was analyzed by the method of «Periodicities». The revealed sinusoids which correlation with time series exceeded 0,20 were applied for calculations of training and actual forecasts of level with the lead time of five and ten years. Among all applied schemes including the estimations of the future lake level by the mean value and linear tendency of time series the best results of training forecasts were received for the successive extending of time series for three years by standing into it forecast values, analysis of extended time series and its prediction for the next three years.

According to actual prediction some reduction of water level could be for the next years.

УДК 504.064.37; 556.16

Канд. техн. наук А.Г. Терехов¹
Канд. геогр. наук С.А. Долгих¹

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА ОЗЕРА ЭБИ-НУР (КНР) В ПЕРИОД 1990...2017 ГОДЫ

Ключевые слова: гидрологический режим озера, спутниковые снимки, площадь водного зеркала, климатическая изменчивость, озёрная система, согласованность многолетних режимов озёр

Проведена спутниковая диагностика изменений площади водного зеркала озера Эби-Нур (КНР), относящегося к Балхаш-Алакольской озерной системе, расположенной в прогибе Туранской плиты. 249 снимков Landsat-5, 7, 8 за период со 2 апреля 1990 по 9 июня 2017 года послужили основой для восстановления 28-летней динамики размера озера. Сравнение многолетней вариативности размеров озера Эби-Нур и озера Балхаш показало наличие тесной связи между их режимами. Климатическая изменчивость региона центральной Азии представляется основным фактором, синхронизирующим динамику наполненности озёр Балхаш-Алакольской системы.

Введение. Озеро Эби-Нур (КНР) относится к озёрной системе, расположенной в Балхаш-Алакольской котловине. Котловина размером, примерно 800×500 км образовалась в результате пологого прогиба Туранской плиты в неоген-четвертичное время. В настоящее время в ней расположена цепочка из 4-х крупных озёр, протянувшаяся дугой в широтном направлении с суммарной площадью свыше 20 тыс. км² (рис. 1). Озёрную систему питает речной сток Тянь-Шаня, Джунгарского Алатау и хребта Тарбагатай. Озёра являются остатками древнего Ханхайского моря, некогда занимавшего всю Балхаш-Алакольскую впадину [1, 3]. К территории Казахстана из этой группы относятся озера: Балхаш (площадь 18000 км²), Сассыколь (740 км²) и Алаколь (2700 км²). Озеро Эби-Нур (600 км²), занимающее крайнюю юго-восточную позицию в этой группе, расположено на территории КНР.

¹ Казгидромет, г. Алматы

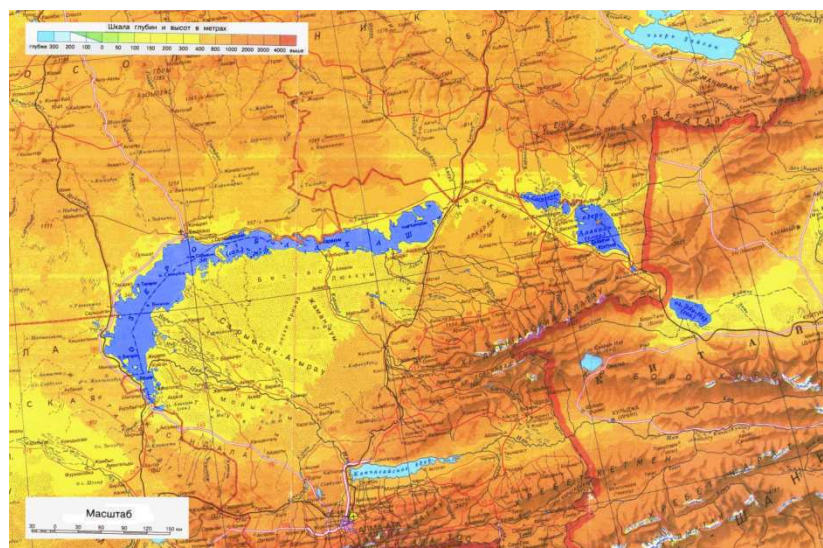


Рис. 1. Балхаш-Алакольская озёрная система: оз. Балхаш, оз. Сасыколь, оз. Алаколь, оз. Эби-Нур.

Балхаш-Алакольская котловина характеризуется выраженным аридным климатом и мелководностью расположенных там озёр. Крупнейшее водное зеркало в группе с площадью 17830 км² (на конец мая 2011 г.) имеет оз. Балхаш (14...16 место в мире по размеру зеркала [2]). Средняя глубина озёр: Балхаш - 5,8 м; Сасыколь - 3,3 м, Алаколь – 22 м. Мелководность озёр делает их весьма чувствительным к региональной климатической изменчивости и антропогенному давлению. Уровень осадков в горной зоне формирования стока, интенсивность таяния ледников, а также сельскохозяйственное водопользование (поливное земледелие) являются основными факторами, определяющими наполненность Балхаш-Алакольской озёрной системы.

Временная эволюция наполненности озёр Балхаш-Алакольской котловины представляет значительный интерес для оценки многолетних погодных вариаций и современных тенденций изменений климата в Центральной Азии. Крупнейшая река региона – р. Или, обеспечивающая до 80 % питания оз. Балхаш, является трансграничной (КНР – Казахстан). Большая часть стока реки формируется на территории КНР. Озеро Эби-Нур и весь его бассейн также находятся на территории КНР. Гидрологическая информация с территории КНР малодоступна, в результате чего затрудняется понимание основных особенностей водного баланса Балхаш-Алакольской озёрной системы.

В задаче анализа климатической изменчивости региона наиболее показательна степень согласованности режимов озер Балхаш и Эби-Нур. Зоны питания этих водных объектов существенно различаются. Отчасти они соприкасаются только в хребте Боро-Хоро (хребет соединяющий Тянь-Шань с Джунгарским Алатау), где стоки юго-западного склона попадают в р. Или и далее в оз. Балхаш, а часть рек северо-восточного склона заканчиваются в оз. Эби-Нур. Элементы согласованности в режимах этих озёр, очевидно, должны быть вызваны, в первую очередь, региональной климатической изменчивостью.

Площадь водного зеркала является важной характеристикой резервуара. Многолетняя динамика площади зеркала озера не достаточна для количественного описания его водного баланса, но её относительные изменения хорошо диагностируют изменения погодных условий в аспекте водности территории водосбора. Для мелководных озёр площадь зеркала однозначно связана с его уровнем, запасом воды, и соответственно, с влагообеспеченностью зон формирования стока.

Целью данной работы явился спутниковый мониторинг площади зеркала оз. Эби-Нур в период с 1990 по 2017 гг. Спутниковый мониторинг по данным LANDSAT позволил восстановить динамику размера зеркала озера за последние 28 лет, что важно для диагностики климатической изменчивости региона Балхаш-Алакольской котловины и обрамляющих её горных стран.

Спутниковые снимки. Природоресурсная спутниковая система LANDSAT (США) функционирует с 1972 г. Сканеры, расположенные на орбитальных платформах, обеспечивают съёмку подстилающей поверхности Земли в многозональном режиме. После запуска спутника LANDSAT-5 в 1984 г. и последующих аппаратов LANDSAT-7 (1999 г.), LANDSAT-8 (2013 г.) стала доступна съёмка в каналах оптического диапазона с пространственным разрешением 30 м.

249 снимков со спутников LANDSAT-5, 7, 8 по сценовой позиции WRS-2: path/row 146/29; доступные на сайте НАСА [<http://glovis.usgs.gov>], использовались для мониторинга площади зеркала оз. Эби-Нур в период со 2 апреля 1990 г. по 9 июня 2017 г.

Методика обработки спутниковой информации. Спутниковая съёмка аппаратами LANDSAT проводится в многозональном режиме. Например, у LANDSAT-8 в сканере OLI присутствуют 5 каналов в оптическом диапазоне с пространственным разрешением 30 м: канал 1 –

433...453 нм; канал 2 – 450...515 нм; канал 3 – 525...600 нм; канал 4 – 630...680 нм; канал 5 – 845...885 нм [4].

В оптическом и ближнем ИК-диапазоне за счёт существенных различий в коэффициентах отражения между твердой поверхностью Земли и водным покровом, водное зеркало легко распознаётся. Для безоблачного снимка любая автоматическая классификация (supervised-unsupervised) дает хороший результат. Затруднения возникают лишь на снимках, несвободных от облачного покрова, дымок и других атмосферных помех, или в холодный период, когда снежный/ледовый покров присутствуют на сцене и маскируют границу водного зеркала. В этих случаях наиболее эффективно экспертное дешифрирование.

В данной работе дешифровка водного зеркала на спутниковых снимках LANDSAT-5, 7, 8 строилась на автоматической неконтролируемой классификации (алгоритм – ISODATA) каналов оптического диапазона, с дополнением экспертного дешифрирования в случае наличия мешающих факторов (атмосферные помехи, снежный/ледовый покров).

Полученные результаты. Периодичность существующей спутниковой съёмки сцены WRS-2: path/row 146/29; аппаратами LANDSAT в различные годы значительно варьировалось. Период возврата для гелиосинхронного полярно-орбитального спутника системы LANDSAT составляет 16 дней, т.е. при наличии 2-х активных спутников на орбите возможно получение снимков территории раз в 8 дней. Такой режим существует в последние 10 лет. Ранее съёмка осуществлялась не так регулярно. Для 90-х годов, обычно, доступно всего несколько снимков в год (1990 – 4 снимка; 1991 – 2 снимка; 1992 – 4 снимка; 1993 – 3 снимка и т.д.), но в любом случае, динамика площади зеркала оз. Эби-Нур может диагностироваться достаточно эффективно, рис. 2.

Обсуждение полученных результатов. Режим изменений площади водного зеркала оз. Эби-Нур имеет два разномасштабных компонента. Первый компонент это сезонная динамика, с весенним максимумом и осенним минимумом. В особо многоводные годы осенний минимум может не формироваться (1999, 2016 гг.). Второй компонент это многолетняя вариативность. Режим стабильности озера (1990...1999, 2008...2013 гг.), период роста зеркала (2000...2003, 2016...2017 гг.); период деградации озера (2004...2007; 2014...2015 гг.), рис. 2.

Озеро Эби-Нур находится под сильным антропогенным давлением. В бассейне активно развивается поливное земледелие. Динамика роста

посевных площадей, оцененная по спутниковым данным, представлена на рис. 3. На фоне развития транспортной инфраструктуры (х/д переход Хоргос-Цзинхе; и автотрасса Хоргос – Урумчи) в бассейне озера идёт активный процесс урбанизации территории. Всё возрастающая антропогенная нагрузка, негативно сказывается на наполненность озера. Фактор антропогенного давления на оз. Эби-Нур, по своей природе, довольно консервативен. Он имеет тенденцию к росту, но без резких сезонных вариаций, типичных для погодных условий. Поэтому, климатическая изменчивость, и как следствие, изменения в режиме наполненности озера должны проявляться в многолетней динамике размера водного зеркала.

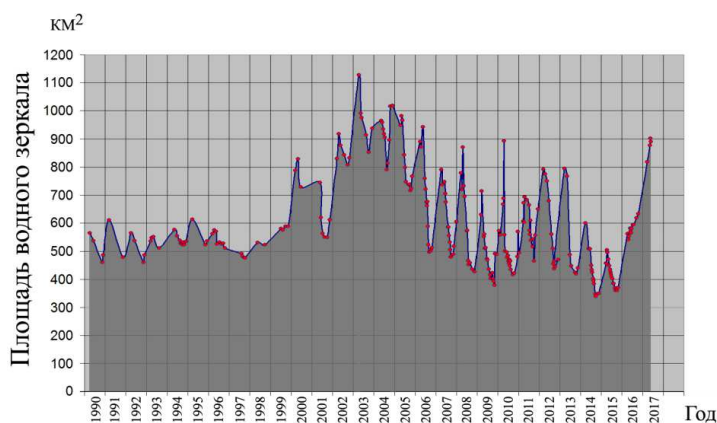


Рис. 2. Спутниковый мониторинг площади водного зеркала оз. Эби-Нур (КНР) в период 1990...2017 гг. Построено на основе данных обработки 249 снимков LANDSAT-5, 7, 8.

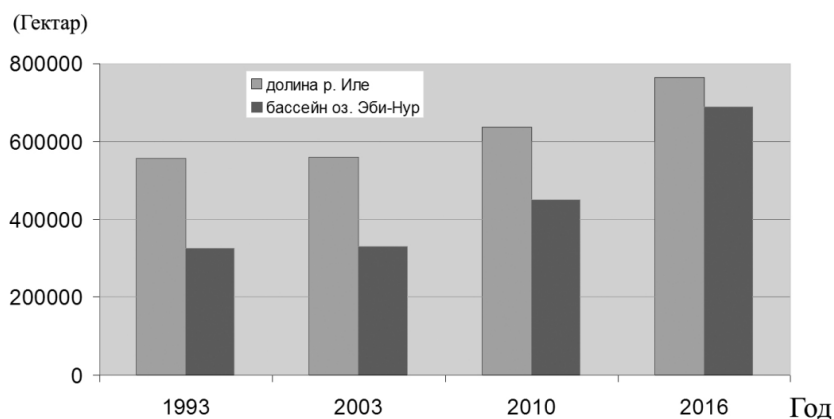


Рис. 3. Спутниковые оценки динамики роста площади поливной пашни в бассейне оз. Эби-Нур (КНР) и в китайской части долины р. Или. Построено по данным снимков LANDSAT-5, 7, 8 летних залётов в сезонах 1993, 2003, 2010 и 2016 гг.

На рис. 4 приведено сопоставление динамики уровня оз. Балхаш с размером площади водного зеркала оз. Эби-Нур. Озеро Балхаш испытывает значительно меньшее антропогенное давление, чем озеро Эби-Нур. В бассейнах рассматриваемых озёр площади водных зеркал и площади пашни оценены как: площадь зеркала оз. Балхаш составляет 18000 км², и площадь пашни - около 18000 км²; площадь зеркала оз. Эби-Нур составляет 600 км², а площадь пашни - 6800 км². Таким образом, сельскохозяйственное производство (растениеводство) формирует антропогенную нагрузку на оз. Эби-Нур более чем в 10 раз выше, чем на оз. Балхаш.

Прогрессирующее (рис. 3) антропогенное давление на оз. Эби-Нур должно формировать тенденцию к его обмелению. В случае, если будут организованы системы доступа на территорию бассейна озера дополнительных водных ресурсов, например, через каналы Чёрный Иртыш – Карамай или Чёрный Иртыш – Урумчи, тогда потери воды с эвапотранспирацией с листового покрытия сельскохозяйственных культур могут быть полностью или частично компенсированы, и долгосрочные перспективы наполненности озера улучшатся.

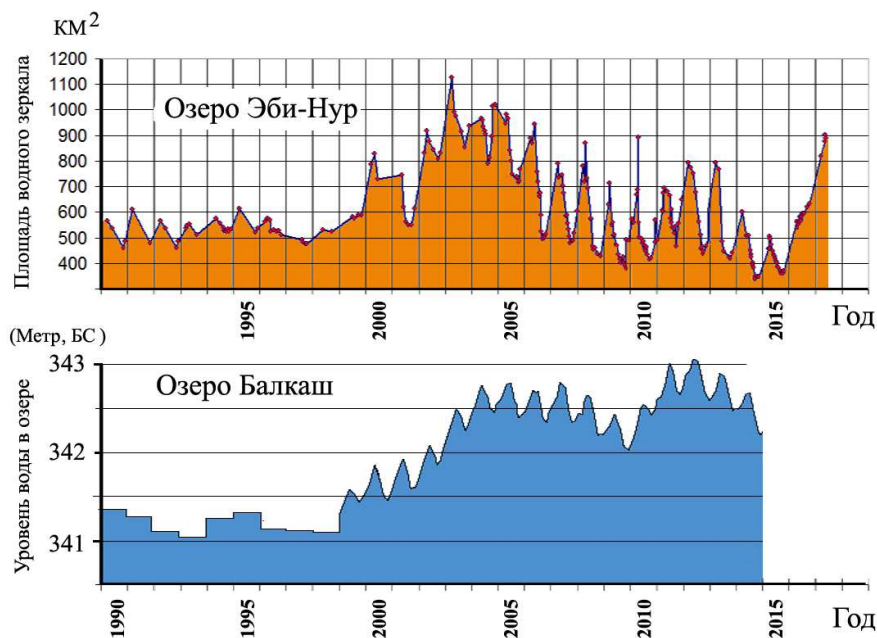


Рис. 4. Сравнение гидрологических режимов оз. Эби-Нур (спутниковые оценки площади водного зеркала за период 1990...2017 гг.) и озера Балхаш (уровень воды ГП Балхаш, среднегодовой уровень в период 1990...1998 гг.; скользящее 20-суточное среднее в период 1999...2013 гг.; 2014 – среднемесячный уровень).

Выводы. Проведён спутниковый мониторинг площади водного зеркала оз. Эби-Нур. 249 спутниковых снимков LANDSAT-5, 7, 8 за период 1990...2017 гг. позволили достаточно детально восстановить динамику изменений размеров озера в течение последних 28 лет. Сравнение гидродинамических режимов озёр Эби-Нур и Балхаш показало, что многолетняя вариативность их размеров, а следовательно, и условий увлажнения горных территорий, формирующих сток, у обоих озёр довольно близки. Однако многолетние тенденции периода 2001...2014 гг. разнонаправлены: у оз. Балхаш наблюдается рост, у оз. Эби-Нур – деградация. Причиной негативной тенденции в размере оз. Эби-Нур, по всей видимости, является чрезмерное и всё возрастающее антропогенное давление. Рост площадей поливной пашни в бассейне озера оценивается примерно в 5 % в год. В настоящий момент на каждый квадратный километр водной поверхности озера приходится около 11 км² посевов поливных культур. Для озера Балхаш этот показатель значительно меньше - около 1 км² посевов.

Без поддержки водных ресурсов из соседних бассейнов трансграничных рек: с северо-востока из бассейна реки Чёрный Иртыш, с юго-запада – из бассейна р. Или, оз. Эби-Нур, (уже теряющее на полив 680 тыс. га с/х культур большую часть летнего стока питающих его рек), в ближайшем будущем должно иметь устойчивую тенденцию к деградации. Стабилизацию можно ожидать на уровне площади зеркала примерно в 300 км². При этом стоки в озеро будут формироваться, в основном, только за счёт весеннего снеготаяния и летних ливневых осадков, т.е. источников, подверженных меньшей зависимости от антропогенного давления. Причины резкого роста размера озера в 2016...2017 гг. пока остаются неясными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Казахской ССР. Природные условия и ресурсы. – М.: 1982. – Том 1. – 156 с.
2. Крупнейшие озёра мира. [Электрон. ресурс]. – URL: <http://worldgeo.ru/lists/?id=12> (дата обращения: 08.06. 2017).
3. Ресурсы поверхностных вод СССР: Центральный и Южный Казахстан. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – Том 13. – Вып. 2. – 644 с.
4. Landsat-8/LDCM (Landsat Data Continuity Mission). [Электрон. ресурс]. – URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-8-ldcm>. (дата обращения: 08.06. 2017).

Поступила 19.06.2017

Техн. ғылымд. канд. А.Г. Терехов
Геогр. ғылымд. канд. С.А. Долгих

1990...2017 ЖЫЛДАРЫНДАҒЫ ЕБИ-НУР (ҚХР) КӨЛІНІҢ СУ БЕТІ АЙНАСЫНЫҢ СПУТНИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГІ

Түйінді сөздер: көлдің гидрологиялық режимі, спутникалық суреттер, су айнасының ауданы, климаттық өзгермелер, көл жүйесі, көлдердің көпжылдық режимдерінің келісуі

Балқаш-Алакөл көлдерінің жүйесіне жататын, Туран плитасының иілісінде орналасқан Ебі-Нур (ҚХР) көлінің су айнасы ауданының өзгеруінің спутникалық диагностикасы жасалған. 1990 жылдың 2 сәуірінен бастап 2017 жылдың 9 маусымына дейінгі Landsat-5, 7, 8 спутниктарымен түсірілген 249 спутникалық суреттері, 28 жылдар бойы болған өзеннің көлемінің динамикасын қалпына келтіруіне негізін салды. Ебі-Нур мен Балқаш көлдерінің көлемінің көпжылдық өзгерістерінің салыстырмасы осы көлдердің режимдары бір бірімен байланысты екенің көрсетті. Балқаш-Алакөл көлдерінің жүйесінің толуының синхрондық динамикасы Орталық Азия регионындағы климаттық өзгерістермен байланысты бастапқы фактор.

Terekhov A.G., Dolgikh S.A.

THE SATELLITE MONITORING OF THE WATER MIRROR AREA OF LAKE EBI-NUR (CHINA) DURING 1990...2017 YEARS

Keywords: hydrological regime of lake, satellite image, water mirror area, climate variability, lakes system, coordination of many years regimes of lakes

The satellite diagnostics of the changes of the water mirror area of the Lake Ebi-Nur (China), which belongs to the Balkash-Alakol lake system located in the deflection of the Turan plate, has been carried out. The 249 images of Landsat-5, 7, 8 period from April 2, 1990 to June 9, 2017 served as the basis for the restoration of the 28-year's dynamics of the lakes size. The comparison of the long-term variability in the sizes of Lake Ebi-Nur and Lake Balkash showed the close relationship between their regimes. The climatic variability of the Central Asian region seems to be the main factor synchronizing the dynamics of the fullness of the Balkash-Alakol lakes system.

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

С.В. Гаврук¹И.В. Каипов¹Ю.В. Деева¹

Канд. техн. наук

Б.Э. Бекмухамедов¹**WEB-ГИС ПОРТАЛ ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ**

Ключевые слова: космический мониторинг, нефтеразливы, Web-ГИС технологии, браузер, дерево слоев, отображение, антропогенное загрязнение

Работа посвящена применению Web-ГИС технологий для отображения результатов космического мониторинга нефтяных разливов. Подробно описываются функциональные возможности геоинформационной системы и map-серверные технологии. Рассмотрены основные преимущества использования Web-ГИС технологий.

Введение. Доступ к геопространственным данным, а также их картографирование и пространственно-временной анализ через интернет становятся все более популярными. Для принятия своевременных управленческих решений, особенно в случаях чрезвычайных ситуаций, очень важно анализировать ситуацию с учетом взаимного расположения разных объектов. Например, для нефтяных разливов на поверхности моря, необходимо знать координаты, размеры и контуры разлива, его пространственную и временную динамику, потенциальные источники загрязнения, морские пути, нефтегазоносные структуры, близость нефтяного пятна к хозяйственной инфраструктуре, заповедным территориям, береговой линии и т.д. Все эти задачи можно решать с использованием современных геоинформационных технологий, на основе которых, строится Web-GIS.

Web-GIS и map-серверные технологии. В настоящее время монополистом в сегменте рынка ГИС-серверов выступает компания ESRI с продуктом ArcGIS for Server [1]. С ее помощью можно легко создать онлайн картографические сервисы с простыми функциями запроса [6]. Другим примером, является технология AspMap – это Web компонент карти-

¹ АО «Национальный центр космических исследований и технологий», г. Алматы, Казахстан

рования для инкапсуляции доступа к геопространственным данным, возможности визуализации и анализа в Web приложениях и сервисах. AspMap поддерживает среды ASP и ASP.NET.

Существует большое количество бесплатных технологий, позволяющих строить различные Web-GIS-приложения. Примерами таких технологий могут служить GoogleEarth, GoogleMap, Mapserver, Geoserver, iMapper, Map-TV.

Приложение Tatuk GISDeveloper Kernel ASP.NET Edition предназначено для разработки Web-GIS с использованием C#, VB.NET, Oxygene, и других NET совместимых языков программирования, с поддержкой технологии HTML5, современных браузеров и мобильных платформ (iOS/iPhone и iPad, MacOS, Android телефоны и планшеты, Windows мобильные гаджеты) [2, 7].

При выполнении задач GIS анализа данных, Web-GIS аналогична типичной клиент/серверной архитектуре. Гео-процессинг разделяется на серверную и клиентскую части. Клиентская часть это обычно Web браузер, серверная часть состоит из Web сервера, Map сервера, Web-GIS приложений и базы данных (БД) [3].

В основе работы Web-ГИС лежат web-сервисы, обеспечивающие доступ к пространственным данным, их обработку, анализ, поиск и визуализацию. Например, картографические ГИС-сервисы отвечают за отображение карты, выполнение запросов пользователей к объектам на карте; сервисы геообработки – за моделирование и анализ пространственных отношений (прогнозирование распространения нефтяных загрязнений на акватории моря и т.д.). В качестве платформы для создания Web-ГИС могут использоваться различные серверные ГИС, например, ArcGIS for Server компании Esri или открытое программное обеспечение Geoserver, OpenMap server и др. Для разработки веб-интерфейса применяются различные программные технологии, такие как JavaScript, Flex, Silverlight, HTML5.

Преимущества использования Web-GIS-технологий достаточно очевидны: теоретическая независимость от веб-браузеров и операционных систем; возможность комбинированного использования географически распределенных источников данных в случае совместимых проекций, масштабов и качества данных; возможность совместного использования централизованных хранилищ данных; автоматическая установка и обновление версий приложения [4].

Функциональные возможности Web-GIS портала – Геоинформационной системы космического мониторинга нефтяных разливов.

Для работы с Web-GIS порталом пользователю не обязательно иметь квалификацию ГИС-специалиста. Простой и интуитивно понятный веб-интерфейс предоставляет широкому кругу пользователей функционал геоинформационного анализа. Web GIS портал – это многофункциональная геоинформационная система в окне браузера.

В разработанной, в рамках проекта Web GIS системе реализованы основные функции, доступные в настольных ГИС: навигация по карте, управление слоями и наборами данных, инструменты геопроцессинга и пространственного анализа, адресный поиск и многое другое.

Работа со слоями и наборами данных позволяет пользователю отображать и анализировать разнородные данные различными способами. В онлайн-режиме пользователь может добавлять в текущую карту доступные ему базовые карты и слои данных.

Функциональные возможности WEB-GIS портала – Геоинформационной системы космического мониторинга нефтяных разливов:

Обзор, навигация и масштабирование по карте. Интерфейс отображения результатов космического мониторинга нефтяных разливов состоит из области карты – 1 и управления слоями –2 (рис. 1).

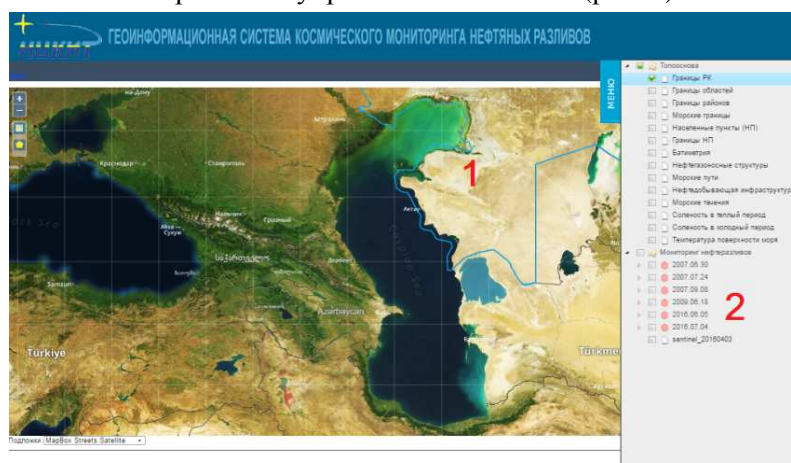




Рис. 1. Начальная страница загрузки Web-GIS портала.

Область карты WEB-GIS портала позволяет проводить обзор территории Прикаспийского региона, масштабирование карты производится с помощью кнопок «+» и «-» в верхнем левом углу области карты. Для улучшения навигации на область карты наложена сетка с переменным шагом, в зависимости от текущего масштаба карты.

Измерение расстояний и площадей по произвольным областям. Измерение расстояний и площадей производится с помощью специализированных инструментов. Иконка инструмента «Измерение линейного размера»  расположена в верхнем левом углу области карты. Инструмент позволяет проводить измерения линейных размеров различных объектов, например, расстояние от нефтяного разлива до береговой линии и т.п.

Площадные измерения объектов производятся с помощью инструмента, иконка  которого, также находится в верхнем левом углу области карты.

Для удобства пользователя и более наглядной визуализации данных реализована возможность смены карты-подложки.

Закладка «Меню». Выдвигающееся меню (обозначено цифрой 2 на рис. 1) предназначено для управления слоями. Управление отображением слоев реализовано в виде дерева слоев, с помощью которого можно включать и отключать их отображение на карте. Дерево слоев содержит следующие разделы: Топологическая основа, Батиметрия, Нефтегазоносные структуры, Морские течения, Температура поверхности моря, Соленость моря, Мониторинг нефтяных разливов. Раздел Топологическая основа содержит слои с данными об административных границах (государственные сухопутные и водные границы, границы областей районов), авто и железных дорогах, населенных пунктах и их границах.

Отображение объектов слоя на карте. Слева от названия каждого слоя расположено поле управления видимостью слоя. Для включения видимости слоя, т.е. для отображения на карте объектов слоя необходимо поставить галочку в этом поле. Объекты выбранных слоев будут отображены на карте. Время загрузки слоя зависит от количества объектов слоя, поэтому загрузка слоя может произойти с задержкой в несколько секунд.

При отображении нескольких слоев для отображения на карте произойдет наложение слоев друг на друга.

Снятие каждой поставленной галочки в поле управления видимостью слоя скроет на карте соответствующий слой.

Получение атрибутивной информации по выбранным на карте объектам (нефтяной разлив, нефтегазоносный слой и т.д.) в произвольной области, и координатах. Пространственные данные всегда имеют связь между атрибутивной и геометрической составляющими. Атрибутивная информация это информация, описывающая различные характеристики и параметры географической составляющей. Пространственные гео-

данные хранят, как геометрическое положение объектов, так и атрибутивную информацию с ними связанную. Связь между атрибутивной и пространственной информацией об объекте осуществляется с помощью уникального идентификатора. Он хранится в специальном поле таблицы (shape), недоступном для редактирования. Взаимосвязь между пространственными данными и таблицами атрибутов автоматическая, поэтому при выборе объекта или объектов будет выбрана строка или строки в атрибутивной таблице слоя, описывающая этот объект. И выбранный объект, и соответствующая строка будут выделены определенным цветом.

На практике это осуществляется следующим образом. При нажатии левой кнопки манипулятора «мышь» на геометрический объект, появляется всплывающее окно с информацией о нем. На карте нефтегазоносной структуры был выбран геометрический объект, и по клику мыши на нем появилась окно с информацией о его названии, площади и географических координатах.

Отображение слоя «Батиметрия». Слои «Батиметрия» содержат данные о подводном рельефе Каспийского моря в виде отметок глубин. При нажатии левой кнопки манипулятора «мышь» на закладке «меню», в открывшемся окне поставить галочку рядом со слоем «батиметрия». В поле карты отобразится выбранный тематический слой. Карта «батиметрия» является векторной и отображается в виде сетки точек. При клике манипулятора на любой из точек появляется окно с атрибутивными данными содержащими: значение глубины в метрах (по отношению к уровню моря), географические координаты выбранной точки (рис. 2).

Отображение слоя «Нефтегазоносные структуры». Карта «Нефтегазоносные структуры» содержит данные о нефтяных и нефтегазовых месторождений различной степени освоенности. Кликнув левой кнопкой манипулятора «мышь» на закладке «меню» в открывшемся окне поставить галочку рядом со слоем «нефтегазоносные структуры». В поле карты отобразится выбранный тематический слой. Карта является векторной и отображается в виде различных географических объектов. При клике манипулятора на любом из объектов карты появляется окно с атрибутивными данными, а сам объект меняет свой цвет и становится желтым. В окне с атрибутивными данными появляется информация: название, площадь в квадратных метрах, географические координаты выбранной точки (рис. 3).

Отображение слоя «Морские пути». Слои морские пути содержат информацию об установившихся судоходных трассах между нефтедобы-

вающими платформами и портами и представлен в виде схематических линий. Для того чтобы отобразить слой морских путей нужно в закладке меню поставить галочку рядом с названием слоя.

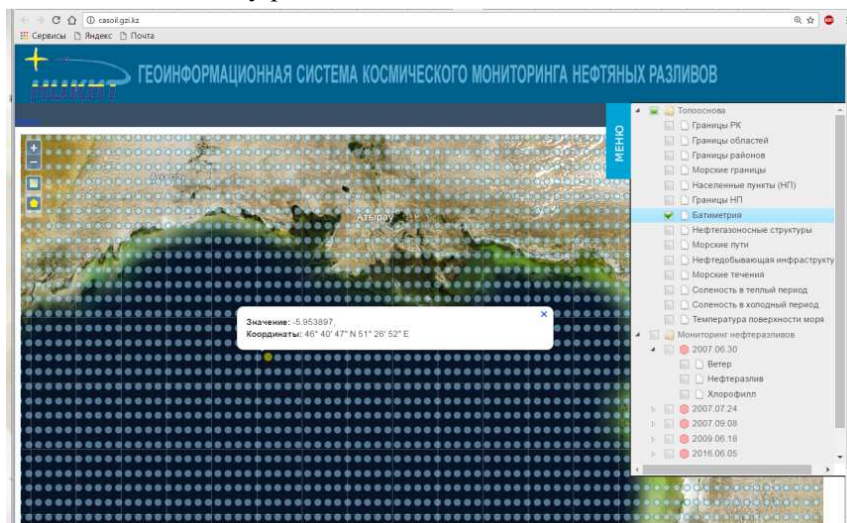


Рис. 2. Отображение тематического слоя «Батиметрия».

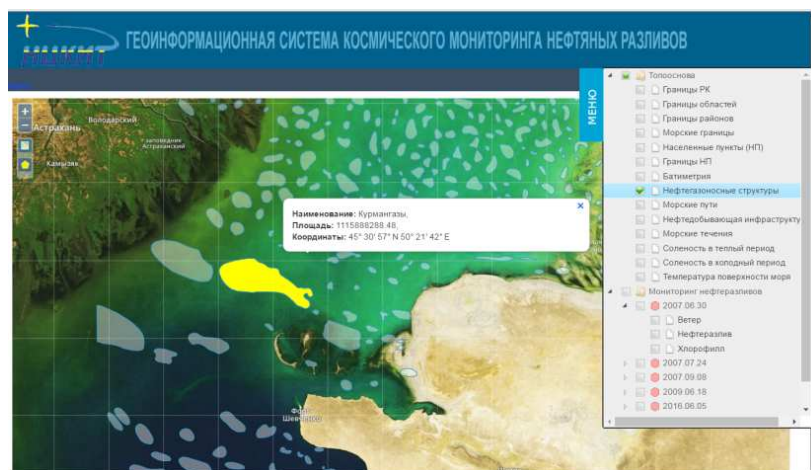


Рис. 3. Отображение тематического слоя «Нефтегазоносные структуры» и атрибутивных данных.

Отображение слоя «Нефтедобывающая инфраструктура». Слой нефтедобывающей инфраструктуры дает информацию о лицензионных участках нефтедобычи, названиях нефтедобывающих компаний, наличии нефтепроводов и нефтеперерабатывающих заводов. Для того чтобы отобразить слой нефтеперерабатывающей инфраструктуры нужно в закладке меню поставить галочку рядом с названием слоя и в поле карты появится искомое изображение (рис. 4).

Отображение слоя «Морские течения». Слой «морские течения» показывает среднее направления движения поверхностных водных масс Каспийского моря. Для того чтобы отобразить слой нужно в закладке меню поставить галочку рядом с названием слоя и в поле карты появится искомое изображение (рис. 5).

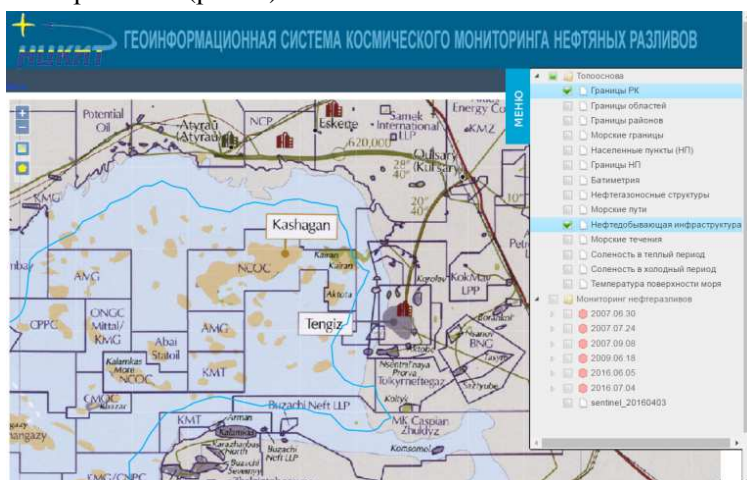


Рис. 4. Отображение тематического слоя «Нефтедобывающая инфраструктура».



Рис. 5. Отображение тематического слоя «Морские течения».

Отображение слоев солености в теплое и холодное время. В данных слоях представлена средняя соленость воды Каспийского моря в промилле за теплое и холодное время. Карта представляет собой географически привязанное растровое изображение, а данные на нем нанесены в виде

изолиний и цветовой шкалы. При нажатии левой кнопки манипулятора «мышь» на закладке «меню», в открывшемся окне поставить галочку рядом со слоем солености и в поле карты отобразится выбранный тематический слой (рис. 6).



Рис. 6. Отображение тематического слоя «Соленость в теплый период».

Отображение слоя «температура поверхности моря». На слое представлена схематически, в виде изолиний, средняя температура поверхности воды в °С. Карта представляет собой географически привязанное растровое изображение. При нажатии левой кнопки манипулятора «мышь» на закладке «меню», в открывшемся окне поставить галочку рядом со слоем температуры и в поле карты отобразится выбранный тематический слой (рис. 7).



Рис. 7. Отображение тематического слоя «Температура поверхности моря».

Отображение данных из раздела «Мониторинг нефтеразливов» в дереве слоев. В разделе «Мониторинг» все данные распределены непосредственно по датам, за которые наблюдались разливы нефти различного происхождения на поверхности Каспия. Для каждого случая были составлены карты скорости и направления ветра, карты хлорофилла, по данным радиометра MODIS, и карты с идентифицированными нефтеразливами по данным спутника Sentinel-1A. В слое нефтеразливов можно вызвать атрибутивные данные о дате, площади, периметре и географических координатах нефтяного пятна путем нажатия левой кнопки манипулятора на интересующий снимок.

Для того, чтобы отобразить необходимые данные раздела в поле карты, нужно зайти в меню, открыть раздел «Мониторинг нефтеразливов», и поставить галочку напротив искомого названия слоя. Примеры отображения направления и скорости ветра, хлорофилла и нефтеразливов представлены на рис. 8, 9, 10 соответственно.

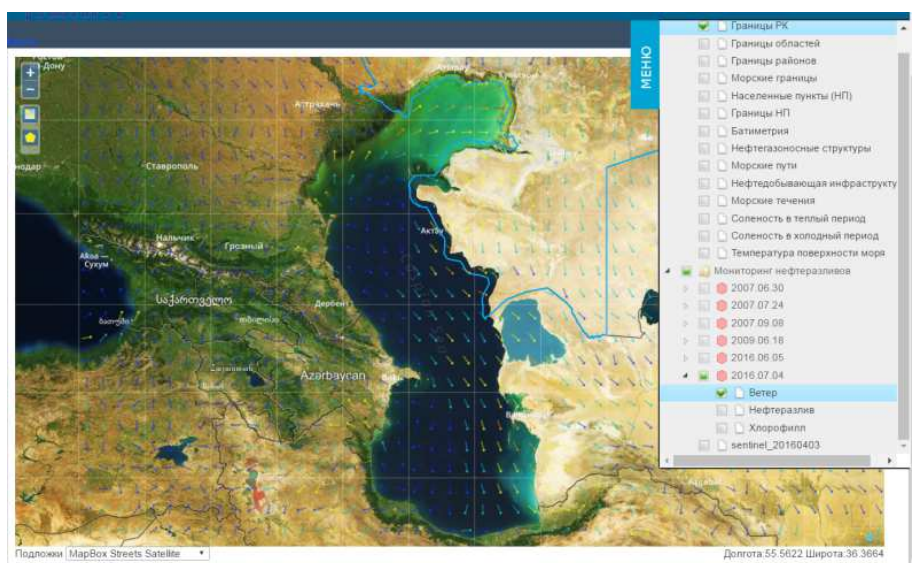


Рис. 8. Отображение тематического слоя «Ветер».

Данная Web-ГИС позволяет производить детектирование нефтеразливов и выявлять динамику их передвижения независимо от погодных условий. На рис. 11 показан случай от 4 июля 2016 года, когда нефтяное пятно было обнаружено в районе Южно-Каспийской впадины по данным Sentinel-1A, а сутки спустя это же пятно было детектировано по данным MODIS.

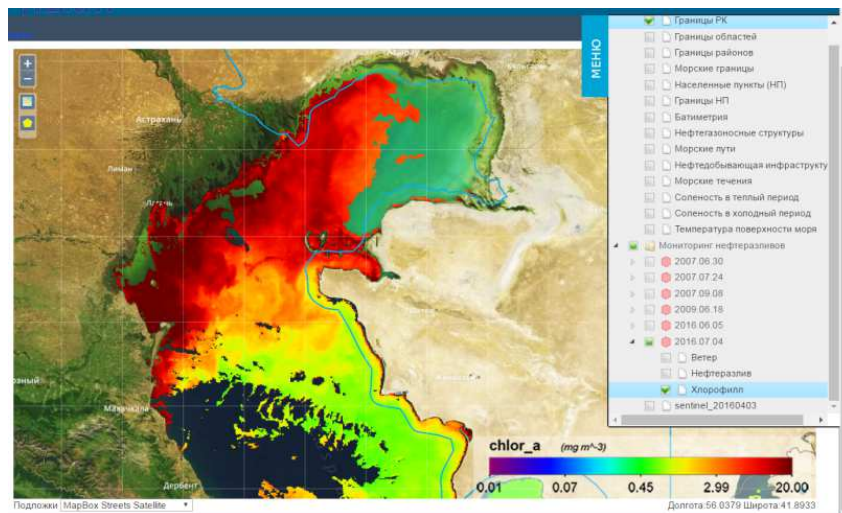


Рис. 9. Отображение тематического слоя «Хлорофилл»

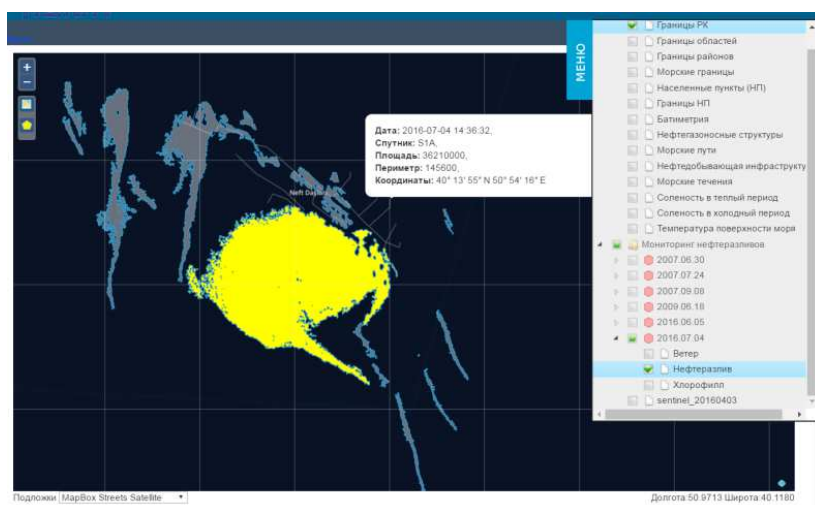


Рис. 10. Отображение тематического слоя «Нефтеразлив».



Рис. 11. Мониторинг динамики дрейфа нефтеразлива по данным ДЗЗ.

Можно наблюдать за ледовой обстановкой северного Каспия в осенне-зимний период (рис. 12).



Рис. 12. Мониторинг ледовой обстановки по данным ДЗЗ.

Кроме того, данные векторных слоев нефтеразливов, метеорологические и океанографические данные вложенные в Web-ГИС мониторинга позволяют пользователю проводить анализ антропогенного загрязнения на море и осуществлять моделирование движения нефтеразливов при необходимости [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков А.В., Пьянков С.В. Web-картографирование / Учеб. пособие – Пермь: 2015. – 110 с.
2. Гитис В.Г. Геоинформационные технологии для научных исследований // Вестник РФФИ. – 2011. – № 2-3. – С. 13-32.
3. Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г. Использование Веб-Гис-Технологий для разработки информационно-вычислительных систем для анализа пространственно-привязанных данных // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2011. – Т. 9. – №4. – С. 94-102.
4. Ермаков С.А. О резонансном затухании гравитационно-капиллярных волн на воде, покрытой поверхностно-активной пленкой // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. – 2003. – Т. 39. – № 5. – С. 691-696.
5. Кантемиров Ю.И., Аязбаев Е.Х., Токжанов О.А. Мониторинг нефте-разливов в акватории порта Актау с помощью космических радарных данных COSMO-SkyMed // Геоматика. – 2012. – №1. – С 95-100.
6. Митягина М.И., Лаврова О.Ю., Бочарова Т.Ю. Спутниковый мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности // Современные

проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – ИКИ РАН. – 2015. – Т. 12. – № 5 – С. 130-149.

7. Hamre T., Krasemann H., Groom S., Dunne D., Breitbach G., Hackett B., Sørensen K., Sandven S. Interoperable web GIS services for marine pollution monitoring and forecasting // Journal of Coastal Conservation. – 2009. – V. 13(1). P. 1-13.

Поступила 2.08.2017

С.В.Гаврук

И.В. Каипов

Ю.В. Деева

Техн. ғылымд. канд.

Б.Э. Бекмухамедов

ТӨГІЛГЕН МҰНАЙДАН САҚИНАСЫН МОНИТОР КЕҢІСТІГІН НӘТИЖЕЛЕРІН КӨРСЕТУ ҮШІН WEB-ГИС ПОРТАЛЫ

Түйінді сөздер: ғарыштық мониторинг, мұнай төгілуіне, Web-ГИС технологиясы, браузер, ағаш қабаттар, дисплей, антропогендік ластануы

Жұмыс мұнай төгілуіне нәтижелерін спутниктік мониторинг көрсету үшін веб-ГИС технологиясын пайдалануға арналған. Ол егжей-тегжейлі географиялық ақпараттық жүйелердің функционалдық және картографиялық-сервер технологиясы сипаттайды. Веб-ГИС технологияларды пайдалана отырып, негізгі артықшылықтары.

Gavruk S.V., Kaipov I.V., Deyeva YU.V., Bekmuhamedov B.E.

WEB-GIS PORTAL FOR DISPLAYING RESULTS OF SPACE MONITORING OF OIL SPILLS

Keywords: space monitoring, oil spill, Web-GIS technologies, browser, layers tree, mapping, anthropogenic pollution

The work is devoted to the application of Web-GIS technologies for mapping the results of space monitoring of oil spills. The functionalities of the geo-information system and map-server technologies are described in details. The main advantages of using Web-GIS technologies are considered.

УДК 504.064.37; 556.16

Канд. техн. наук А.Г. Терехов¹**СПУТНИКОВЫЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ МЕЖГОДОВОГО КОНТРРЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА РЕКИ ИЛИ С ПОМОЩЬЮ ВОДОХРАНИЛИЩ В КИТАЙСКОМ СЕКТОРЕ БАСЕЙНА В ПЕРИОД 2007...2016 ГОДЫ**

Ключевые слова: регулирование стока реки, гидрологический режим водохранилищ, спутниковые снимки, мониторинг запаса воды в водохранилище, гидрологический сезон

На основе 181 снимка LANDSAT-5, 7, 8 периода 2007...2016 гг. проведен анализ режимов работы двух доминирующих водохранилищ китайского сектора бассейна р. Или в аспекте межгодового (межсезонного) контррегулирования стока р. Или. При рассмотрении гидрологического сезона во временных рамках с 1 мая по 30 апреля, что соответствует периоду между сезонными минимумами запаса воды в водохранилищах, регистрируется тренд уменьшения объёмов межсезонного контррегулирования стока р. Или, вплоть до его практического отсутствия в течение последних трёх лет.

Введение. В 2007 году в китайском секторе бассейна р. Или (Иле) были запущены в эксплуатацию два крупных региональных гидроузла с водохранилищами: Капшагайская ГЭС, с объёмом водохранилища в $2,0 \text{ км}^3$ (рабочий объём $1,4 \text{ км}^3$) на р. Текес и Жарынтайская ГЭС, с объёмом водохранилища в $2,5 \text{ км}^3$ (рабочий объём $1,65 \text{ км}^3$) на р. Каш. Суммарный объём рабочих частей этих водохранилищ превышает 3 км^3 , что составляет около 25 % от годового стока р. Или на границе КНР – Казахстан (12 км^3). Резко континентальный климат бассейна р. Или формирует значительные вариации водности года. Годовой сток р. Или на границе КНР – Казахстан варьируется год от года, в пределах, примерно от $9,4 \text{ км}^3$ (1992) до $14,1 \text{ км}^3$ (1969). Использование воды накопленной в рабочих объёмах водохранилищ для межгодового контррегулирования стока р. Или, потенциально, способно существенно влиять на водность, как сезона в целом, так и его отдельных месяцев. Вопрос практики использования межгодового (межсезонного) контррегулирования стока р. Или через

¹ Казгидромет, г. Алматы

использование запасов воды накопленных в региональных водохранилищах представляет большой интерес.

Оперативная гидрологическая информация по территории китайского сектора бассейна Или является закрытой для Казахстанских экспертов. Прогноз водности р. Или на границе КНР – Казахстан из-за этого становится сложной задачей, которая решается в настоящее время по косвенным данным. Водность пула небольших рек, отобранных на территории Казахстана, моделирует водность р. Или на территории КНР [1, 4], что может заменить, в определённой степени, оперативную информацию о режиме увлажнения долины р. Или на территории КНР. В рамках такой диагностики межгодное (межсезонное) контррегулирование стока р. Или в китайском секторе с помощью региональных водохранилищ остаётся без учёта.

Территория мониторинга. Площадки Капшагайского и Жарынтайского гидроузлов расположены в Китайском секторе бассейна р. Или. Капшагайское водохранилище, в нижнем течение р. Текес (средний расход воды в реке $240 \text{ м}^3/\text{с}$), Жарынтайское водохранилище, в среднем течение р. Каш (средний расход воды в реке $120 \text{ м}^3/\text{с}$). Реки Текес и Каш являются крупнейшими притоками р. Или, фактически определяющими её водность в китайском секторе бассейна.

Исходная информация. Мониторинг состояния водохранилищ в китайском секторе бассейна р. Или основывался на спутниковых снимках LANDSAT-5, 7, 8 доступных на свободной основе на Интернет ресурсах агентства геологии США [<https://glovis.usgs.gov>]. Объекты мониторинга (водохранилища) расположены в пределах сцены WRS2: 146×30 ; с размером $180 \times 180 \text{ км}$, рис. 1. Периодичность возврата спутника LANDSAT на одну и ту же сцену на этой широте – раз в 16 дней. При двух активных спутниках на орбите, период съёмки составляет раз в 8 дней.

Снимок LANDSAT представляет собой мультizonальную съёмку подстилающей поверхности Земли в оптических и инфракрасных спектральных каналах с пространственным разрешением 30 м (панхроматический канал с разрешением 15 м). Совместная работа водохранилищ началась с 2007 г. За период с 2007 по 2016 гг. из архива USGS был выбран 181 снимок LANDSAT 5, 7, 8; с относительно безоблачным состоянием атмосферы, пригодный для оценки наполненности резервуаров.

Дополнительно к оптической спутниковой съёмке для оценки запасов воды в резервуарах привлекалась 3-D модель рельефа местности. Спутниковые данные радарной миссии SRTM-2000 Elevation (пространст-

венное разрешение 90 м, разрешение по высоте местности 1 м), гранула 43N-82E использовались в качестве 3-D модели рельефа местности [5] для восстановления батиметрии водохранилищ [2, 3].

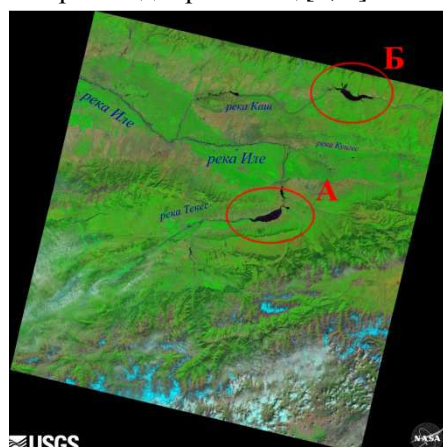


Рис. 1. Космический снимок LANDSAT-8 за 25 августа 2016 года, сцена WRS2: 146×30, размер 180×180 км. А – Капшагайское водохранилище; Б – Жарынтайское водохранилище.

Методика обработки данных. Чаши водохранилищ, созданных в среднегорных долинах, имеют простую выпуклую форму с однозначной связью между площадью зеркала и объёмом воды в резервуаре. 3-D модель чаши водохранилища, построенная с помощью SRTM-2000 Elevation, даёт возможность определить численное, эмпирическое уравнение связи между площадью зеркала и запасами воды [2, 3].

Каждый спутниковый снимок, пригодный для определения площади водного зеркала, позволяет рассчитывать запас воды в водохранилище. Спутниковый мониторинг работы водохранилищ в период с 2007 по 2016 гг. на базе 181 снимка LANDSAT позволил восстановить многолетнюю динамику наполненности, как Капшагайского и Жарынтайского водохранилищ по отдельности, так и их сумму, что на 90 % определяет потенциал запасов воды в водохранилищах всего китайского сектора бассейна р. Или. Спутниковые оценки изменений запаса воды экстраполировались к суточным данным, рис. 2

Полученные результаты. Межгодовое (межсезонное) контррегулирование представляет собой процесс сглаживания различий в объёмах речного стока, вызванных вариациями водности года. Для этого можно использовать запасы воды в водохранилищах. Вода, накопленная в резервуарах в многоводный год, может срабатываться в маловодный, и таким образом оказывать поддержку стоку реки за счёт водных ресурсов про-

94

шлых лет. Количественные характеристики в объёмах межгодового (межсезонного) контррегулирующего определяются сравнением запасов воды в рабочих частях водохранилищ в определённый, выбранный день года (граница между гидрологическими сезонами) в течение ряда лет.

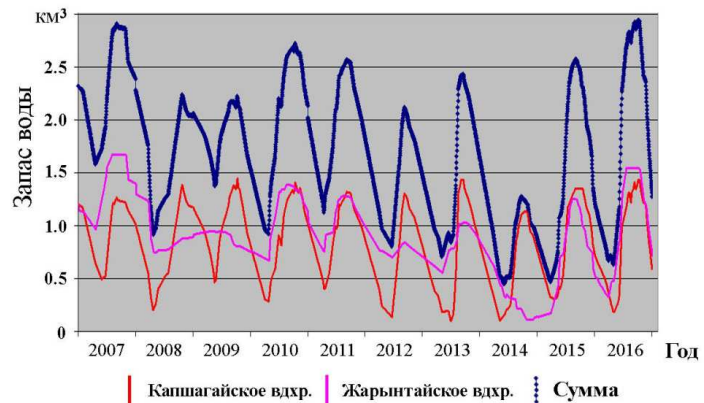


Рис. 2. Спутниковый мониторинг запасов воды в рабочих частях крупнейших водохранилищ китайского сектора бассейна р. Или (Капшагайское [р. Текес] и Жарынтайское [р. Каиш]) в период 2007...2016 гг.

Под гидрологическим сезоном можно понимать различные варианты календарных дат. Первый вариант это календарный год (1 января – 31 декабря). Суммарная работа водохранилищ китайского сектора бассейна р. Или характеризуется естественной сезонной цикличностью, формируемой процессами наполнения (весна – лето) и срабатывания (ноябрь – март), рис. 2. С математической точки зрения периодические процессы имеют две характерных точки, максимум и минимум, которые удобно использовать для определения временных границ периода. Минимум запаса воды в водохранилищах формирует гидрологический сезон в календарных датах с 1 мая по 30 апреля, максимум, соответственно, с 1 сентября по 31 августа.

Таким образом, можно выделить три варианта календарных сроков гидрологического сезона для китайского сектора бассейна р. Или. Календарный год (с 1 января по 31 декабря), по минимумам запасов воды в водохранилищах (с 1 мая по 30 апреля); и по максимумам запасов (с 1 сентября по 31 августа). Три варианта объёмов переходящих запасов воды в рабочих частях двух доминирующих водохранилищ за период 2007...2016 гг. представлены на рис. 3. На рис. 4 для этих сезонов показаны три варианта объёмов межсезонного контррегулирующего периода 2007...2016 гг.

Обсуждение. Рассматривая динамику работы основных водохранилищ китайского сектора бассейна р. Или (рис. 2) можно отметить, что режим Капшагайского водохранилища (р. Текес) остаётся стабильным в

течение всего времени своего существования (с 2007 г.). Регистрируются примерно сопоставимые по величинам сезонные максимумы (1,3...1,4 км³) и минимумы (0,2...0,5 км³) запасов воды в рабочей части резервуара, т.е. водохранилище используется для целей сезонного обеспечения водой и потребителей, и задачи межсезонного контррегулирования не решаются.

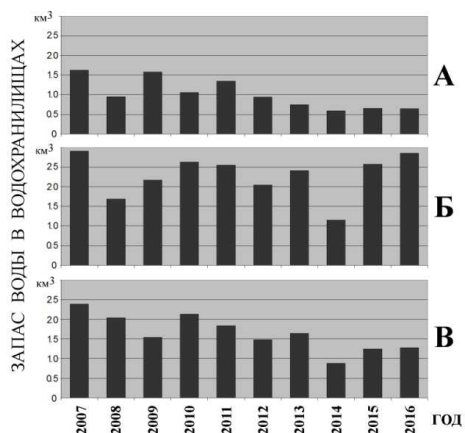


Рис. 3. Спутниковые оценки переходящих запасов воды в рабочих частях основных водохранилищ китайского сектора бассейна р. Или (Капшагайское + Жарынтайское) для трёх вариантов временных рамок гидрологического сезона: А – 1 мая...30 апреля; Б – 1 сентября...31 августа; В – 1 января...31 декабря.

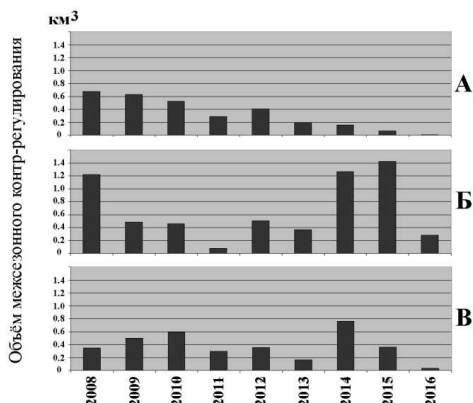


Рис. 4. Спутниковые оценки объёмов межсезонного контррегулирования (абсолютные значения) речного стока р. Или в китайской части бассейна, за счёт воды аккумулированной в водохранилищах (Капшагайское + Жарынтайское,) для трёх вариантов временных рамок гидрологического сезона: А – 1 мая...30 апреля; Б – 1 сентября...31 августа; В – 1 января...31 декабря.

Режим Жарынтайского водохранилища (р. Каш) более сложен, а сезонная динамика выражена не так чётко, как у Капшагайского (р. Текес)

водохранилища. В период максимума сезонные запасы воды в рабочей части водохранилища варьировались от 0,1 до 1,7 км³, в период минимума, от 0,3 до 0,75 км³. В 2008, 2009, 2012 и 2014 гг. сезонные максимумы практически не формировались. Однако два последних сезона (2015...2016 гг.) динамика Жарынтайского водохранилища (р. Каш) стала очень близка к динамике Капшагайского вдхр. (р. Текес). Регистрировались ярко выраженные максимумы (1,3...1,6 км³) и минимумы (0,3 км³) запасов воды в рабочей части водохранилища, т.е. в сезонах 2015...2016 гг. оба водохранилища в китайском секторе бассейна работали синхронно в чисто энергетическом режиме (выработка электроэнергии).

Объёмы межсезонного контррегулирующего речного стока р. Или в китайском секторе бассейна сильно зависят от выбора календарных дат начала-конца гидрологического сезона. Рассматривая гидрологический сезон, формируемый сезонными минимумами запаса воды в водохранилище (с 1 мая по 30 апреля), можно отметить уменьшающиеся объёмы межсезонного контррегулирующего стока. Объёмы снизились, примерно с 0,6 км³ (2007...2009 гг.) до нуля в последние годы (2014...2016 гг.) (рис. 4А).

Последние три года (2014...2016 гг.) значительно различались по водности сезона: 2014 – исключительно маловодный; 2016 – исключительно многоводный год. И тем не менее, суммарные сезонные минимумы запаса воды (на 1 мая) в рабочих частях двух основных водохранилищ китайского сектора бассейна р. Или были весьма близки: 0,579 (2014 г.); 0,659 (2015 г.); 0,653 (2016 г.) км³. Очевидно, текущий режим администрирования работой водохранилищ имеет контрольный уровень, примерно в 0,65 км³, в качестве ориентира для сезонного минимума (на 1 мая). Сезонный максимум запаса воды в водохранилищах при этом строго не контролируется. Поэтому, он остаётся под сильным влиянием водности сезона, например, 1,15 км³, в маловодный 2014 год; и 2,8 км³, в многоводный 2016 год (рис. 2).

Выводы: межсезонное контррегулирование речного стока р. Или в китайской части бассейна с помощью региональных водохранилищ может диагностироваться по спутниковым данным. Оценка параметров водного баланса между речным стоком и запасом воды в водохранилищах позволяет получать информацию о принципах и параметрах водопользования речного стока.

Регистрируемые объёмы межсезонного контррегулирующего стока р. Или зависят от выбора календарных дат гидрологического сезона. При использовании временных рамок сезона с 1 мая по 30 апреля (годовой сезон между минимумами запаса воды в водохранилищах), регистрируется почти монотонное понижение объёмов межсезонного контррегулирующего

ния, вплоть до нуля в последние три года (рис. 4А). Сезонный максимум запаса воды в водохранилищах при этом зависит от водности сезона и способен меняться в широких пределах (1,1...2,9 км³).

Рассматривая другие варианты календарных границ гидрологического сезона, и особенно часто используемый в статистических выкладках календарный год, можно наблюдать заметные объёмы межсезонного контррегулирующего речного стока: для календарного года - до 0,8 км³ (рис. 4Б); для сезона с 1 сентября по 31 августа - до 1,4 км³ воды (рис. 4В). Правда, эти объёмы не являются результатом целенаправленной политики, а лишь следствием штатной работы водохранилищ в сезонах с различной водностью.

Таким образом, в последние 3 года в рамках гидрологического сезона, формируемого минимумами запаса воды в водохранилищах (с 1 мая по 30 апреля), задача межсезонного контррегулирующего стока р. Или в китайском секторе бассейна с помощью водохранилищ не ставилась. Если в анализе использовать другие календарные даты гидрологического сезона, тогда определённые объёмы воды (до 1,4 км³) могут формально относиться к межгодовому (межсезонному) контррегулирующему, являясь, по сути, результатом сезонных различий в режимах заполнения водохранилищ, вызванных различной водностью сезона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галаева А.В. Водные ресурсы реки Или в условиях изменения климата и водопотребления // Вестник Кыргыз. ГУ им. И. Арабаева (серия естественные науки). – 2013. – №1. – С. 54-58.
2. Терехов А.Г., Долгих С.А. Спутниковый мониторинг гидрологического режима водохранилища на реке Текес (китайская часть бассейна реки Иле) // Вестник КазНУ (серия географическая) – 2015. – № 1 (40). – С. 143-147.
3. Терехов А.Г., Пак И.Т., Долгих С.А. Данные LANDSAT 5, 7, 8 и ЦМР в задаче мониторинга гидрологического режима Капчагайского водохранилища на реке Текес (китайская часть бассейна реки Иле) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 6. – С. 174-182.
4. Шиварёва С.П., Галаева А.В. Анализ изменения стока в бассейне р. Или в пределах Казахстана и Китая // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №1. – С. 55-67.
5. Rodriguez E., Morris C.S., Belz J.E., Chapin E.C., Martin J.M., Daffer W. An assessment of the SRTM topographic products // Technical Report JPL D-31639. Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory. – 2005. – 143 p.

Техн. ғылымд. канд. А.Г. Терехов

**2007...2016 ЖЫЛДАРДАҒЫ ІЛЕ ӨЗ. АҒЫНЫНЫҢ ЖЫЛ АРАЛЫҚ
КОНТР-РЕТТЕУІНІҢ ПАРАМЕТЛАРЫНЫҢ ҚЫТАЙ
СЕКТОРЫНДАҒЫ БАССЕЙІНІНДЕ ОРНАЛАСҚАН СУ ҚОЙМА
АРҚЫЛЫ САНАЛҒАН СПУТНИКАЛЫҚ БАҒАЛАУ**

Түйінді сөздер: су қойма, спутникалық диагностика, өзеннің су шығымы, өзен ағымы, су қоймасындағы су қоры, өзен ағымының реттеуі

2007...2016 жылдардағы LANDSAT-5, 7, 8 спутниктарының 181 суреттерінің арқасында Іле өзенінің жыл аралық (мерзім аралық) контр-реттеуі аспекті бойынша Қытай секторындағы Іле өзенінің екі доминантты су қоймаларының жұмыс режимінің анализы жасалған. 1 мамыр мен 30 сәуір аралығындағы гидрологиялық мезгілді қарастыра келгенде бұл су қоймадағы су қорының мезгілдік минимумына сәйкес келеді, Іле өз. ағымының жыл аралық контр-реттеудің көлемінің азайу тренді және де соңғы үш жылда оның мүлдем жоғалуына дейін тіркеледі.

Terekhov A.G.

THE SATELLITE ESTIMATES OF PARAMETERS OF THE INTER-SEASONS REGULATION OF THE ILE RIVER RUNOFF WITH THE HELP OF THE ARTIFICIAL RESERVOIRS IN THE CHINESE SECTOR OF BASIN DURING 2007...2016 YEARS

Keywords: artificial reservoirs, hydrological regime, satellite diagnosis, the river charge, river runoff, water deposit in the reservoir, regulation of the river stream

Based on the 181 satellites images (LANDSAT-5, 7, 8) period of 2007...2016 years, an analysis of the operation modes of the two dominant artificial reservoirs of the Chinese sector of the Ile River basin was carried out in the aspect of the inter-years (inter-seasonal) control of the Ile River runoff. When considering the hydrological season in the time frame from May 1 to April 30, which corresponds to the period between the seasonal minimum of the water deposit in the artificial reservoirs, a trend is recorded to reduce the volume of the River Ile runoff. Moreover during last three years the off-season regulation of the River Ile runoff was absent.

УДК 911.556

Канд. геогр. наук К.О. Молдошев¹
С. Шахин²**ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ КЫРГЫЗСТАНА**

Ключевые слова: водные ресурсы, водообеспеченность, поверхностные воды, речной сток, подземный сток, дефицит воды

Чуйская долина уступает соседним регионам Кыргызстана по запасам водных ресурсов. Регион в целом мало обеспечен ресурсами устойчивого (подземного) стока. Местные поверхностные ресурсы речного стока составляют 2,4 км³/год, подземная составляющая 1,7 км³/год.

По характеру направленности водного баланса и генезису речного стока территория Чуйской долины может быть разделена на две гидрологические области: формирования и рассеивания стока.

К области формирования стока относятся горные поднятия и склоны горных хребтов, характеризующиеся положительным водным балансом, на который антропогенные факторы не оказывают заметного влияния. Приход влаги преобладает здесь над ее потерями, что способствует образованию стока и широкому развитию оледенения в речной сети.

Область рассеивания стока опоясывает подножье горных образований, занимая территории конусов выноса рек, предгорных шлейфов и равнин. Испарение и другие потери поверхностного стока преобладают здесь над атмосферными осадками и поэтому образование местного стока крайне ограничено. Кроме того, значительная часть транзитного поверхностного стока, поступающего сюда с гор, теряется на инфильтрацию.

Главной водной артерией Чуйской долины является р. Чу, образующаяся от слияния рек Кочкор и Жоон-Арык. Прорезав Боомским ущельем Кыргызский хребет и приняв справа главный свой приток р. Чон-Кемин, р. Чу поворачивает на северо-запад, где в пределах Чуйской долины принимает ряд притоков, формирующихся, в основном, на северных склонах Кыргызского Ала-Тоо. К наиболее крупным из них принадлежат реки Шамшы, Ысык-Ата, Аламюдюн, Ала-Арча, Сокулук и Кара-Балта. Средние многолет-

¹ КНУ им. Ж. Баласагына, г. Бишкек, Кыргызстан;

² КГУ им. И. Арабаева, г. Бишкек, Кыргызстан

ние расходы воды исследуемых рек изменяются от 1,39 м³/с (р. Джыламыш – клх. Чапаева) до 27,6 м³/с (р. Чу – устье р. Чон-Кемин) [4].

На территории Чуйской долины существовала довольно густая сеть гидрологических пунктов наблюдений, плотность сети составляла в среднем 1 гидропост на 600 км². Для сравнения скажем, что в странах СНГ на один пост приходится в среднем 1600 км², к сожалению, большинство из них сейчас не функционирует. Однако масштабы развития производительных сил Чуйской долины требуют значительного расширения стационарной сети гидрометеорологических станций. При этом следует предусмотреть более полный охват наблюдений за малыми реками, как в горной территории, так и на равнинных ее частях. Дело в том, что отдельные гидропосты дают искаженную информацию из-за расширения водозабора выше их.

Главным источником питания рек являются талые воды сезонных и вечных снегов, а также ледников. Дождевые воды имеют второстепенное значение. Питание подземными водами в горной зоне также связано преимущественно с талыми и дождевыми водами, претерпевающими трансформацию на водосборах рек.

Для Чуйской долины с высокоразвитым орошаемым земледелием большое значение имеет сток рек, формируемый в период вегетации растений. За вегетационный период, охватывающий промежуток времени с апреля по октябрь, на реках Чуйской долины формируется от 61 % (р. Кызыл-Суу) до 82 % (р. Чон-Кайынды) объема годового стока [1]. Основная часть времени вегетационного периода приходится на фазу половодья, средняя продолжительность которого колеблется от 120 (р. Кара-Балта) до 154 (р. Шамшы) суток. За время половодья происходит формирование от 81 % (р. Кичи-Кемин) до 98 % (р. Сокулук) стока всего вегетационного периода. Остальная часть от 2 до 19 % образуется за счет стока осенне-зимней межени. Характерной особенностью в пространственном отношении величины речного стока является его уменьшение в направлении на север и северо-запад.

Водный баланс Чуйской долины характеризуется годовой суммой осадков 8,6 км³, расходующихся, в основном, на испарение и транспирацию растениями (4,5 км³) и в значительной степени на формирование вод местного речного стока (4,1 км³) [4]. Показателем естественной водообеспеченности территории является величина речного стока, приходящаяся на 1 км площади. Для Чуйской долины он составляет 266 тыс. м³.

В целом удельная водообеспеченность Чуйской долины составляет 2,7 тыс. м³/год, что в три с лишним раза меньше среднереспубликанского показателя. Наблюдается большая амплитуда показателя удельной водо-

обеспеченности. Так, в Кеминском районе на одного жителя приходится 21,6 тыс. м³ воды в год, в Аламединском же включая и г. Бишкек всего 0,5 тыс. м³/год. Восточные районы Чуйской долины обеспечены водой гораздо лучше, по сравнению, с западными. Наблюдается уменьшение как удельной, так и естественной водообеспеченности с продвижением с востока на запад (табл.).

Таблица

Распределение ресурсов речного стока по административным районам Чуйской долины

Административный район	Площадь, км ²	Население, тыс. человек (01.01.2010 г.)	Речной сток		Водообеспеченность, тыс. м ³	
			км ³ /год	%	на 1 км ²	на 1 жит.
Кеминский	3464,9	53,1	1,15	28,0	332	21,6
Чуйский	1612,1	104,4	0,65	15,9	403	6,2
Ысык-Атинский	1893,2	125,0	0,80	19,5	419	6,4
Аламединский	1443,1	884,9	0,40	9,8	277	0,5
Сокулукский	2027,2	136,1	0,35	8,5	172	2,8
Московский	1531,1	83,6	0,22	5,4	143	2,6
Жайылский	1678,6	100,3	0,25	6,1	148	2,5
Панфиловский	1716,2	43,6	0,28	6,8	163	6,4
Всего по долине	15366,4	1533,1	4,10	100,0	266	2,7

Примечание: Границы районов даны на 01.01.1999 г.

На территории Чуйской долины действует большое количество искусственных водоемов различного назначения: водохранилища многолетнего и сезонного регулирования, пруды, бассейны декадного и суточного регулирования. К наиболее крупным из них относятся Орто-Токойское с полезным объемом 450 млн. м³, наливное Нижнее Ала-Арчинское – 48 млн. м³, Сокулукское – 10 млн. м³, Спартак – 22 млн. м³ и др.

Роль озер и водохранилищ, как части природных ресурсов многогранна. Они служат целям водоснабжения и рыболовства, гидроэнергетики, сельского хозяйства и промышленности, наконец, имеют лечебно-курортное значение.

На территории Чуйской долины сосредоточены значительные ресурсы подземных вод. В хозяйстве широко используются различные виды подземных вод: пресные – для хозяйственно-питьевого употребления, промышленного водоснабжения и орошения; минеральные – для бальнеологических целей; термальные – для теплоснабжения и энергетических нужд; промышленные с целью извлечения полезных компонентов – для

промышленности. К настоящему времени территория Чуйской долины изучена достаточно хорошо. Наиболее полное описание гидрологических условий дано в работах [2, 3].

Наиболее широкое распространение получили пресные подземные воды, как один из источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. По сравнению с поверхностными водами, подземные воды имеют ряд существенных преимуществ, отличаясь, прежде всего высоким качеством благодаря изолированности от источников загрязнения, а также более равномерному территориальному распределению. Особенно важное практическое значение имеют пресные подземные воды неглубоко залегающих водоносных горизонтов зоны интенсивного водообмена, участвующие в формировании подземной составляющей речного стока, так как они легкодоступны к всестороннему использованию и восполнению. Естественные ресурсы подземных вод Чуйской долины, приуроченные к мощной толще четвертичных отложений, величина которых 300...350 м оцениваются в количестве 71,3 м³/с [2]. Здесь разведано 9 месторождений подземных вод, по промышленным категориям 28,02 м³/с, по прогнозным – 14,72 м³/с. Величина водотбора равна 19,22 м³/с, в том числе для городского и промышленного водоснабжения – 10,82 м³/с, для орошения земель – 5,5 м³/с, для сельхозводоснабжения – 2,62 м³/с. Всего эксплуатируется 1264 скважины [3].

Подземные воды имеют хорошие питьевые качества (минерализация редко превышает 1 г/дм³), их химический тип – гидрокарбонатно-кальциевый. Исключение составляют грунтовые воды центральной и северо-западной части Чуйской впадины, где они сильно минерализованы за счет развития здесь процессов засоления почво-грунтов. На территории Чуйской долины имеются большие запасы минеральных и термальных вод разных по температуре, химическому составу и содержанию бальнеологически активных микроэлементов. Большинство из них проявлены естественными выходами в виде родников, некоторые вскрыты скважинами. Известны углекислые, термальные и субтермальные, сероводородные воды, которые широко используются.

Чуйская долина уступает соседним регионам Кыргызстана по запасам водных ресурсов. Регион в целом малообеспечен ресурсами устойчивого (подземного) стока. Местные поверхностные ресурсы речного стока составляют 2,4 км³ в год, подземная составляющая 1,7 км³/год. Значительная часть водных ресурсов отличается хорошим качеством, однако это, в основном, ресурсы подземных вод и необжитых горных районов региона. Ресурсы освоенной части в значительной мере подвергнуты химической, бактериологической, физической и деструктивной детериорации [5].

УДК 551.8

PhD	Ж.Г. Берденов ¹
Доктор геогр. наук	Г.М. Джаналеева ¹
Канд. биол. наук	Г.М. Атаева ²
Канд. биол. наук	Е.Х. Мендыбаев ²
Канд. геогр. наук	Н.Б. Казангапова ³

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ИЛЕК

Ключевые слова: геологическое строение, рельеф, полезные ископаемые, тектоника, геосистема

В статье рассмотрены методы палеогеографических исследований. На их основе выявлено местонахождение областей сноса, характер древней суши и древних бассейнов р. Илек, характер бывших климатов. Используя данные о тектонических движениях при палеогеографических реконструкциях, составлена тектоническая карта. При этом основное внимание уделено описанию местности при полевых исследованиях. Также в работе рассмотрены проблемы изменения физико-географических условий осадконакопления в течение геологической истории Илекской бассейновой территории в связи с эволюцией биосферы, которые следует учитывать при палеогеографических реконструкциях.

Введение. Роль палеогеографических исследований для геологической практики возрастает, в связи с тем, что поиски полезных ископаемых день ото дня в большей мере приходится вести на значительных глубинах и в районах с плохой обнаженностью или даже, полностью закрытых. В таких условиях сделать достаточно обоснованные научные прогнозы, где и какие полезные ископаемые следует искать, можно только используя палеогеографические данные.

¹ Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана Казахстан;

² Актюбинский Государственный университет им. К. Жубанова, Казахстан;

³ Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана Казахстан.

Различные осадочные полезные ископаемые образуются в определенных физико-географических условиях. Поэтому знание существовавших в геологическом прошлом физико-географической обстановки в каждом конкретном районе абсолютно необходимо для научного прогноза и поисков месторождений [6].

Карты прогнозов немыслимы без палеогеографических исследований. Даже выделение зон для того или иного времени распространения различных климатических обстановок позволяет наметить районы, благоприятные для нахождения некоторых полезных ископаемых в осадочных толщах соответствующего возраста.

В своей основе это направление является прикладным, так как имеет главной целью выявление закономерностей изменения химического состава природных систем, т.е., в сущности, их загрязнения при антропогенных воздействиях. Бассейн р. Илек – важный индустриально-аграрный трансграничный регион России и Казахстана. Большое значение имеют развитые в бассейне Илека черная и цветная металлургия, нефтегазодобывающая промышленность, зерновое хозяйство, мясное животноводство.

Большой вклад в изучении Западного региона Казахстана, в частности современной территории бассейна р. Илек внес русский учёный: Н.А. Северцов, геолог, климатолог. Наряду с зоологическими исследованиями он проводил геологические наблюдения на Эмбе, Устюрте, Мугалжарах. В Арало-Каспийской низменности установил пермскую, юрскую, меловую, третичную и послетретичную формации [3, 10, 12].

Начало накопления фактического материала, геологического материала на территории Южного Урала, в частности Мугалжарской возвышенности, относится к 18 в. в связи с учреждением в 1724 г. Российской академии наук. Это был период отдельных экспедиций П.С. Палласа, В.Ф. Зуева, И.И. Лепехина, Н.П. Рычкова, В.Н. Татищева, основной целью которых было составление первых обзорных карт и поиски месторождений полезных ископаемых для горных заводов. С 19 в., после создания в 1882 г. Российского геологического комитета, А.П. Карпинский, И.В. Мушкетов, Ф.Н. Чернышев проводили экспедиционные исследования в регионе бассейна р. Илек [19]. Первые работы носили описательный характер, базировались на единичных разрозненных маршрутных пересечениях [17].

В изучении растительного покрова бассейна р. Илек важную роль сыграл И.М. Крашеников. В 1908 г. в Тургайском уезде рассматривал растительность района в многогранных связях со всем комплексом при-

родных условий. Особое внимание уделял взаимоотношению растительных ассоциаций с рельефом и почвами.

Становление и развитие геоэкологических исследований на территории Южного Урала и Мугалжар в частности происходило постепенно: 30-70-е гг. 20 в., 80-90-е гг. 20 в. и по настоящее время. Периоды характеризуются разными объемами промышленного горнорудного строительства, локальными разработками месторождений полезных ископаемых и различной степенью развития методики геоэкологических исследований. На каждом этапе изыскания велись по следующим направлениям: геологические, гидрогеологические, геохимические, геофизические [23].

Особый вклад в изучение геологического строения, тектоники Мугалжар внес выдающийся ученый, доктор геолого-минералогических наук (1971), профессор (1973), академик АН КазССР (1979), заслуженный деятель науки КазССР (1982), академик Международной инженерной академии и Инженерной академии РК (1993) – Абдулин А.А. [2].

Объект и методы исследования. Согласно физико-географическому районированию исследуемый регион принадлежит к природной зоне умеренного пояса Уральской страны, Южно-Уральской области, Уральско-Мугалжарской провинции, Орско-Мугалжарскому округу, районам: Орского плато и Мугалжарской возвышенности [1].

Граница бассейна проходит в субширотном отношении по центральным частям Южного Урала и на западе примыкает к Русской платформе. Бассейн простирается по Уралтау-Мугалжарской складчатой области, на западе – представлен Актюбинским периклинальным прогибом, а на юго-западе бортом Прикаспийской впадины [10].

Палеогеография призвана выявлять для того или иного отрезка геологического времени изменения физико-географических условий в пространстве. Поэтому палеогеографические исследования всегда проводятся в пределах определенной площади. Без этого не может быть палеогеографии. В связи с этим понятие комплексности исследований в палеогеографии имеет более широкий смысл, чем, скажем, в литологии или минералогии. Комплексность в данном случае означает не только разностороннее, наиболее полное изучение какой-то породы, сочетания пород или минералов, но и изучение всей совокупности объектов в пределах какого-то стратиграфического интервала и определенной площади [6].

Методы палеогеографических исследований рассмотрены в ряде работ, из которых первостепенное значение имеют книги «Основы общей

палеогеографии» Л.Б. Рухина [16], «Методы палеогеографических исследований в нефтегазоносных областях» Б.П. Жижченко [11] и «Руководство по определению осадочных фациальных комплексов и методика фациально-палеогеографического картирования» В.И. Попова и др. [15]. Однако в них не нашли должного отражения некоторые положения учения Н.М. Страхова о климатических типах литогенеза, поскольку трехтомник «Основы теории литогенеза» [20, 21] вышел в свет уже после первого издания «Основ общей палеогеографии» [16]. Важность же использования данных учения о климатических типах литогенеза при палеогеографических исследованиях в настоящее время несомненна.

В палеогеографии следует различать две части: общую, рассматривающую теоретические положения и методы науки, и региональную, систематизирующую полученные результаты, в частности, в виде палеогеографических карт, т.е. конкретную географию для тех или иных районов и отрезков геологического времени [16].

Основными задачами палеогеографии являются выяснение физико-географических условий прошлого, особенно зон древнего осадконакопления, и реконструкция распространения по площади вещественных и генетических разностей осадков. Прикладное значение палеогеографии в геологическом аспекте заключается в том, что она призвана на основании комплексного изучения горных пород и заключенных в них органических остатков выяснять физико-географические условия прошлого, для того чтобы по полученным данным можно было судить о вероятном распространении определенных осадочных пород и полезных ископаемых в недоступных для наблюдения участках земной коры. Таким образом, можно говорить о прямой (по породам судят о ландшафтах прошлого) и обратной (на основе сделанных реконструкций прогнозируют возможность нахождения геологических объектов) задачах палеогеографии. В географическом аспекте палеогеографические реконструкции прежде всего важны как средство познания истории становления современных ландшафтов и как основа, позволяющая делать прогнозы относительно их будущего [13] и в какой-то мере давать рекомендации по рациональному использованию естественных ресурсов [14].

Палеогеографические исследования наряду с выявлением геологической истории того или иного района позволяют предугадать и понять процессы изменения месторождений полезных ископаемых, которые следовали за их образованием под влиянием древнего выветривания, размыва, а иногда и переотложения [16].

В исследовании применялись методы выявления условий образования обломочных пород. Широко признано мнение, что особенно важен для использования принципа актуализма анализ закономерностей накопления современных обломочных отложений, ибо только для них можно считать, что физические закономерности, управляющие их осаднением, практически не изменялись, в то время как накопление современных хемогенных и биогенных осадков происходит уже в несколько иных условиях по сравнению с прошлым.

Поскольку процессы диагенеза оказывают большое воздействие на формирование особенностей состава глинистых минералов, приходится считать, что выводы о связи их состава в современных осадках с физико-географическими условиями на водосборных площадях или составом выносимого с суши материала не могут быть механически перенесены на древние объекты. Сходные с современными, ассоциации глинистых минералов в древних породах могут отвечать существенно иным физико-географическим условиям во время осадконакопления. Наоборот, отличные ассоциации могут отмечаться в породах, образовавшихся из осадков, накапливавшихся в обстановках, близких к современным. Поэтому судить об условиях образования глинистых минералов древних толщ и тем самым делать выводы о палеогеографической обстановке формирования этих толщ необходимо на основании выявления закономерностей изменения состава минералов во времени и пространстве, выяснения общности или различия между их составом и составом выносившегося во время осадконакопления из областей сноса пелитового материала [6].

Результаты исследования. Большая часть территории Илекского бассейна приурочена к Прикаспийской низменности. Бассейн р. Илек расположен в Прикаспийско-Уральской синеклизе, сформировавшейся в герцинское время. В пластике ложи бассейна принимают участие разновозрастные породы. Верхние горизонты осадочных отложений сложены палеоген-неогеновыми отложениями, перекрытыми четвертичным супесчано-суглинистым материалом. Такое сложное геологическое, палеогеографическое, тектоническое строение бассейна объясняет структурно-динамическую унаследованность геосистем (рис.).

Актюбинский периклинальный прогиб в сочетании с мезорельефом Уралтау-Мугалжарской складчатой областью создает сложную структуру на мозаике геосистем низшего порядка. Доминирующие геосистемы бассейна сформированы на денудационных равнинах Зауралья, которые с востока пе-

рекрывают разрушенные низкогорья Мугалжар. Рельеф наиболее приподнятой части восточных окраин бассейна р. Илек представлен меридионально вытянутыми грядами или группами параллельных гряд, сложенных в основном эффузивами среднего палеозоя [23].

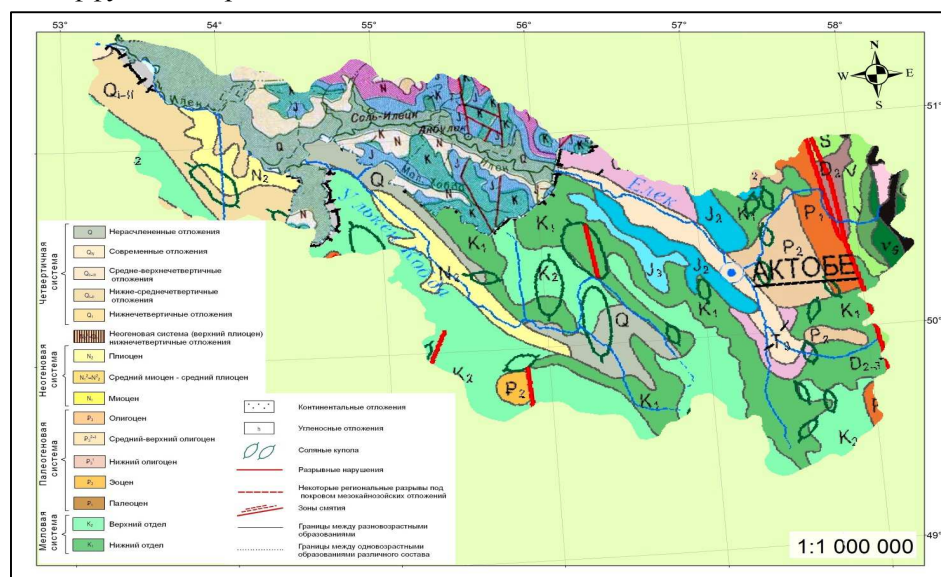


Рис. Тектоника бассейна реки Илек.

Основную часть бассейна составляет Урало-Эмбинское денудационное плато, на западе граничащее с Прикаспийской низменностью, на юге – с плато Устирт, а на востоке с западными острогами Мугалжарского низкогорья [1].

Геоморфологические границы бассейна не совпадают с принятым геологическим районированием. В структурном отношении бассейн р. Илек охватывает северо-восточную часть Прикаспийской синеклизы с характерными признаками проявления соляной тектоники, где мощная осадочная толща (до 10 км) верхнего палеозоя перекрыта почти горизонтальными отложениями мезозоя и кайнозоя [1].

В геологическом строении поверхность бассейна р. Илек представлена, главным образом, глинистыми и песчано-глинистыми породами мезозоя и кайнозоя. Общее вздымание отложений отмечается в направлении с запада на восток. Внутри аккумулятивной равнины бассейна наиболее широко развита вогнуто-наклонная делювиально-пролювиальная равнина. Мозаика ландшафтов подчинена в этой части бассейна равновысотности уступов, которая под углом 30...40° опускается к поверхности долины р. Илек и р. Хобды [4].

Восточные окраины бассейна часто бронированы довольно плотными опоковидными песчаниками верхнего эоцена [22]. В этих случаях структурно-денудационные уступы имеют большую крутизну, а два бронирующих горизонта нередко придают рельефу равнины ярусное строение. Например, в верховьях Кара-Хобды, Табанты, Тамды, Жаксы-Каргалы можно видеть три ступени равнин, отделенных друг от друга уступами, высотой 30...50 м.

Основные доминирующие геосистемы бассейна функционируют в условиях денудационных равнин, строение поверхности которых определяются сложными сочетаниями низкогорий и разделяющих депрессий. Остальные структуры проявляются в рельефе косвенно, влияя на рисунок эрозионной сети. Лишь в редких случаях (менее 1 %) солянокупольные структуры находят выражение в рельефе юго-западных окраин бассейна р. Илек [18].

Долины Илекского бассейна имеют низкие аккумулятивные террасы до 2,5 м и высокую пойму, иногда двух уровней (до 3...5 и 5...8 м), и до пяти надпойменных террас. Террасы современных долин Илека и его притоков тесно связаны со стадиями хвалыньских трансгрессий Каспия, и наряду со вложенными имеют место и наложенные террасы. Различная высота их уступов может зависеть от локальной активности соляных куполов. Аналогичная картина наблюдается и в долинах рек-притоков р. Илек 1 и 2 порядка. Здесь позднехвалыньская первая надпойменная терраса высотой от 3...4 м в низовьях до 5...6 м в верхнем течении нередко имеет два уровня, особенно вблизи бывших устьев рек. Вторая надпойменная терраса высотой от 6...7 м до 10...12 м обычно локальна. Террасы этих долин зачастую эрозионные, особенно при пересечении сводов соляных куполов или на спрямленных отрезках, соответствующих разрывным тектоническим нарушениям [7].

Четвертичные отложения распространены широко и представлены следующими генетическими типами: речными, озерными, озерно-речными (озерно-аллювиальными), эоловыми. Они слагают поймы и террасы рек, озер [5]. Современные отложения слагают поймы и выстилают русла рек и представлены аллювиальными отложениями высокой и низкой пойм, озерными и эоловыми образованиями. Аллювиальные отложения пойм литологически представлены средне- и мелкозернистыми глинистыми песками, супесями, суглинками. Мощность отложения 5...7 м. Озерные отложения слагают днища многочисленных озерных котловин и представлены глинами, алевролитами, мелкозернистыми песками. Мощность отложений не более 3 м.

Докембрийские структуры здесь перекрыты большой мощностью четвертичного времени. Магматизм в структурах платформенного типа не выявлен, поэтому полезные ископаемые относятся к генетической группе (осадочные, биогенные, хемогенные). Помимо соляных залежей в регионе эксплуатируются доломитизированные и рифовые известняки, относящиеся к категории строительных полезных ископаемых (Карачунгульское, Кос-Истекское).

Северо-западные окраины Урало-Эмбинского плато или Подуральского денудационного плато представляет собой возвышенную слабо-волнистую, всхолмленную равнину, занятую обособленными платообразными и столовыми возвышенностями с высотами от 100 до 278 м.

Возвышенности имеют крутые ($10...50^\circ$), местами обрывистые склоны высотой до 25 м. Территория изрезана большим количеством промоин, оврагов и сухих русел. Ширина промоин до 5 м, глубина $1...2$ м. Возвышающиеся холмы имеют относительные высоты $30...60$ м, вершины округлые, склоны пологие. Средние относительные превышения в пределах водоразделов колеблются от 20 до 35 м, но высота последних над днищами современных долин достигает $100...200$ м. Абсолютные высоты поверхности водоразделов снижаются от $250...400$ м на севере и востоке региона до $80...100$ м на юге и западе.

Наиболее высокое положение в рельефе занимают пластово-горизонтальные денудационные равнины, расчлененные на ряд отдельных массивов. Их плоская, слабоволнистая поверхность ограничена четкими отступами с различной крутизной. Возвышенная часть равнины, расчлененная сложноветвящейся речной степью, местами сложена не высокими холмами различных очертаний.

Орь-Илекская возвышенность представляет собой равнину или плато с абсолютными отметками 350 м. Относительная высота пологосклонных ($5...10^\circ$) возвышенностей составляет $5...25$ м. На востоке Орь-Илекская возвышенность граничит с денудационными и аккумулятивными равнинами Орьской депрессии, которая вытянута меридионально к северу от хребтов Западных Мугалжар. Рельеф равнин слабоволнистый.

Северо-восточная окраина Урало-Эмбинского плато представляет собой холмисто-увалистую равнину, пересеченную руслами, оврагами и промоинами. Средние относительные высоты холмов и увалов $100...150$ м, крутизна не более $5...8$ м, вершины куполообразные [8].

Заключение. В геоморфологическом отношении территорию бас-

сейна р. Илек следует разделить на три подрайона: Западно-Илекский денудационно-эрозионный; Собственно-Илекский эрозионно-останцовый; Южно-Уральский эрозионно-тектонический.

Наиболее высокое положение в рельефе бассейна р. Илек занимают пластово-горизонтальные денудационные равнины, расчлененные на ряд отдельных массивов. Их плоская, слабоволнистая поверхность ограничена четкими отступами с различной крутизной. Возвышенная часть равнины, расчлененная сложноветвящейся речной степью, местами сложена не высокими холмами различных очертаний [8].

Исследования палеогеографических особенностей бассейна показали сосредоточенность разнообразных комплексов полезных ископаемых разведанных и соответственно, которые предстоит разведать, согласно физико-географической обстановке. Территория бассейна р. Илек богата разведанными запасами каменного угля (Мамыт), железных и полиметаллических руд (Велиховское, Каргалинское месторождение), цветных металлов (Никельтауское, Бадамшинское, Кимперсайское месторождение), природного газа (Карачаганакское месторождение), а также множество месторождений строительных материалов [9].

В пределах бассейна р. Илек есть возможность широко использовать запасы пресных подземных вод юрских, меловых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений (родники: Кос-Истек, Хобда, Мартук).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллин А.А. Геология и минеральные ресурсы Казахстана. – Алма-Ата: Ғылым, 1994. – 400 с.
2. Абдуллин А.А. Геология Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 312 с.
3. Ажигали С.Е. Древности «Страны-кратера»: об истории и культуре кочевого Арало-Каспия. – Алматы, 2006. – 250 с.
4. Аристархова Л.Б. Геологические критерии классификации структур, обусловленных соляной тектоникой // Вестник МГУ. Серия географ. – 1966. – №5. – С. 56-78.
5. Беспалов В.Ф. Геологическое строение Казахской ССР. – Алма-Ата: Наука, 1971. – 361 с.
6. Верзилин Н.Н. Методы палеогеографических исследований. – Л.: Недра, 1979. – 247 с.
7. Гарецкий Р.Г., Шрайбман В.И. Глубина залегания и строение складчатого фундамента северной части Туранской плиты (Западный Казахстан) // Тр. ГИН АН СССР. – 1960. – Вып. 44. – С. 49-71.

8. Гельдыева Г.В., Веселова Л.К. Ландшафты Казахстана. – Алма-Ата: Ғылым, 1992. – 172 с.
9. Дарбаева Т.Е. Природно-ресурсный потенциал Подуральского плато / В сб.: Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан. – Алматы: Ғылым, 1998. – С. 177-181.
10. Джаналеева Г.М. Теоретические и методологические проблемы географии. – Астана, 2008. – 225 с.
11. Жижченко Б. П. Методы палеогеографических исследований в нефтегазоносных областях. – М.: Недра, 1974. – 376 с.
12. Магидович И.П., Магидович В.И. Очерки по истории географических открытий. – М.: Просвещение, 1986. – Т. 3. – 320 с.
13. Марков К.К. Палеогеография (Историческое землеведение). – М.: Изд-во МГУ, 1958. – Изд. 2-е. – 268 с.
14. Палеогеографические основы рационального использования природных ресурсов. // Тезисы докладов Всесоюзной конференции в Днепропетровске. – Киев: Наукова-думка, 1977. – Ч. 1. 162 с.; ч. 2. 158 с.
15. Попов В. И., Макарова С. Д., Филиппов А. А. Руководство по определению осадочных фациальных комплексов и методика фациально-палеогеографического картирования. – Л.: Гостоптехиздат, 1963. – 714 с.
16. Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. – Л.: Гостоптехиздат, 1962. – 628 с.
17. Рычков П.И. Топография Оренбургской губернии. – СПб.: 1981. – Ч. 1-2. – С. 17-62.
18. Сегедин Р.А. Рассказ о геологии Актюбинской области и богатствах ее недр. – Актюбе, 2002. – С. 24-95.
19. Семенов-Тянь-Шанский П.П. История полувековой деятельности Императорского географического общества. – СПб.: 1896. – Ч. 1-3. – 541 с.
20. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. – М., Изд-во АН СССР, 1960. – Т. 1 и 2. – 574 с.
21. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – Т. 3. – 550 с.
22. Физическая география Республики Казахстан: учебное пособие / под ред. Г.М. Джаналеевой. – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2010. – 560 с.
23. Шлыгин Е.Д. Геологическая история и геологическое строение Казахстана / В кн.: Очерки по физической географии Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1951. – С. 59-127.

Поступила 31.05.2017

PhD	Ж.Г. Берденов
Геогр. ғылымд. докторы	Г.М. Джаналеева
Биол. ғылымд. канд.	Г.М. Атаева
Биол. ғылымд. канд.	Е.Х. Мендыбаев
Геогр. ғылымд. канд.	Н.Б. Казангапова

ИЛЕК СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ПАЛЕОГЕОГРАФИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ

Түйінді сөздер: геологиялық ерекшелігі, жер бедерін, пайдалы қазбалар, тектоника, геожүе

Мақалада палеографиялық зерттеу әдістері қарастырылған. Әдістер мен тәсілдер негізінде шайылу облысының орны, ежелгі Елек өзені алабы, бұрынғы климаттық жағдай және ежелгі құрлықтың сипаты анықталған. Палеографиялық реконструкциялау арқылы тектоникалық қозғалыс туралы мәліметтерді пайдалана отырып тектоникалық карта жасалған. Соның негізінде далалық зерттеулер арқылы жергілікті жерге сипаттама беруге көңіл бөлінген. Сонымен қатар, жұмыста биосфера эволюциясының нәтижесінде Елек алабы территориясының геологиялық тарихындағы шөгінділердің физико-географиялық жағдайының өзгеру мәселесін қарастырған. Мұны палеографиялық реконструкциялау кезінде ескеру қажет.

Berdenov Zh.G., Dzhanaleeva G.M., Ataeva G.M., Mendibaev E.H.,
Kazangapova N.B.

PALEO GEOGRAPHIC FEATURES OF THE ILEK RIVER BASIN

Keywords: geological structure, relief, minerals, tectonics, geosystem

In the article, methods of paleogeographic studies are considered. On the basis of methods and techniques, the locations of demolition areas, the nature of ancient land and the ancient basins of the Ilek River, the character of the former climates, have been identified. Using data on tectonic movements in paleogeographic reconstructions, a tectonic map was compiled. In this case, the main attention is paid to the description of the terrain in field research. The paper also considers the problems of changing the physico-geographical conditions of sedimentation during the geological history of the Ilek Basin Territory in connection with the evolution of the biosphere, which should be taken into account in paleogeographic reconstructions.

УДК 504.2:631.6

Доктор техн. наук Ж.С. Мустафаев¹
Доктор техн. наук А.Т. Козыкеева¹
Н.А. Турсынбаев²

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛУГ ПРИРОДНОЙ СИСТЕМЫ И АНТРОПОГЕННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГИДРОАГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ
БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ТАЛАС**

Ключевые слова: методика, методология, водосбор, река, зона, баланс, продуктивность, ландшафт, экология, услуга, вода, энергия, растения, почва

На основе программы «Повестка дня на 21 век» разработана методика для обоснования экологических услуг природной системы и антропогенной деятельности на водосборах речных бассейнов. Средообразующие системы позволяют конструировать высокопродуктивные гидроагроландшафтные системы соответствующих энергетических ресурсов космических факторов природной среды в рамках регулирования и управления земными факторами жизнедеятельности растительного и почвенного покровов.

Актуальность. Решение ряда важных эколого-биосферных проблем использования природных ресурсов в системе природопользования в водосборах речных бассейнов связано с необходимостью оценки экологической услуги природной системы и антропогенной деятельности для формирования высокопродуктивных и экологически устойчивых агроландшафтных или гидроагроландшафтных систем.

При этом экологические услуги природной системы и антропогенной деятельности человека в агроландшафтных или гидроагроландшафтных системах можно характеризовать через условия жизнедеятельности сельскохозяйственных растений и почвообразовательного процесса. Это можно представить в виде упрощенной биоэнергетической системы «почва – растение – окружающая среда – человек».

¹ КазНАУ, г. Алматы, Казахстан;

² Таразский ГУ им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

В этой системе растение синтезирует биологическую массу из окружающей среды под воздействием солнечной энергии, т.е. солнечная энергия, затрачиваемая на почвообразование, создает сложные биохимические соединения из простых минеральных элементов. При этом растениям и почвам как живым организмам необходимы вода, воздух, свет, тепло и элементы минерального питания.

Факторы жизни растений и почвы подразделяются на космические и земные. К космическим относятся свет и тепло, к земным – вода, воздух и питательные вещества. Космические факторы имеют существенные особенности, так как практически не регулируются с помощью антропогенной деятельности человека, т.е. растительный и почвенный покров приспособляются к ним. Земные факторы жизни растений и почвы с помощью антропогенной деятельности человека регулируются и управляются, что дает возможность конструирования высокопродуктивных гидроагроландшафтных систем. Таким образом, экологические услуги речных бассейнов по формированию высокопродуктивных гидроагроландшафтных систем можно подразделить на услуги природной системы и услуги природно-техногенной системы. Они обеспечивают формирование и поддержание параметров окружающей среды, пригодных для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и почвенного покрова орошаемых земель.

Цель исследования. Разработать методологическое обеспечение для обоснования экологических услуг природной системы и антропогенной деятельности на водосборах речных бассейнов.

Теоретическая база исследования основана на законе сохранения энергии и вещества, который имеет следующую общую формулировку: «Изменение во времени некоторой субстанции в элементарном объеме равно сумме притока – стока этой субстанции через его поверхность с учетом скорости генерации или уничтожения субстанции в этом объеме». Как любой физический процесс изменений и превращений, процесс теплообмена и массообмена в конкретной точке пространства за известный промежуток времени характеризуется балансом прихода и расхода энергии и вещества, иначе говоря, законом сохранения энергии и вещества.

Материалы и методы исследования. За основной метод исследования принят анализ водного и теплового балансов и баланса питательных элементов растительного и почвенного покровов ландшафтных систем, с целью установления количественных связей между отдельными элемен-

тами, для формирования продуктивности сельскохозяйственных угодий и почвообразовательного процесса.

Исходя из существа проблемы, в качестве изучаемой системы, с точки зрения формирования потенциальной продуктивности сельскохозяйственных угодий, можно отдельно рассматривать водный и тепловой баланс и баланс питательных элементов [6]:

- уравнение водного баланса растительного и почвенного покрова ландшафтных систем, с точки зрения обеспечения их оптимальной водопотребностью, имеет следующий вид:

$$\Delta E_v = E_o - O_c ,$$

где ΔE_v – ожидаемый дефицит водного баланса растительного и почвенного покровов ландшафтных систем, мм; O_c – атмосферные осадки, мм; E_o – испаряемость с поверхности растительного и почвенного покровов ландшафтных систем, которая определяется по формуле Н.Н. Иванова [5]:

$$E_o = 0,0018(25 + t)^2(100 - a) ,$$

где t – среднемесячная температура воздуха, °С; a – среднемесячная относительная влажность воздуха, %;

- оценка благоприятности температурного режима или теплообеспеченности растительного и почвенного покрова ландшафтных систем, можно использовать следующее уравнение [7]: $K_t = \sum t_i / \sum t_{\max}$, где $\sum t_i$ – сумма температур воздуха теплового периода i -й географической зоны внутри геоэкологической системы; $\sum t_{\max}$ – максимально-возможная сумма температур воздуха теплового периода геоэкологической системы;

- уравнение баланса питательных элементов в почвенном покрове ландшафтной системы с точки зрения обеспечения оптимальной потребности пищи, которое в упрощенном виде имеет следующее выражение [3]:

$$\Delta B_v = B_o - B_n ,$$

где ΔB_v – ожидаемый дефицит питательного элемента почвенного покрова для формирования потенциальной продуктивности сельскохозяйственных угодий, кг; B_n – питательные элементы в почвенном покрове, которые могут быть использованы для формирования биологических масс растительного покрова, кг; B_o – максимально-возможное количество пита-

тельных элементов для формирования потенциальной продуктивности сельскохозяйственных угодий, кг;

- затраты энергии на почвообразовательный процесс в почвенном покрове ландшафтной системы (Q_i) [3]:

$$Q_i = R \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R}),$$

где R – фотосинтетическая активная радиация, которая определяется с помощью эмпирической формулы Ю.Н. Никольского и В.В. Шабанова, характеризующая связь радиационного баланса с суммой температур выше $+10^\circ\text{C}$ [8]: $R = (13,39 + 0,0079 \cdot \sum t_i) \cdot 4,19$, кДж/см²; α – коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы, который равен 0,47; \bar{R} – гидротермический коэффициент или «индекс» сухости, который определяется по формуле М.И. Будыко [2]: $\bar{R} = R / L \cdot O_c$, здесь L – удельная теплота парообразования, принятая постоянной и равная 2,5 кДж/см².

Принцип энергетической сбалансированности тепла и влаги наблюдается в природных условиях, где радиационный индекс сухости (\bar{R}) равен 1,0. Поэтому, в качестве критерия уровня радиационного индекса сухости (\bar{R}) можно принять лимит в пределах 0,9...1,0. Тогда, потенциально-возможная энергия, затраченная на почвообразовательный процесс (Q_n), может быть определена по выражению [6]: $Q_{oni} = R \cdot \exp(-0,9 \cdot \alpha)$.

Для определения предельно-допустимого роста затрат энергии на почвообразование (ΔQ_{oni}) можно использовать следующее выражение: $\Delta Q_{oni} = Q_{oni} - Q_i$. Этот показатель необходим для обеспечения повышения плодородия и продуктивности почв, т.е. интенсивности почвообразовательного процесса соответственно эволюции природной системы, которая является неотъемлемой частью экологических услуг в рамках антропогенной деятельности человека. В связи с этим, дефицит водопотребности почвенного покрова можно определить на основе предельно-допустимого роста затраты энергии на почвообразования по следующему выражению [6]: $\Delta E_{vn} = \Delta Q_{oni} / L$.

Результаты исследования. Водные ресурсы, как средообразующий фактор, в основном формируются и функционируют как водосборы речных бассейнов. Это позволяет рассматривать их деятельность как объект комплексного обустройства, обеспечивающий на протяжении тысячелетий про-

довольственную и энергетическую безопасности населения. Однако, геоморфологическая структура водосбора речных бассейнов от зоны формирования до magazинирования стока может быть расположена в различных природно-климатических зонах. В табл. 1 приведена геоморфологическая схематизация ландшафтных систем бассейна трансграничной р. Талас.

Таблица 1

Природно-энергетические ресурсы бассейна реки Талас в разрезе геоморфологической схематизации ландшафтных систем

Метеостанция	Абсолютная высота местности (H), м	Природно-энергетический показатель					
		T , °C	$\sum t$, °C	R , кДж/см ²	$\sum d$, мб	E_o , мм	O_c , мм
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)							
Акташ	2000	4,6	2500	156,3	1680	880	469
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)							
Талас	1200	7,6	2775	164,2	1860	960	327
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)							
Тараз	642	9,0	3400	170,9	1860	1020	287
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)							
Биликкол	366	9,1	3727	181,7	2161	1190	314
Байкадам	336	9,8	3700	180,8	2560	1110	155
Камкалы-кол	317	9,7	3670	179,8	3477	1147	185

Как видно из данных табл. 1, горный класс ландшафтов (элювиальная фация) водосбора р. Талас обладает невысокой суммой активных биологических температур воздуха (2500 °C) и фотосинтетической активной радиацией (156,3 кДж/см²). Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация) имеет достаточно высокую сумму активных биологических температур воздуха (3727 °C) и фотосинтетическую активную радиацию (181,7 кДж/см²), что характеризует наличие огромных энергетических ресурсов, способствующих созданию высокопродуктивных гидроаглоландшафтных систем на основе использования экологических услуг водных ресурсов, которые обеспечивают целенаправленное регулирование почвообразовательного процесса в соответствии с законом эволюционного развития сообщества (табл. 2 и 3).

На основе данных, приведенных в табл. 2 и 3, можно сделать вывод, что проектирование, строительство и эксплуатация оросительных систем не обеспечивает резкого повышения продуктивности растительного и почвенного покрова ландшафтных систем водосбора бассейна р. Талас. Поскольку, в

определенной степени, ограниченные энергетические ресурсы являются лимитирующим фактором в данной природно-климатической зоне.

Таблица 2

Экологические услуги оптимального функционирования растительного покрова ландшафтных систем водосборов бассейна трансграничной р. Талас

Метеостанция	H , м	Тип почвы	U_{max} , ц/га	Услуги водных ресурсов, мм		
				O_c	E_o	ΔE_v
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)						
Акташ	2000	темно-каштановые	90,0	469	880	411
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)						
Талас	1200	каштановые	100,0	327	960	633
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)						
Тараз	642	темные сероземы	120,0	287	1020	733
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)						
Байкадам	336	сероземы	100,0	155	1110	955

Таблица 3

Экологические услуги для оптимального функционирования почвенного покрова ландшафтных систем водосбора бассейна трансграничной р. Талас

Метеостанция	H , м	Тип почвы	Затраты энергии на почвообразование, кДж/см ²			Услуги водных ресурсов ΔE_{vn} , мм
			Q_i	Q_n	ΔQ_{oni}	
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)						
Акташ	2000	темно-каштановые	84,4	97,7	13,3	156,2
Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фация)						
Талас	1200	каштановые	40,0	102,6	62,6	329,8
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)						
Тараз	642	темные сероземы	68,8	108,7	39,9	396,6
Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)						
Байкадам	336	сероземы	14,0	113,0	99,0	568,2

Поэтому, в условиях горного класса ландшафтов (элювиальная фация) применение системы локального увлажнения, в определенной степени, обеспечивают экологические водопотребности растительного и почвенного покрова. Это позволяет выделенные в рамках сбалансированного использования водных ресурсов трансграничной р. Талас, экспортировать воду в зону предгорного равнинного подкласса ландшафтов (супераквальная фация) или равнинного класса ландшафтов (аквальная фация), где имеются достаточно высокие энергетические ресурсы для конструирования гидроагроландшафтных систем.

На основе коэффициентов теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, $K_{ik} = \sum t_i / \sum t_k$ (где $\sum t_i$ – располагаемая сумма биологических активных температур воздуха, °C; $\sum t_k$ – сумма биологических температур сельскохозяйственных культур, которая обеспечивает формирование полноценной биологической массы в вегетационный период). В соответствии с принципом районирования природной системы, в разрезе геоморфологической схематизации водосбора бассейна р. Талас определены ожидаемые уровни биологических (ΔE_v) и экологических (ΔE_{vn}) услуг водных ресурсов по видам сельскохозяйственных культур (табл. 4).

Таблицы 4

Ожидаемые уровни биологических (ΔE_v) и экологических (ΔE_{vn}) услуг водных ресурсов по видам сельскохозяйственных культур в разрезе геоморфологической схематизации ландшафтных систем водосборов бассейна реки Талас

Культура	K_{ik}	Y_{max} , ц/га	C_k , тыс. ккал	ΔE_v , мм	ΔE_{vn} , мм
Горный класс ландшафтов (элювиальная фация)					
Яровые зерновые	1,47	34,7	15615,0	105,0	165,0
Кукуруза на силос	0,96	400,0	156000,0	145,0	
Картофель	1,78	90,0	38700,0	180,0	
Овощи	0,86	90,6	38958,0	245,0	
Многолетние травы	2,50	90,0	46800,0	245,0	
Предгорный подкласс ландшафтов (транселювиальная фация)					
Озимая пшеница	1,85	36,5	16060,0	140,0	245,0
Яровые зерновые	1,53	36,4	16380,0	200,0	
Кукуруза на силос	1,07	420,0	163800,0	280,0	
Кукуруза на зерно	0,95	60,0	24600,0	345,0	
Картофель	1,98	95,5	41065,0	320,0	
Овощи	0,95	95,2	40936,0	375,0	
Подсолнечник	1,20	74,0	32930,0	345,0	
Многолетние травы	2,77	100,0	52000,0	550,0	
Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фация)					
Озимая пшеница	2,27	38,4	17088,0	255,0	345,0
Яровые зерновые	2,00	38,0	17100,0	315,0	
Кукуруза на силос	1,30	440,0	171600,0	415,0	
Кукуруза на зерно	1,17	83,4	34194,0	505,0	

Культура	K_{tk}	Y_{max} , ц/га	C_k , тыс. ккал	ΔE_v , мм	ΔE_{vn} , мм
Картофель	2,42	120,0	51600,0	485,0	
Овощи	1,17	100,0	43000,0	385,0	
Соя	1,21	53,4	25151,4	440,0	
Подсолнечник	1,48	76,8	34176,0	505,0	
Сахарная свекла	0,94	444,0	187812,0	625,0	
Многолетние травы	3,40	120,0	62400,0	725,0	
<i>Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)</i>					
Озимая пшеница	2,46	40,6	18067,0	295,0	560,0
Яровые зерновые	2,17	40,1	18045,0	355,0	
Кукуруза на силос	1,42	450,0	175500,0	450,0	
Кукуруза на зерно	1,27	88,0	36080,0	550,0	
Картофель	2,54	105,0	45150,0	565,0	
Овощи	1,27	105,0	45150,0	670,0	
Соя	1,32	56,5	26611,5	470,0	
Подсолнечник	1,51	81,2	36134,0	550,0	
Сахарная свекла	1,03	470,0	198810,0	735,0	
Многолетние травы	3,70	110,0	57200,0	770,0	

При определении экологических услуг водных ресурсов в водосборе бассейна трансграничной р. Талас, т.е. среднемноголетних биологических норм водопотребности сельскохозяйственных культур (ΔE_v) по геоморфологической схематизации ландшафтных систем использованы рекомендации Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства и Кыргызского научно-исследовательского института ирригации [4, 9]. Экологические нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий определены по методике Ж.С. Мустафаева и А.Д. Рябцева [7].

Калорийность сельскохозяйственных культур, как продуктов питания, или их энергетическая ценность, измеряется в единицах энергии. В физике, принято измерять калорийность в килоджоулях (кДж), однако традиционно используется более ранняя и устаревшая единица измерения количества теплоты – килокалория (ккал), т.е. между килоджоулями и килокалориями существует известное соотношение 1 кДж = 1000 Дж; 1 ккал = 1000 кал; 1 ккал = 4,1868 кДж; 1 кДж = 0,2388 ккал, что необходимо учитывать при оценке калорийности сельскохозяйственных культур получаемых с одного гектара орошаемых земель.

При этом, калорийность сельскохозяйственных культур получаемых с орошаемых земель можно определить по следующему выражению: $C_k = 100 \cdot V_i \cdot q_{ki} \cdot F_i$, где q_{ki} – калорийность продукции сельскохозяйственных культур, ккал/кг или кДж/кг; V_i – урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га; F_i – площадь орошаемых земель, занятых отдельными сельскохозяйственными культурами, га.

Для оценки эффективности использования экологических услуг водных ресурсов при выращивании сельскохозяйственных культур можно использовать коэффициент, характеризующий затраты воды и обеспечивающий 1000 ккал энергетической ценности (мм/1000 ккал), т.е. $K_{cki} = \Delta E_v / C_k$, где его количественное значение в условиях водосбора бассейна трансграничной р. Талас приведен в табл. 5.

Таблица 5

Коэффициент, характеризующий затраты воды и обеспечивающий 1000 ккал энергетической ценности сельскохозяйственных культур в условиях водосбора бассейна трансграничной р. Талас

Культура	Энергетическая ценность сельскохозяйственной культуры		
	ΔE_v , мм	C_k , тыс. ккал	K_{cki}
<i>Горный класс ландшафтов (элювиальная фаация)</i>			
Яровые зерновые	105,0	15615,0	0,00672
Кукуруза на силос	145,0	156000,0	0,00093
Картофель	180,0	38700,0	0,00465
Овощи	245,0	38958,0	0,00629
Многолетние травы	245,0	46800,0	0,00523
<i>Предгорный подкласс ландшафтов (трансэлювиальная фаация)</i>			
Озимая пшеница	140,0	16060,0	0,00871
Яровые зерновые	200,0	16380,0	0,01221
Кукуруза на силос	280,0	163800,0	0,00171
Кукуруза на зерно	345,0	24600,0	0,01402
Картофель	320,0	41065,0	0,00779
Овощи	375,0	40936,0	0,00916
Подсолнечник	345,0	32930,0	0,01048
Многолетние травы	550,0	52000,0	0,01058
<i>Предгорный равнинный подкласс ландшафтов (супераквальная фаация)</i>			
Озимая пшеница	255,0	17088,0	0,01492
Яровые зерновые	315,0	17100,0	0,01842

Культура	Энергетическая ценность сельскохозяйственной культуры		
	ΔE_v , мм	C_k , тыс. ккал	K_{cki}
Кукуруза на силос	415,0	171600,0	0,02418
Кукуруза на зерно	505,0	34194,0	0,01477
Картофель	485,0	51600,0	0,00940
Овощи	385,0	43000,0	0,00895
Соя	440,0	25151,4	0,01749
Подсолнечник	505,0	34176,0	0,01478
Сахарная свекла	625,0	187812,0	0,00332
Многолетние травы	725,0	62400,0	0,01162
<i>Равнинный класс ландшафтов (аквальная фация)</i>			
Озимая пшеница	295,0	18067,0	0,01633
Яровые зерновые	355,0	18045,0	0,01967
Кукуруза на силос	450,0	175500,0	0,00256
Кукуруза на зерно	550,0	36080,0	0,01524
Картофель	565,0	45150,0	0,01251
Овощи	670,0	45150,0	0,01484
Соя	470,0	26611,5	0,01766
Подсолнечник	550,0	36134,0	0,01522
Сахарная свекла	735,0	198810,0	0,00370
Многолетние травы	770,0	57200,0	0,01346

Таким образом, количественные значения коэффициента K_{cki} , показывают, что на основе «экспорта – импорта» экологических услуг водных ресурсов на межгосударственном уровне дает возможности создания на базе агропромышленной кооперации конструирования высокоэффективных гидроагроландшафтных систем долевым участием, обеспечивающих потребности и продовольственной безопасности населения, проживающих в регионе.

Выводы. На основе анализа и оценки природно-климатических ресурсов Республики Казахстан определены тепло- и влагообеспеченности ландшафтных систем в разрезе географических зон. На их базе показана возможность повышения продуктивности растительного и почвенного покрова, а так же «экспорта – импорта» экологических услуг водных ресурсов на межгосударственном уровне. Элементы агропромышленной кооперации с долевым участием, обеспечивают создание высокопродуктивных и эко-

гически устойчивых гидроаглоландшафтных систем для обеспечения продовольственной безопасности населения, проживающего в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации). – М.: ВО «Агропромиздат», 1990. – 60 с.
2. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 470 с.
3. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
4. Ибатуллин С.Р., Кван Р.А., Парамонов А.И., Балгабаев Н.Н. Нормирование орошения в водохозяйственных бассейнах Казахстана. – Тараз: 2008. – 122 с.
5. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Изв. АН СССР. Серия география и геофизика. – 1941. – №3. – С. 15-32.
6. Мустафаев Ж.С. Экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель. – Берлин: LAP LAMBERT, 2016. – 378 с.
7. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз: BIG NEO Service, 2012. – 528 с.
8. Никольский Ю.Н., Шабанов В.В. Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – №9. – С. 52-56.
9. Укрепленные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР. – М.: 1984. – 346 с.
10. Шашко Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал // Земледелие. – 1985. – №4. – С. 19-26.

Поступила 26.06.2017

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мұстафаев
Техн. ғылымд. докторы	Ә.Т. Қозыкеева
	Н.А. Турсынбаев

ШЕКАРАЛАС ТАЛАС ӨЗЕНІНІҢ АЛАБЫНДАҒЫ ГИДРОАГРОЛАНДШАФТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ТАБИҒИ ЖӘНЕ ТАБИҒИ-ТЕХНОГЕНДІК ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚЫЗЫМЕТІН НЕГІЗДЕУДІҢ ӘДІСТЕМЕСІ

Түйінді сөздер: әдіс, әдістеме, сужинау, аймақ, теңгерме, өнімділік, ландшафт, экология, қызмет, су, қуат, өсімдік, топырақ

Шекаралас өзендердің су қораларын ақылмен, теңгермелік және іділдікпен таратуды көздейтін 1992 жылы Рио-де-Жанейрода БҰҰ шеңберінде қалыданған «21 ,асырдың күнделікті мәселесі» жоспарының негізінде, өзеннің сужинау алабындағы табиғи және техногендік жүйелердің экологиялық қызметін, ортаны құратын жүйе есебінде қарастыратын, табиғи жүйенің ғарыштық қуаттық қорларына сай келетін және ландшафттық жүйелердің топырақ және өсімдік жамылғысының жер бетіндегі дәлелдемелерін басқаруға және реттеуге шеңберінде жоғарғы өнімді гидроагроландшафттық жүйелерді құрастыруға мүмкіндік беретін әдіс және әдістеме құрылған.

Mustafayev ZH.S., Kozykeeva A.T., Tursynbayev N.F.

METHODOLOGICAL SUBSTANTIATION OF ENVIRONMENTAL SERVICES OF THE NATURAL SYSTEM AND ANTHROPOGENIC ACTIVITY OF THE HYDROAGROLANDSHAFT SYSTEMS OF THE BASIS OF THE TRANSBOUNDARY RIVERS TALAS

Keywords: methodology, methodology, catchment, river, area, balance, productivity, landscape, ecology, service, water, energy, plants, soil

On the basis of the program «Agenda for the 21 Century», adopted by the UN in Rio de Janeiro in 1992, telling a reasonable, equitable and fair distribution of water resources of transboundary rivers, the methods and methodological provision for the support of the environmental services of natural systems and human activities catchments of river basins as habitat-forming system allows the construction of highly gidroagrolandshaftnyh system corresponding energy cosmic factors etc. native systems and in the framework of regulation and management of the earth of life factors of vegetation and soil cover landscapes.

УДК 911.53

Доктор геогр. наук Т.М. Чодураев¹
С. Шахин¹

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПАШЕН ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ

Ключевые слова: земельные ресурсы, орошаемые пашни, рациональное природопользование, климатические условия, водно-земельные ресурсы

Работы по земельному кадастру убедительно показывают, что земельные ресурсы Чуйской области используются далеко не полностью. Эти данные свидетельствуют об еще имеющихся огромных резервах для увеличения производства сельскохозяйственных культур на орошаемых землях долины.

Чуйская долина является зоной развитого орошаемого земледелия, этому способствуют почвенные и климатические условия. Орошаемые земли пригодны для технических, зерновых, кормовых, овощных культур, садоводства и виноградарства [1]. В долине сосредоточена треть орошаемых земель республики Кыргызстан.

По годовому отчету отдела водопользования ЧГБУВХ за 2016 г. водоподача районам на орошение на 01.01.2017 год составила 884,0 млн. м³, при плане 990,3 млн. м³ или 89 %. Первым поливом полито 206,2 т га. Всего по области выполнено 649,7 га полива. По сравнению с 2014 г. воды на орошение земель использовано меньше в связи с климатическими условиями. По данным Кыргызгидромета, за апрель и две декады мая 2016 г. выпало 248,2 мм осадков, или 2482 м³ на один гектар, что соответствует практически двум-трем поливам зерновых и многолетних трав. Количество суток с ливневыми осадками в апреле-мае было от 2...4 до 5...7 за одну декаду.

Всего в Чуйской долине насчитывается 56,7 тыс. га мелиоративно-неблагополучных орошаемых земель (18 % от общей площади). Произошло увеличение неблагоприятных земель на 2,1 тыс. га, в том числе из-за отсутствия КДС: в Ыссык-Атинском районе на 497 га, в Сокулукском – на

¹ КГУ им. И. Арабаева, г. Бишкек, Кыргызстан

347 га, в Московском – на 492 га, в Жайылском – на 745 га, за счет засоления и каменистости [3].

В Чуйской долине, техника орошения – одно из наиболее сложных и ответственных агромелиоративных мероприятий орошаемого земледелия. От правильного выбора орошения, организации и осуществления техники полива зависит создание оптимального водного, воздушного, солевого и питательного режимов почв, а, следовательно, и получение высоких и устойчивых урожаев; повышение плодородия почв и обеспечение мелиоративного состояния орошаемых земель; экономное использование оросительной воды – высокая производительность труда на поливе. В настоящее время в Чуйской долине применяются следующие способы орошения: поверхностный, дождевальная, внутрпочвенное орошение, капельное орошение, мелкодисперсное (аэрозольное) и др. В долине распространены следующие виды пашен:

Пашня регулярно поливная с инженерной оросительной системой, поливается из Большого Чуйского канала (БЧК), который проходит по сазовой зоне, из мелких прудов, водохранилищ суточного регулирования, подземными водами. Имеется осушительная система. Для замедления скорости ветра, осушающего почвы, созданы полевые защитные лесные полосы в межах севооборотных полей. Для предотвращения водной эрозии применяются прогрессивные методы механизированного полива – дождевальные струйные установки и «фрегаты» [6].

Для внутрихозяйственных нужд на небольших участках возделывается картофель, овощи, бахчи. Жнивье зерновых и отава люцерны осенью кратковременно используются под пастбища. Для водопоя выпасаемых животных пользуются родниковой, артезианской, прудовой водой и водой из оросительных каналов. Скот зимой находится на стойловом содержании [2].

Пашня поливная. Отличается от первого вида тем, что полив проводится преимущественно из горных рек и менее регулярен. Возделываются те же сельскохозяйственные культуры, и ещё эфиромасличные.

Хорошая обеспеченность трудовыми ресурсами позволила на этих землях разместить много молочных и свиноводческих ферм, на которые по улучшенным дорогам доставляются отходы предприятий пищевой промышленности для корма животных.

Пашня условно-поливная. Располагается на конусах выноса горных рек (предгорном шлейфе) и небольших участках в ущельях. Воду для по-

лива отводят от горных рек, в меньшей степени используются подземные воды. Создаются инженерные оросительные системы.

В 2016 г. площадь орошаемых земель составила 411,9 тыс. га. Поливные и условно поливные земли занимают 23,6 % земельного фонда долины. Они используются под пашню, многолетние насаждения, культурные пастбища и приусадебные участки. Но это наиболее ценные и интенсивно используемые виды угодий. Занимая всего 3,7 % от общей площади сельхозугодий, они дают почти 92 % валовой продукции растениеводства (по стоимости). На поливных землях гарантировано получение высоких урожаев.

По целевому хозяйственному назначению земельный фонд долины делится на земли, предоставленные в пользование частным фермерским хозяйствам; земли населенных пунктов; земли промышленных, транспортных и других несельскохозяйственных организаций; земли государственного лесного фонда; земли государственного земельного фонда; земли акционерных крестьянских хозяйств и др.

Высокая урожайность зерновых культур объясняется благоприятными климатическими условиями и достаточным количеством поливной воды в вегетационный период. Подробное распределение земельного фонда по районам на орошаемых землях в Чуйской долине приведено в табл.

Таблица

Структура сельскохозяйственных угодий в районах Чуйской долины (2016 г.) [по материалам ЧГБУВХ]

Угодье	Площадь	
	тыс. га	%
Всего	1374611	100
Пашня	411521	29,9
Пастбища	843747	61,4
Сенокосы	24796	1,8
Многолетние насаждения	8622	0,6
Залежи	13825	1,0
Приусадебные земли и др.	17055	1,2

По размеру используемых под сельскохозяйственные культуры земель Чуйская долина занимает второе место среди областей республики. Однако в настоящее время земельные ресурсы используются крайне неполно и к тому же недостаточно эффективно. Об этом свидетельствует уменьшение площадей более ценных угодий – пашней в обработке, сокращение сенокосов. Объясняется это тем, что значительные площади пашни (в том числе орошаемой) ежегодно отводятся под строительство промышленных, куль-

турно-бытовых, жилищных и других объектов без учета их хозяйственной ценности. Под строительство было отведено около 20 тыс. га земель, в том числе 6,6 тыс. га пашни, 2,3 тыс. га сенокосов и пастбищ. Не уменьшился отвод пахотных земель под несельскохозяйственные нужды и в последующие годы, хотя многие объекты можно было разместить на менее ценных землях и даже на свободных, неиспользуемых участках, имеющихся на территории населенных пунктов и производственных центров.

Согласно статистическим данным, площадь орошаемых земель в долине все время расширяется, фактически же наблюдается их незначительное увеличение. В области введено в оборот 120 тыс. га орошаемых земель. Фактически же площадь орошаемых земель за указанный период расширилась лишь на 90 тыс. га. Остальные земли остаются крайне малопродуктивными. Под посевы сельскохозяйственных культур не задействовано около 50 тыс. га орошаемых земель, все это свидетельствует о том, что наряду с расширением пахотных земель, за счет нового освоения происходит выпадение из сельскохозяйственного оборота ценных староорошаемых земель с оросительной сетью. На данном этапе развития рыночной экономики первостепенное значение приобретает увеличение отдачи каждого гектара пашни.

Нерациональное использование земель с оросительной сетью в значительной степени объясняется неправильной практикой использования капитальных вложений на ирригацию и мелиорацию [5]. В настоящее время почти все землепользователи Чуйской долины получили материалы крупномасштабного картографирования земель. В них содержатся подробные сведения не только о почвенном покрове хозяйства, но и о свойствах земель, их почвенно-мелиоративном состоянии, а также о путях рационального использования и повышения их производительности [7].

В Чуйской долине, населением, уже осознана необходимость строго рационального использования земельных ресурсов, ибо все лучшие земли практически освоены. Сейчас как никогда, наиболее правильный путь решения хозяйственных и экологических проблем связанных с территориальными ресурсами, заключается в повышении рациональности землепользования (установление оптимальных взаимоотношений человека и ландшафта). Отсюда возникает комплекс экологических требований при разработке различных проектов, планов, схем, связанных с сельскохозяйственным и несельскохозяйственным использованием земельных ресурсов. Главное геоэкологическое требование в области охраны и рациональ-

ного использования земельных ресурсов заключается в поддержании земельно-ландшафтного равновесия в Чуйской долине. Это означает установление и сохранение оптимального соотношения площадей пашни, пастбищ, лесов, населенных пунктов и т.д.

Необходимо также соблюдать все действующие в настоящее время нормативные требования в области охраны земель: по борьбе с неблагоприятными природными явлениями (водной, ветровой эрозией, засолением, селями и др.), по рекультивации земель, регламентации землепользования, защиты почв от загрязнения, эрозии и др.

Из содержания главного геоэкологического требования к охране земельных ресурсов Чуйской долины вытекает ряд основных положений по рациональному землепользованию. Нужно максимально сохранять продуктивные сельскохозяйственные земли. Следует исключать из практики отвод пахотно-пригодных земель, сельхоз пригодных ценных угодий для несельскохозяйственных целей. Кроме того, уделять максимум внимания вопросам повышения плодородия почв и включения в сельскохозяйственный оборот ранее непродуктивных земель, даже в том случае, если затраты на их восстановление не выгодны экономически, но экологически целесообразны.

В фермерских и крестьянских хозяйствах Чуйской долины, продолжается прогрессирующее загрязнение земель в процессе выполнения ряда сельскохозяйственных операций [4]. Зачастую это связано с низкой экологической подготовкой специалистов, занятых на конкретных производственных участках. Необходимо ужесточить контроль за использованием земель, применять новую, современную технологию в отраслях хозяйства, чтобы предотвратить загрязнения почвы.

В результате выращивания монокультур и ухудшения почвенно-мелиоративного состояния земель, резко изменяется состав и соотношение почвенных микроорганизмов, поддерживающих экологическую устойчивость, природное биологическое равновесие почв и почвенное плодородие. Это приводит к истощению плодородия почв, подавлению деятельности микроорганизмов, которые обогащают почву азотом, фосфором и другими элементами питания. При этом снижается сопротивляемость растений к действию болезнетворных микроорганизмов, распространяются разные болезни, как например корневая гниль и др.

Одним из самых надежных средств оздоровления зараженных болезнями земель и повышения их плодородия является севооборот с различным чередованием сельскохозяйственных растений, в том числе куль-

тур и многолетних трав. Необходимо изменить отношение к применению соответствующих орудий обработки почв.

На орошаемых землях долины существует острый дефицит минеральных удобрений. Уровень заготовки навоза в области не отвечает запросам земледельцев. Количество заготавливаемого навоза резко сократилось. Большинство фермерских хозяйств не имеет навозохранилищ, подразделений по заготовке и приготовлению компостов. Даже в крупных животноводческих комплексах почти отсутствуют очистительные сооружения. Чаще всего навоз заготавливается зимой, заделывается в почву не перепревшим и служит источником распространения сорняков.

Работы по земельному кадастру убедительно показывают, что земельные ресурсы Чуйской области используются далеко не полностью. Эти данные свидетельствуют об имеющихся еще огромных резервах для увеличения производства сельскохозяйственных культур на орошаемых землях долины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акималиев Д.А. Пути повышения плодородия почв в Киргизии. – Ф.: Кирг. НИИ почвоведения и химизации сел. хоз., 1990 г. – 101 с.
2. Бакиров Н.Б. Чуйская долина (экономико-географическая характеристика) – Бишкек: Илим, 1995.
3. Джунушбаев А.Д. Эродированные почвы Киргизии и пути повышения их плодородия. – Ф.: Кыргызстан, 1990. – 93 с.
4. Ежегодные данные загрязнения почв Киргизской ССР. – Ф.: Кыргызстан, 1990.
5. Мамытов А.М., Жумабеков Т.Ж., Мамытов А.А., Чоров М.Ж., Юсупов Т.Ю. Мелиорация и повышение плодородия засоленных почв Чуйской долины. – Бишкек: Илим, 1991. – 256 с.
6. Молдошев К.О. Водноресурсный цикл Чуйской долины (экономико-географический анализ). – Бишкек: БГУ, 2006. – 145 с.
7. Орлов А.И. Агрохимические карты по фосфору и калию, основы управления плодородия почв в условиях Чуйской долины. – Ф.: Кыргызстан, 1990.

Поступила 2.07.2017

Геогр. ғылымд. докторы Т.М. Чодураев
С. Шахин

ШУ АҢҒАРЫНДАҒЫ СУҒАРМАЛЫ ЕГІСТЕРДІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

Түйінді сөздер: жер ресурстары, суармалы егістіктер, табиғатты тиімді қолдану, климаттық жағдайы, су-жер ресурстары

Жер кадастры бойынша жұмыстарда, Шу аңғарындағы жер ресурстары толығымен қолданылмайтыны айқын көрсетілген. Бұл мәліметтер, аңғардық суғармалы жерлерде ауылшаруашылық дақылдар өнімдерін ұлғайтуға болатын үлкен қорының болуын дәлелдейді.

CHodurayev T.M., SHakhin S.

MODERN CONDITION OF IRRIGATED ARABLE LANDS OF THE CHUI VALLEY

Keywords: land resources, irrigated arable land, rational nature management, climatic conditions, water and land resources

The work on the land cadastre convincingly shows that the land resources of the Chui oblast are not fully used. These data indicate that there are still huge reserves to increase crop production in the irrigated lands of the valley.

УДК 631.45;67

Канд. биол. наук Т.К. Томина¹**ТРАНСФОРМАЦИЯ СОСТАВА ПОЧВЕННО-ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ГРУНТОВ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ НА НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

Ключевые слова: почва, грунт, загрязнение, нефть, почвенный разрез, почвенно-поглощающий комплекс, поглощенные катионы, сумма ППК, рекультивированный участок

Оценена степень насыщенности грунтов 4-х рекультивированных в 2011...2014 годах участков поглощенными основаниями, определен состав ППК, соотношение поглощенных катионов в составе ППК, выявлено изменение поглотительной способности при восстановлении в исходные почвы.

Почвенно-поглощающий комплекс (ППК) играет существенную роль в почвообразовательных процессах, в эволюции и генезисе почв. ППК – совокупность высокодисперсных твердых частиц, способных к реакциям обменного поглощения. Многие свойства почв, которые определяют уровень плодородия (сложение, физико-химические свойства, водный, воздушный, микробиологический и питательный режимы), в значительной мере зависят от природы и состава ППК.

Так, при загрязнении нефтью на территории Арланского нефтяного месторождения, изучение трансформации серых лесных почв в техногенные солончаки-солонцы привело к ухудшению комплекса их свойств, которые проявились в осветлении гумусово-аккумулятивных горизонтов, увеличении плотности, глыбистости структуры, снижении количества агрономически ценных микроагрегатов и их водопрочности. Насыщение ППК натрием способствовало подщелачиванию реакции среды, уменьшению содержания поглощенных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , резкому снижению буферности почвы в щелочном интервале. Щелочной гидролиз органического вещества привел к уменьшению содержания общего и подвижного гумуса [7].

Соотношение обменных катионов в ППК определяет такие важнейшие свойства почв как водо- и воздухопроницаемость, сложение, пороз-

¹ КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, г. Алматы, Казахстан

ность, состояние почвенных коллоидов, структуру почвы. Поэтому исследования изменений в составе ППК при нефтезагрязнении имеют важное значение для разработки наиболее эффективных приёмов улучшения земель. Интенсивность, формы и специфика преобразования ППК являются функцией генетических свойств загрязнённых почв и при прочих равных условиях (одинаковом количестве и составе поллютантов, времени с момента загрязнения) в разных типах почв неодинаковы. Менее устойчивы минеральные почвы с относительно невысокой ёмкостью катионного обмена. Для возбуждения солонцового процесса в разных типах почв индивидуальны пороговые уровни содержания обменных катионов Na^+ в ППК. Так, в дерново-карбонатных почвах, в черноземах с насыщенным ППК затруднено их техногенное химическое осолонцевание из-за блокирующей роли щелочно-земельных катионов, обладающих более высокой энергией сорбции.

Ёмкость поглощения или *ёмкость катионного обмена* (ЕКО) (понятие введено К.К. Гедройцем) – максимальное содержание катионов, которое может удержать почва в обменно-поглощённом состоянии. Выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Поглотительная способность почв, те свойства почв сорбировать и задерживать те или иные вещества, в том числе органические и минеральные нефтепродукты. Ёмкость поглощения показывает, сколько катионов в поглощённом состоянии содержит данная почва и в значительной степени зависит от рН почвы, от количества и качественного содержания коллоидных фракций почвы. Величина ёмкости поглощения характеризует поглотительную способность почв. Очень высокой обладают илистые почвы, меньшей – песчаные. Кислые почвы имеют низкую ёмкость поглощения, а нейтральные – более высокую (табл. 1). Почвы, содержащие в поглощённом состоянии Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , называются насыщенными основаниями, а почвы, в которых наряду с перечисленными катионами в значительных количествах присутствуют H^+ и Al^{3+} – ненасыщенными. В большинстве почв в составе поглощённых катионов преобладает Ca^{2+} , затем – Mg^{2+} (в сумме они обычно составляют около 90 % обменно-поглощённых катионов). В значительно меньших количествах представлены K^+ и NH_4^+ . В кислых почвах в составе поглощённых катионов много H^+ и Al^{3+} , а в солонцовых – Na^+ [3].

От состава поглощённых катионов в значительной степени зависят свойства почвы и условия роста растений. Почвы, насыщенные кальцием (черноземы), обладают хорошими физическими свойствами, имеют хорошую структуру, водный и воздушный режимы. Насыщение почвы натрием

(солонцы) приводит к разрушению структурных агрегатов, ухудшению физических свойств, обеднению питательными элементами.

Таблица 1

Поглотительная способность разных почв

ЕКО, мг-экв на 100 г почвы	Поглотительная способность	Почвы
< 10	Очень низкая	Песчаные и супесчаные почвы, подзолы, подбуры, элювиальные горизонты подзолистых почв
10...15	Низкая	Подзолистые почвы суглинистого состава
15...30	Средняя	Серые почвы; буроземы и каштановые почвы
> 30	Высокая	Черноземы, болотные

Из наиболее распространенных в почве обменных катионов – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , H^+ . Способность поглощения катионов возрастает с увеличением их атомного веса и валентности. Сумма поглощенных оснований почвы коррелирует с содержанием в ней органического углерода и ее засоленностью. Состав обменных катионов в разных почвах неодинаков и зависит от типа почвообразования. В поглощающем комплексе всех почв – кальций и магний; в солонцах – натрий; в кислых – водород и алюминий. Солонцы и солонцеватые почвы содержат в поглощающем коллоидальном комплексе обменный катион натрия (более 3...5 % от емкости обмена), что обуславливает неблагоприятные для развития растений физические, химические и водно-физические свойства почв [1]. В солонцеватых почвах почвенные коллоиды, насыщенные натрием, подвергаются пептизации, почвенные агрегаты распадаются, и физические свойства почвы меняются. Наиболее очевидны изменения плотности, агрегатного и механического состава почв [4].

В результате засоления почв техногенными потоками происходит преобразование почвенного поглощающего комплекса (ППК), характеризующееся изменением суммы и состава поглощенных катионов. Трансформация свойств ППК выражается в увеличении концентрации одновалентных и двухвалентных катионов в почвенном растворе. При действии нефтехимического загрязнения на почвы, в составе обменных катионов происходит замещение кальция и магния на натрий. Количество поглощенного натрия в ряде случаев может достигать 3...5 мг-экв, что составляет более 20...50 % от суммы поглощенных катионов (при некотором

снижении содержания поглощенных катионов кальция и магния). В результате в почвенном растворе нейтральные хлориды натрия уступают место слабокислым хлоридам кальция, что ослабляет щелочную реакцию почвенного раствора на первых этапах трансформации. Дальнейшая трансформация сводится к возврату кальция и магния в поглощенное состояние с одновременным вытеснением натрия [6].

На территории месторождения Кара-Арна, расположенного в зоне полупустынь с аридным климатом проводились почвенные исследования по изучению трансформации нефтехимически загрязненных техногрунтов бывших нефтяных амбаров на участках, рекультивированных цеолитно-микробиологическим методом в 2011, 2012, 2013 и 2014 годах. Изначально нефтехимически загрязненные солончаковые почвы были подвергнуты сливу нефтяных эмульсий и буровых растворов, что привело к высокому уровню загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Подрядчиками в указанные годы проведена разработанная технология очистки с применением выделенной накопительной культурой углеводородоксилирующих микроорганизмов в виде запатентованного казахстанского препарата «Бакойл», содержащего выделенные бактериальные штаммы, усваивающие жидкие углеводороды сырой нефти. При совместном использовании накопительной микробной культуры и минеральных удобрений эффективность очистки от нефтепродуктов достигала значительных результатов.

В статье рассматривается перестройка ППК грунта рекультивированных в разные годы участков бывших сливных амбаров на нефтяном месторождении в пострекультивационный период при восстановлении в исходные почвы. В процессе исследований в 2016 году была оценена степень насыщенности грунтов 4-х рекультивированных в 2011...2014 гг. участков поглощенными основаниями, определен состав ППК, соотношение поглощенных катионов в составе ППК; выявлено изменение поглощательной способности при восстановлении в исходные почвы. Общее содержание поглощенных катионов оснований (кроме H^+ и Al^{3+}) называют суммой обменных оснований.

Определение в почве обменных катионов щелочных металлов натрия и калия из поглощающего комплекса почвы проводилось по методике Антипова-Каратаева и Мамаевой с вытеснением калия и натрия насыщенным раствором гипса с фотометрическим окончанием на пламенном фотометре. А определение поглощенных катионов щелочноземельных

элементов кальция и магния проводилось трилометрическим спиртовым методом по Матушевскому, разработанным для засоленных почв [5].

Анализ данных показал, что сумма поглощенных оснований грунтов на рекультивированных в разные годы участках в основном средняя: от 16,5 до 25 мг-экв на 100 г почвы. Ниже на диаграммах представлено процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунтов разрезов, также приведены средние величины сумм поглощенных оснований по расчетным слоям всех разрезов. Имеется общая тенденция: в составе поглощенных катионов преобладают катионы кальция и магния, значительно меньше натрия и минимум калия.

В составе ППК техногрунта разреза 1, рекультивированного в 2013 г. прослеживается тенденция снижения суммы поглощенных оснований (с 20,67 до 14,86 мг-экв на 100 г почвы) вглубь толщи грунта за счет процентного содержания катионов магния: оно снижается с 36,28 до 26,71 % (рис. 1). Средние по профилю величины сумм поглощенных оснований грунтов разрезов 1 и 4 на участке рекультивации 2013 г. невысокие: 16,5 и 19,2; средняя для участка величина 17,85 мг-экв на 100 г почвы. Солевой режим на участке складывался по сезонно-необратимому типу рассоления.

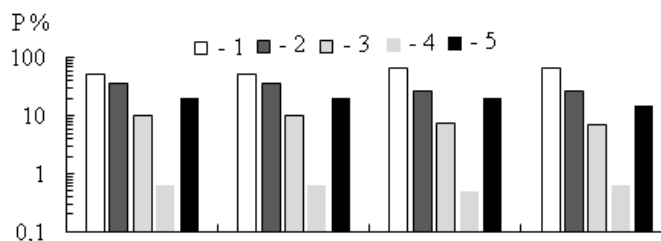


Рис. 1. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 1 на участке, рекультивированном в 2013 г. 1 – % поглощенных катионов Ca; 2 – % поглощенных катионов Mg; 3 – % поглощенных катионов Na; 4 – % поглощенных катионов K; 5 – сумма поглощенных катионов в мг-экв на 100 г почвы.

Средние величины сумм поглощенных оснований грунтов разрезов 2 и 3 на участке рекультивации 2012 г. повыше: от 22,65 до 25,41 мг-экв на 100 г почвы. Здесь сумма ППК уменьшается плавно вглубь по расчетным слоям (от 27,79 до 14,97 мг-экв на 100 г почвы) за счет снижения доли катиона магния в составе ППК от 53,08 до 43,42 % (рис. 2). Идет корреляция со степенью засоления грунтов: от очень сильно засоленной (4,84 %) до сильно засоленной (2,64 %). Динамика солевого режима на этом участке складывается по необратимому типу рассоления: хлориды уменьшаются в верхнем полуметровом слое грунта [2].

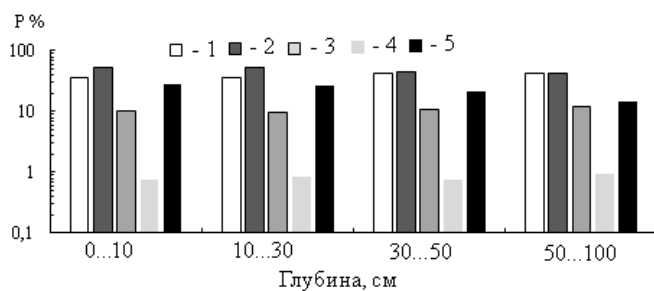


Рис. 2. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 3 на участке, рекультивированном в 2012 г. Усл. обозн. см. рис. 1.

Величины сумм поглощенных катионов грунта в профиле разрезов 5 и 6 на участке, рекультивированном в 2014 г. колеблются от средней до высокой: 14,00...32,55 мг-экв на 100 г почвы (рис. 3, 4). Их величины высоки в верхних и нижних слоях почвы, однако все же прослеживается тенденция небольшого увеличения с глубиной. Идет четкая корреляция со степенью засоления грунта: засоление максимальное в верхнем (5,35 %) и нижнем горизонтах (3,3 %). Солевой режим участка складывается по сезонно-необратимому типу рассоления [2]. Преобладающий катион магния в составе ППК разреза 5 с глубиной увеличивается, а в грунте разреза 6 его процентное содержание снижается с глубиной по профилю. В составе ППК техногрунта разрезов 5 и 6 на участке рекультивации 2014 г. преобладают катионы магния, немного меньше кальция, значительно меньше натрия и минимум калия.

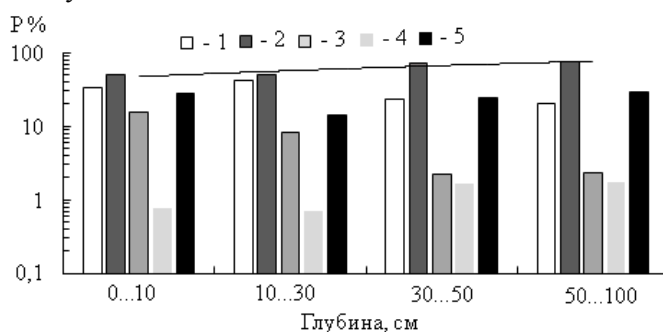


Рис. 3. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 5 на участке, рекультивированном в 2014 г. Усл. обозн. см. рис. 1.

Средние по профилю величины сумм поглощённых катионов по разрезу 5 – 23,93; по разрезу 6 – 21,68, а средняя по участку, рекультивированному в 2014 г. – 22,8 мг-экв на 100 г почвы.

Анализ данных процентного соотношения катионов в составе ППК участка, очищенного в 2011 г. показал преобладание в верхнем слое катионов кальция, содержание которого с глубиной медленно снижалось. В слое глубже 30 см было значительно меньше магния (рис. 5).

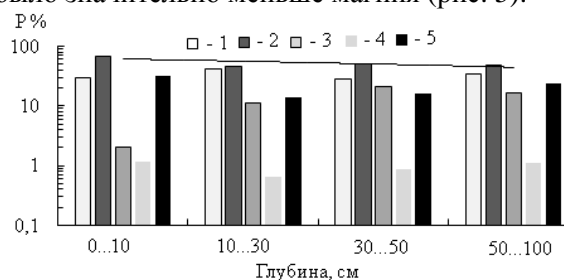


Рис. 4. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 6 на участке, рекультивированном в 2014 году. Усл. обозн. см. рис. 1.

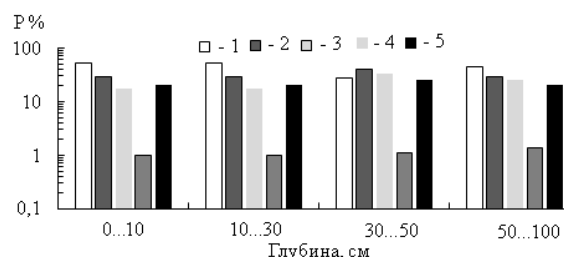


Рис. 5. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 12 на участке, рекультивированном в 2011 г. Усл. обозн. см. рис. 1.

В составе поглощенных катионов грунта разреза 12, заложенного на рекультивированном в 2011 г. участке бывшего амбара преобладают катионы кальция, содержание которых в составе ППК снижается с глубиной. Здесь меньше доля магния и чуть меньше натрия: такое соотношение катионов в составе ППК приближено по составу уже к зональной бурой солончаковой почве целинного разреза. Сумма ППК варьирует по профилю. Рассчитанная средняя для профиля данного грунта величина суммы поглощенных катионов – 21,89 мг-экв на 100 г почвы. Динамика солевого режима направлена в сторону засоления и складывается солевой режим по сезонно-необратимому типу засоления. Этот участок находится в депрессии и обвалован с нижней стороны. Весенне-осенние осадки и талые воды приносят сюда растворенные вещества из выше расположенных областей участков [2].

В составе ППК разреза 9, заложенного на замазученном грунте северного крыла месторождения, не подвергавшегося рекультивации также в составе поглощенных катионов наибольшая доля магния, немного

меньше кальция. Поглощенного натрия почти в 2 раза меньше, чем магния и минимум калия. Сумма поглощенных катионов выше во втором полуметровом горизонте за счет увеличения доли катиона кальция, рис. 6.

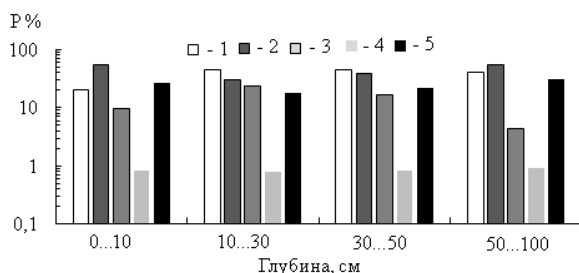


Рис. 6. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК разреза 9 на замасученных грунтах северного крыла месторождения.
Усл. обозн. см. рис. 1.

Определение процентного соотношения поглощенных катионов в составе ППК замасученного грунта разреза 11 в северном крыле месторождения показало, что преобладающими катионами являются магний (40,75 %) и кальций (38,71 %). Сумма поглощенных катионов грунта средняя – 16,11 мг-экв на 100 г почвы. Сумма ППК имеет тенденцию увеличения вглубь профиля за счет катионов натрия, рис. 7. Средняя по профилю величина из сумм поглощенных катионов для трех разрезов на замасученных грунтах – 21,29 мг-экв на 100 г почвы.

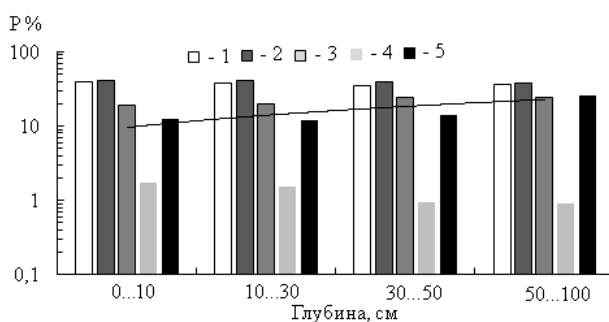


Рис. 7. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК разреза 11 на замасученных грунтах северного крыла месторождения.
Усл. обозн. см. рис. 1.

Из всех участков в составе ППК на участке рекультивации 2014 г. самая высокая величина суммы поглощенных катионов, где в значительной степени преобладают катионы натрия: более, чем в два раза; меньше катионов магния, еще меньше кальция. Это говорит о том, что по прошествии 1 года после рекультивации, натрий все же превалирует в составе ППК.

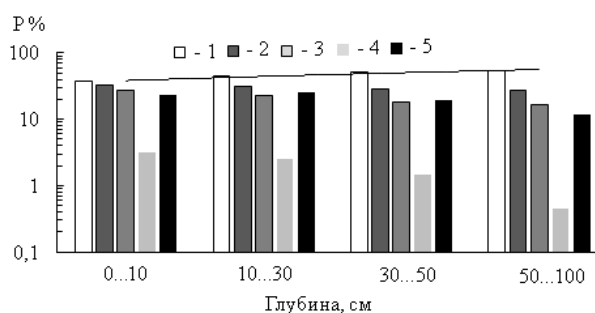


Рис. 8. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК разреза 13 на зональной бурой солончаковатой почве целинного участка. Сумма ППК в мг-экв на 100 г почвы.

В составе ППК зональной бурой солончаковатой почвы целинного участка значительно преобладают катионы кальция, причем процентное их содержание с глубиной увеличивается до 54,85 %. На втором месте катионы магния, причем их содержание напротив: снижается с глубиной. В составе ППК зональной бурой солончаковатой почвы достаточно большой процент катионов натрия (максимально 27,13 %) и он снижается вглубь профиля. Содержание катионов калия в составе ППК здесь выше, чем на рекультивированных грунтах, рис. 8. Сумма поглощенных оснований имеет тенденцию снижения вглубь толщи почвы за счет снижения доли магния и натрия.

Сравнивая суммы поглощенных катионов нефтезагрязненных неочищенных грунтов и состав их почвенно-поглощающего комплекса с уже рекультивированными грунтами, выявлена тенденция изменения процентных соотношений обменных катионов в составе ППК в сторону снижения катионов кальция и увеличения катионов магния. Степень насыщенности этих грунтов катионами магния достигает 80 % от суммы ППК. Кроме того, в составе поглощенных катионов возросла доля натрия.

Выявлено, что такая перестройка в соотношении поглощенных катионов в составе ППК замазученных грунтов ведет к ухудшению их почвенных свойств: меняется их агрегатный состав, падает устойчивость почв к механическим воздействиям, сдвигается рН почвенной среды, происходит ее коагуляция. Все это приводит к ограничению буферности почвы, снижению ее физико-химической устойчивости к нефтяному загрязнению. Чем выше емкость катионного поглощения почв, тем больше опасность загрязнения их стойкими продуктами нефтедобычи как органического, так и минерального происхождения, в частности токсичными солями минерализованных промыслов вод, которые обычно сопутствуют при добыче нефти. Для установления предела потенциала самоочищения необходимо

знать предел емкости поглощения, необходимо установить уровень концентрации нефтепродуктов в почвах и грунтах, выше которого почва не может сама справиться с загрязнением. Таким образом, содержание обменных катионов в почве, их состав и емкость поглощения являются важными показателями химических и физических свойств почв.

Анализ изменения суммы поглощенных оснований грунтов на 4-х рекультивированных участках выявил тенденцию их снижения вглубь толщи грунтов по профилю, табл. 2.

Таблица 2

Изменение сумм поглощенных оснований грунтов рекультивированных в 2011...2014 г. участков. 2016 г.

Глубина, см	Сумма поглощенных оснований на участках, рекультивированных в							Целина
	2014 г.		2013 г.		2012 г.		2011 г.	
	Раз 5	Раз 6	Раз 1	Раз 4	Раз 2	Раз 3	Раз 12	
0...10	28,26	32,55	20,67	14,43	29,56	27,79	20,82	23,33
10...30	14,02	14,15	20,67	14,43	25,55	26,78	20,82	25,38
30...50	24,26	16,09	20,59	17,72	21,52	21,04	25,56	19,30
50...100	29,18	23,91	14,857	19,4	25,02	14,97	20,35	11,85
	Среднее по профилю							
	23,93	21,68	19,2	16,5	25,41	22,65	21,89	19,96
	Среднее по участку							
	22,8		17,85		24,03		22,04	

Рассмотрение тенденций изменения поглотительной способности рекультивированных грунтов бывших амбаров на стадии восстановления их в исходные почвы показало, что накопление катионов в ППК грунтов на рекультивированных участках 2012 и 2014 годов – сумма их поглощенных оснований выше, чем на всех остальных участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беднев А.В. Обменные катионы в почвах района западных подstepных ильменей дельты р. Волги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2009 – 26 с.
2. Досбергенов С. Динамика солевого режима техногрунтов рекультивированных участков. // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №4. – С. 107-118.
3. Емкость поглощения и состав поглощенных катионов в различных почвах. [Электрон. ресурс] – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/1837990/page:3/#4> (дата обращения: 12.03.2016).

4. Клочко Т.А. Исследование современного состояния проблем выявления засоленных почв по данным космических съемок. [Электрон. ресурс] – 2013. – URL: <http://lib.convdocs.org/docs/index> (дата обращения: 12.03.2016).
5. Методические указания по определению в карбонатных и засоленных почвах механического состава, углекислоты почвенных карбонатов и поглощенных оснований. – Алматы: Кайнар, – 1977. – 15 с.
6. Пермитина В.Н. Трансформация почв нефтепромыслов Прикаспийского региона // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2. – С. 20-29.
7. Хакимов В.Ю. Изменение свойств почв при загрязнении нефтепромысловыми сточными водами и в процессе рекультивации в Предуралье: Автореф. дис. ... канд. с.-хоз. наук. – Уфа, 2000 – 27 с. [Электрон. ресурс] – <http://www.dissercat.com/content/izmenenie-svoistv-pochv-pri-zagryaznenii-neftepromyslovymi-stochnymi-vodami-i-v-protsesse> (дата обращения: 12.03.2016).

Поступила 12.06.2017

Биол. ғылымд. канд. Т.К. Томина

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ РЕКУЛЬТИВИРЛЕНГЕН УЧАСКЕЛЕРІНДЕГІ ГРУНТТАРДЫҢ СІҢІРУ КЕШЕНІНІҢ ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ

Түйінді сөздер: топырақ және грунттар, мұнаймен ластану, топырақ кесіндісі, топырақтың сіңіру кешені, сіңірілген негіздер, сіңірілген негіздер жинағы, рекультивирленген жерлер

2011...2014 жылдары рекультивирленген 4 учаскелердегі грунттардың сіңірілген негіздермен қанығу дәрежесі бағаланды. Грунттардың сіңіру кешенінің құралып, олардың бастапқы топыраққа айналу үрдістеріндегі өзгеру арақатынастары анықталды.

Tomina T.K.

THE TRANSFORMATION OF THE COMPOSITION OF SOIL- ABSORBING COMPLEX OF SOIL RECLAIMED PLOTS IN THE OIL FIELD

Keywords: soils, contaminated with oil soils, soil section, soil-absorbing complex, the absorbed cations, the amount acc, the re-cultivated plot

Estimated degree of saturation of soils 4 remediated in 2011...2014 plots of absorbed bases, the composition of PPK, the ratio of absorbed cations in the composition of the ACC, the change in adsorption capacity when you restore to the original soil.

УДК 910.3 631.41 (574.1)

Канд. с.-х. наук

Т.К. Салихов¹Т.С. Салихова¹

**ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ТЕРРИТОРИИ ПРОЕКТИРУЕМОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПРИРОДНОГО РЕЗЕРВАТА «БОКЕЙОРДА»
ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Ключевые слова: государственный природный резерват, геоэко-система, геологическая и гидрологическая оценка территории

Данная работа посвящена проблемам охраны окружающей среды Казахстана на примере проекта, где приводятся результаты научного обоснования проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области. Проведен анализ геологического строения и состояния гидрографической сети территории. На основе экосистемного анализа и ГИС-технологий определены границы резервата, проведено зонирование функциональных участков, проанализировано современное состояние геологического строения, гидрографии местности и составлены карты исследуемой территории.

Территория Казахстана обладает уникальным набором ландшафтных комплексов: от пустынь до высокогорий и экосистем внутренних морей. В условиях нарастающих темпов экономического развития страны и усиления использования природных ресурсов становится актуальным вопрос дальнейшего совершенствования системы территориальной охраны природы. Те же условия определяют необходимость дальнейшего развития сети особо охраняемых природных территорий как действенной системы сохранения биологического разнообразия государства.

Сохранение биологического разнообразия экологических систем, уникальных природных комплексов, объектов природно-заповедного фонда, культурного и природного наследия Республики Казахстан – одна из важных задач государства на современном этапе.

¹ Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

В настоящее время система особо охраняемых природных территорий Западно-Казахстанской области представлена тремя государственными природными заказниками республиканского значения и семью особо охраняемыми природными территориями (ООПТ) областного значения. Суммарная площадь их составляет 188,7 тыс. га или 1 % от всей площади области. Вместе с тем, в области отсутствуют ООПТ со строгим режимом охраны и со статусом юридического лица [4].

Цель исследования: изучение геологического строения и состояния гидрографической сети территории проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» области для сохранения мест обитания редких и эндемичных видов биоразнообразия. Комитетом лесного хозяйства и животного мира Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан принята Программа научно-исследовательских работ по сохранению биологического разнообразия, в рамках которого предусмотрены работы по созданию государственного природного резервата «Бокейорда». Исследования выполнялись в рамках проекта Правительства Республики Казахстан и Глобального экологического фонда Программой развития Организации Объединенных Наций «Сохранение и устойчивое управление степными экосистемами», направленная на увеличение степных экосистем.

Объект и методы исследования. *Теоретико-методическую основу исследования составляют общенаучные методы:* описательный, сравнительный, статистический, системного анализа, картографический. Методология исследования базируется на системе общих принципов и подходов. Общенаучных: комплексного, интегрального, системного, экологического, географического [1, 3, 5-7].

Объект исследования: природные ресурсы проектируемого государственного природного резервата (ГПР) «Бокейорда» Западно-Казахстанской области, где произведена закладка мониторинговых площадок с нанесением их данных на топонимическую основу и зафиксированы GPS данные по площадкам. Проведено картирование с использованием данных дистанционного зондирования и ГИС-технологии.

Проектируемая территория расположена на западе Западно-Казахстанской области в пределах территории Жанибекского, Бокейординского, Казталовского районов. Общая площадь исследованного региона составляет 690,929 тыс. га или около 4,5 % территории области. Проектируемая территория расположена в северо-западной части Прикаспийской низменности. По характеру рельефа она представляет почти полого-

плоскую и слабоволнистую равнину со слабым наклоном к югу. Эта равнина представлена местами западинами, сорами и древними руслами временных водотоков.

На территории природного резервата гидрографическая сеть развита весьма слабо. На востоке проектной территории протекает река Ащьюзек с несколькими притоками, среди которых наиболее крупные – правобережные притоки Шерембетсай, Таткенсай, Жамансай, балка Астаусалган, река Бершарал; левобережные притоки – Колдыбайсай, Терексай, впадающие в крупное озеро Аралсор.

В связи с частым чередованием условий почвообразования, почвы территории отличаются большой пестротой и мозаичностью, а также комплексностью. Однако, в пределах отдельно взятых частей территории на водораздельных пространствах отмечается выраженное преобладание зональных типов почв – обыкновенных каштановых, светло-каштановых и бурых [1].

Результаты исследования. *Геологическое строение территории.* Полное освобождение территории от морских вод, связано с ее относительно молодой поверхностью в пределах глубочайшей Прикаспийской впадины – с крупной площадью северной части Прикаспийской низменности (рис. 1).

В верхнем плейстоцене, в связи с мощным покровным оледенением (валдайское оледенение, начавшееся 115 и закончившееся 10 тыс. лет назад) северной части Евразии, до современных отметок 45 (50) м впадину занимали воды Нижнехвалынского (Раннехвалынского) бассейна (50...40 тыс. лет назад), отложившие глины и пески. Они сложены дельтовыми и, частично, русловыми материалами рек, впадавших в это время в Каспий; глинами, супесями и песками. Характерными горизонтам для них являются шоколадные глины, местами принимающие буроватую окраску. Их мощность 2...4 м, а в пониженных элементах рельефа до 10...20 м.

В настоящее время в понижениях Нижнехвалынские отложения прерываются современными озерными, сорowymi и пойменными отложениями. Между горизонталью 0 м и южной границей области расположена полоса морских осадков Верхнехвалынского моря, отступившего в начале голоцена. Это переработанные морем дельтовые глины, суглинки и пески. В последующее время пески переработаны ветром. Этот процесс продолжается и сейчас.

На протяжении почти всей истории развития, Прикаспийская тектоническая впадина испытывала морской режим – море одного геологического периода последовательно переходило в море другого. Этим объясняется геологическая молодость территории.

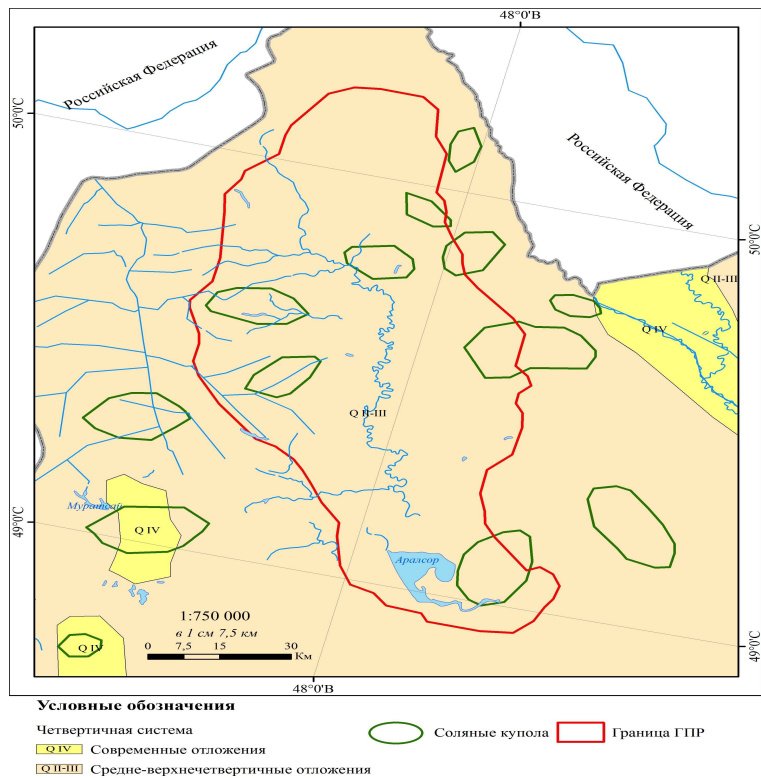


Рис. 1. Геологическая карта проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области.

В пермском периоде палеозоя (кунгурский ярус – 275...270 млн. лет назад) глубоководный бассейн Прикаспийской впадины за сравнительно короткий срок заполнился мощной толщей каменной соли. При накоплении кроющих их осадков до 1 км начался процесс зарождения солянокупольных структур (от сильного давления вышележащих слоев соль становится пластичной и начинает отжиматься вверх). В конце пермского периода мощность осадков достигла уже 4...5 км. Затем последовали (по мере накопления достаточных осадков) триасовый и юрско-палеогеновый крупные этапы формирования солянокупольных структур. Соляных куполов на территории много, но они в основном слабо выражены в рельефе.

В результате сложной истории геологического развития, длительных процессов поднятия и опускания отдельных участков поверхности (вследствие перемещения солей на больших глубинах), она в пределах района сложена древними морскими и более молодыми континентальными осадочными отложениями, имеющими возраст от бакинского до современного. Вследствие этого территория сложена отложениями глины,

суглинков, супесей. На востоке территории встречаются маломощные выходы палеогеновых песчаников.

Поверхностные и подземные воды территории. На территории ГПР «Бокейорда» гидрографическая сеть развита весьма слабо. На всех реках преобладают крутые и отвесные берега. Все реки протекают по поверхности слабоволнистой равнины, а их долины издали не выделяются. Их можно обнаружить, приблизившись к ним очень близко (рис. 2).



Рис. 2. Среднее течение реки Ащыозек.

На востоке проектируемой территории протекает река Ащыозек, заканчивающаяся в соре. Она берет начало в 4 км к югу от аула Борсы. Общая длина реки 258 км. В верхнем течении реки берега крутые, часто обрывистые, высота 4...8 м, а на нижнем течении 1...2 м. Коэффициент извилистости реки равен 2,1. Эрозионная деятельность слабая. Выходы грунтовых вод редки. Река представляет собой чередование плесов с мелководными участками. Дно супесчаное и суглинистое, в плесах слабо заиленное. Вода минерализованная [2].

На всем протяжении река принимает несколько притоков, среди них крупные правобережные притоки Шерембетсай, Таткенсай, Жамансай, балка Астаусалган, река Бершарал, левобережные притоки Колдыбайсай, Терексай и несколько балок без названия.

Самое крупное озеро Аралсор, которое имеет серповидную форму, берега крутые высота 6...7 м, ширина колеблется от 3 до 8 км (рис. 3). Озеро Соркол продолговатой формы, длина 5 км, ширина 3 км (рис. 4). Берега пологие, вода минерализованная. Все соленые озера весной наполняются талыми водами, а в середине лета пересыхают или в некоторых местах остаются небольшие водные пространства. Происхождение соленых озер связано с солонкупольной тектоникой.



Рис. 3. Озеро Аралсор.



Рис. 4. Соленое озеро Соркол.

Таким образом, почти вся поверхность района, сложена горными породами, обладающими еще до начала почвообразования целым рядом признаков, свойственных почвам: рыхлостью, водо- и воздухопроницаемостью, влагоемкостью и др. Здесь характерной особенностью горных пород является их засоленность. Она обусловлена движением и накоплением солей, приносимых с окружающих возвышенностей поверхностным стоком, грунтовыми потоками, подземным стоком, в основном со стороны солянокупольных структур, а также солями, оставленными трансгрессиями Каспийского моря-озера. Подвергшись местному перераспределению, они выносились и накапливались в пониженных элементах поверхности. Эти особенности литогенной основы нашли отражение в ландшафтной структуре и ее динамике в пределах района.

Более древние породы молодой аккумулятивной пластовой морской равнины часто прерываются современными отложениями. Это материалы, сносимые со склонов талыми и дождевыми водами, ветром. Широ-

ко распространены современные русловые, дельтовые, озерные, соровые и лиманные отложения, занимающие значительные площади. Усиливается значение антропогенных отложений: культурные слои существующих и брошенных населенных пунктов, многочисленные древние курганные захоронения, отвалы, стихийные и организованные мусорные свалки, профилированные дороги, дамбы, валы каналов и систем полива, искусственных водохранилищ, прудов, брошенные стоянки животных, отсыпки навоза и др. Темпы и масштабы такого осадконакопления давно стали сопоставимы с геологическими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрищенко О.Н. Естественно-исторические районы Прикаспийской низменности (Междуречье Волга – Урал) //Тр. геогр. фак. Белорус. унта. – 1958. – С. 137-219.
2. Доскач А.Г. Материалы геоморфологической карты Южного Заволжья и Прикаспийской низменности. – М.: 1954. – С. 47-87
3. Методические указания по ведению летописи природы в особо охраняемых природных территориях со статусом юридического лица. Утвержденный Комитетом лесного и охотничьего хозяйства Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан от 18 апреля 2007 года №156.
4. Петренко А.З., Джубанов А.А., Фартушина М.М., Иркалиева Р.М., Рамазанов С.К., Сдыков М.Н., Дарбаева Т.Е., Кольченко О.Т., Чернышов Д.М. Природно-ресурсный потенциал и проектируемые объекты заповедного фонда Западно-Казахстанской области. – Уральск: ЗКГУ, 1998. – 176 с.
5. Салихов Т.К. Географо-экологическая оценка состояний государственного природного резервата «Бокейорда»: монография. – Алматы: Эверо, 2017. – 232 с.
6. Салихов Т.К. Геоморфологические особенности проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №1. – С. 151-159.
7. Salikhov T.K., Karagoishin Zh.M., Svanbayeva Z.S., Inkarova Zh.I., Dukenbayeva A.D., Sagatbaiev E.N., Rakisheva A.K. Geocological assessment of the projected State Nature Reserve «Bokeyorda» in West Kazakhstan Region // Oxidation Communications. – 2016. – № 39 (4). – С. 3579-3590.

Поступила 27.06.2017

А.- шар. ғылымд. канд. Т.К. Салихов
Т.С. Салихова

**БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДА ЖОБАЛАНҒАН
«БӨКЕЙОРДА» МЕМЛЕКЕТТІК ТАБИҒИ РЕЗЕРВАТ
ТЕРРИТОРИЯСЫН ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ
ТҰРҒЫДАН БАҒАЛАУ**

Түйін сөздер: мемлекеттік табиғи резерват, геоэкожүйе, территорияларды геологиялық және гидрологиялық тұрғыдан бағалау

Бұл ғылыми зерттеулер жүргізіліп отырған жоба мысалында Қазақстанның қоршаған ортасын қорғау мәселелеріне арналған. Бұл жұмыста Батыс Қазақстан облысында жобаланған «Бөкейорда» мемлекеттік табиғи резерватын ғылыми зерттеу негіздемесі келтірілген. Геоэкожүйелерді зерттеу нәтижесінде аумақтың геологиялық құрылымы мен гидрографиялық желісінің жай-күйі талданды, онда экожүйелік талдау және ГАЖ технологиясы негізінде резерватың шекаралары анықталып, функционалдық аймақтарға бөлу жүргізілді, геологиялық құрылыстың ағымдағы жағдайы мен аумақтың гидрографиясы талданды және зерттеу аймағының карталары жасалынды.

Salikhov Talgat K., Salikhova Toidyk S.

**GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL ESTIMATION OF THE
TERRITORY OF THE DESIGNED STATE NATURE RESERVE
«BOKEYORDA» OF THE WEST-KAZAKHSTAN REGION**

Key words: state nature reserve, geoecosystem, geological and hydrological assessment of the territory

This work is devoted to the problems of environmental protection in Kazakhstan by the example of the ongoing project, which presents the results of the scientific justification for the projected state nature reserve «Bokeyorda» in the West Kazakhstan region. As a result of geoecosystem research, the geological structure and state of the hydrographic network of the territory were analyzed. Based on the ecosystem analysis and GIS technology, the boundaries of the reserve were determined, zoning of functional areas was carried out, the current state of the geological structure, the hydrography of the terrain, and maps of the study area were analyzed.

УДК 911.52(574.31)

PhD	Ж.О. Озгелдинова ¹
Доктор геогр. наук	К.М. Джаналеева ¹
PhD	Ж.Т. Мукаев ²
	Г.Т. Оспан ¹

ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ГЕОСИСТЕМ БАССЕЙНА РЕКИ САРЫСУ

Ключевые слова: бассейн реки, геосистема, природные факторы, геосистемная структура, антропогенная деятельность

Проанализированы природные факторы формирования геосистем. Выявлены природно-климатические особенности развития процессов загрязнения геосистем в условиях интенсивной антропогенной деятельности.

Исследуемая территория, являясь частью Казахского мелкосопочника и пустыни Бетпақдала, прошла длительный и сложный путь геологического развития. Согласно карте *геоморфологического районирования РК*, составленной Акияновой Ф.Ж., Медеу А.Р. и др. [8], в пределах территории исследования, с учетом возраста и происхождения. Можно выделить пять основных типов рельефа: низкогорья, мелкосопочник, денудационная равнина, пластовая или денудационно-аккумулятивная равнина и древние и современные речные долины. Среди названных типов рельефа преобладают холмистый, холмисто-увалистый, холмисто-грядовый рельеф, получивший название мелкосопочника, отражающий топонимическое название региона.

Истоки составляющих реки бассейна Сарысу на востоке относятся к горам Бугулы (высшая точка 1184 м – г. Буркитти), Жаксы-Тагылы, Космурын, Ортау (высшая точка 1068 м). В средней части бассейна обособляется низкогорье Улытау, которое имеет меридиальное направление с общей длиной около 200 км. Дойдя до пустыни, р. Сарысу резко «ныряет» на юг и течет вдоль западной окраины плато Бетпақдала, сложенного

¹ Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан;

² Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Казахстан

верхнемеловыми глинами, глинистыми песками, песчаниками с прослоями известняков и мергелей. Плато обрывается к долине р. Сарысу крутым уступом, высотой до 40...60 м. Туранская низменность касается правобережной нижней части бассейна. Мощные толщи третичных отложений представляют мелкозернистые пески, перекрывающиеся глинами, отчасти – конгломератами. На юге, в районе пересечения р. Сарысу и административной границы Карагандинской области, узким треугольником в регион вклинивается Мойынкум. Пустыня глинистая, но на ее западной окраине распространены пески, часто подвижные, перемещаемые ветром.

Долины рек и озерные котловины сложены мощными толщами аллювиальных и аллювиально-пролювиальных четвертичных отложений. Мощность песчано-гравийно-галечниковых отложений достигает 15...20 м. В долинах рек под 50...70-метровой толщей третичных глин слоем мощностью в несколько десятков метров залегают песчано-галечниковые отложения древнего аллювия [6]. В пределах рассматриваемой территории сравнительно широко развиты озерные впадины. Как считает З.А. Сваричевская [11], часть из них связана с долинами, многие имеют сорово-дефляционное и тектоническое происхождение.

В центральной части бассейна р. Сарысу расположена широкая древнеаллювиальная равнина, местами достигает ширины 100 км. Рельеф Сарысуйской долины чрезвычайно своеобразен по морфологии, и различные ее части резко отличаются друг от друга. Например, для верховья долины характерен более возвышенный грядово-волнистый рельеф, который, ступенчато опускаясь, в среднем течении переходит в грядово-котловинный рельеф. В низовьях, где река протекает по аллювиально-песчаной равнине, поверхность долины приобретает бугристо-грядовый характер. Параллельно возрастает опесчаненность отложений.

В четвертичное время реки Сарысу и Шу с разных сторон несли свои воды к Сырдарье. В результате тектонических процессов в позднем плейстоцене, при усилении поднятия хребта Каратау, долина Шу сдвинулась на север, в результате чего низовья рек Шу и Сарысу отчленились от Сырдарьи и нашли свое окончание на равнине, в мелких дельтовых озерах [16]. В низовьях Сарысу и Шу – обширная внутриконтинентальная дельта, сложенная наносами этих рек. Теперь Сарысу лишь в отдельные годы доносит свои паводковые воды до озера Телеколь, обычно же они теряются в собственных рыхлых отложениях реки.

При рассмотрении природных зон, *климатические особенности*

бассейна реки Сарысу изменяются с севера на юг. Для климата бассейна характерны относительно большая продолжительность солнечного сияния, резко выраженная континентальность, засушливость, интенсивное испарение, повышенные скорости ветра, суховейные явления. Это объясняется его географическим положением внутри Евразийского материка, вдали от океанов – основных поставщиков атмосферной влаги. Зато сюда свободно проникает сухой субтропический воздух пустынь Средней Азии, а также бедный влагой арктический воздух, перемещающийся меридионально. Окончательному формированию здесь аридных условий способствует система атмосферной циркуляции, формирующая преимущественно безоблачную или малооблачную погоду.

С одной стороны, относительно простое строение поверхности территории бассейна способствует согласованности климатических и погодных колебаний на всей рассматриваемой площади. С другой стороны, большие ее размеры неизбежно ведут к нарушению согласованности. В итоге одни и те же макроциркуляционные процессы могут вызвать неодинаковую погодную реакцию в разных частях исследуемой территории.

Радиационный баланс изменяется по территории от 42 до 48 ккал/см² [6]. Как в летние, так и в зимние месяцы изотермы проходят по территории бассейна почти широтно. Средняя годовая температура воздуха на севере территории колеблется в районе 2 °С, а на юге – 6...7 °С. Средняя температура января колеблется от -15...-16 до -13,5...-14,0 °С [2, 5, 6].

Из отрицательных особенностей климата региона необходимо отметить малое количество выпадающих осадков, чрезмерно высокие летние температуры, интенсивное испарение, засуха, суховеи, пыльные бури, гололед, весенние и осенние заморозки. В силу этих явлений, в условиях рассматриваемого региона развитие многих природных процессов происходит на грани экстремальных условий, с нередким переходом этой грани. Весенние (поздние) и осенние (ранние) заморозки могут принести значительные повреждения пастбищной растительности и сельскохозяйственным культурам. В зимнее время опасными, для выпаса скота, являются низкие температуры воздуха, гололед и метели.

Климатические условия региона одновременно можно рассматривать и как природные ресурсы. Климат большей части региона отличается длительным вегетационным периодом, а также длительным безморозным периодом: 125 суток на севере, до 170 суток – на юге. Это позволяет выращивать кукурузы, яровую пшеницу, просо и овощи. Однако неблаго-

приятные явления природы при ведении хозяйства требуют комплекса специальных агротехнических мероприятий. В числе важнейших мер можно назвать следующие: накопление и сбережение влаги в почве, проведение сева в оптимальные сроки и др.

Сложность комплекса физико-географических факторов, определяемая климатическими, гидрогеологическими, орографическими и *гидрографическими* характеристиками региона, детерминирует водный режим практически всех рек бассейна. Русловая сеть довольно густа, хотя «настоящих» рек мало. Всего в бассейне насчитывается 1853 водотока суммарной длиной 13 815 км. Из них около 80 % составляют временные водотоки длиной менее 10 км, имеющие сток только в период весеннего снеготаяния [15].

Река Сарысу образована слиянием двух рек: Жаман Сарысу и Жаксы Сарысу. Впадает в оз. Телеколь. Названия составляющих отражают качество их вод. Воды Жаман-Сарысу соленые, а Жаксы-Сарысу менее минерализованные. Впрочем, минерализация воды самой Сарысу увеличивается вниз по течению, и в межень в среднем течении она становится солоноватой, а в нижнем – соленой. После слияния составляющих, Сарысу принимает левобережные притоки: Талды-Манака (706-й километр от устья, длина реки 158 км) и Атасу (705-й км, длина 177 км). Это наиболее крупные притоки в верхней части бассейна, ниже река принимает притоки почти исключительно справа: Кенсаз (604-й км, длина 104 км), Каракенгир (384-й км, 295 км) и другие притоки общей протяженностью 1028 км. На нижнем участке, ниже впадения Каракенгира, река бесприточна, здесь от нее отчленяется проток Бактыкарын, по которому полые воды уходят в пустыню (рис. 1) [9, 10]. Площадь бассейна 136 628,54 км².

По площади бассейна Сарысу является второй после р. Есиль (Ишим), а по водности – третьей, после Есиля и Нуры, рекой Центрального Казахстана. Считается, что длина реки от слияния составляющих 761 км, но она не остается постоянной и неодинакова в маловодные и многоводные годы. Гидрографическая длина реки значительно больше, если принять за исток реки правую составляющую р. Жаман-Сарысу – р. Кайракты, то длина главной реки системы превзойдет 950 км. В верхней части, до впадения р. Кенсаз (Сыртсу), направление течения субширотное, далее, до впадения Каракенгира – юго-западное, а на нижнем, бесприточном, участке – субмеридиональное.

Согласно рис. 2, средневзвешенные уклоны сравнительно больших рек (с площадью водосбора более 1000 км) составляют 1,0...1,5, а малых – 2,0...4,0 ‰. Средние высоты водосборов основных рек – 470...740 м. Густота речной сети колеблется от 0,1...0,3 км/км².

В зависимости от гипсометрического уровня местности, реки бассейна формируются в областях низких гор и высоких сопок, поэтому гидрографическая сеть более или менее развита в более возвышенной половине региона, которая занимает только верхнее течение бассейна за исключением рек низкогорья Улытау. Реки горно-сопочных районов в своих верховьях имеют характер горных водотоков: долины узкие, берега скалистые, поймы нередко бывают порожистые. Напротив, среднее и нижнее течение р. Сарысу (районы Бетпақдалы) лишены постоянно действующих водотоков. Реки бассейна характеризуются резко выраженной неравномерностью стока, как в пределах года, так и за многолетний период. Характерным для них является короткое половодье и крайне маловодная межень. Все реки бассейна заканчиваются бессточными озерами и теряются в аллювиальных отложениях.

Плоский рельеф водосбора, в первую очередь, низовий равнинных рек, а также водораздельных пространств, наличие многочисленных, порой обширных замкнутых понижений, озер, соров служит причиной того, что в разные годы действующая водосборная площадь в том или ином створе различается. В многоводные годы понижения переполняются и дают сток в основное русло. В итоге, весной одного года максимальный расход воды увеличивается вниз по течению, в другой год – снижается [3].

Реки бассейна относятся к казахстанскому типу по классификации Б.Д. Зайкова [5]. Почти весь сток проходит в период половодья. По классификации М.И. Львовича их питание – исключительно снеговое [7]. Распределение их стоков в течение года неравномерное: резко выраженное короткое весеннее половодье сменяется продолжительной и низкой меженью в остальное время года. Если средний годовой расход в среднем течении составляет порядка 7 м³/с, то в половодье это могут быть сотни кубических метров, а максимальные расходы в редкие годы превосходят 1000 м³/с.

Озера в бассейне, в зависимости от физико-географических условий, расположены крайне неравномерно: занимают 0,5 % территории. Регулирующего влияния на сток они почти не оказывают. В бассейне всего 20 озер суммарной площадью 231,5 км². Озера, в основном, соленые, бессточные, с небольшой площадью водосбора. На каждый км² площади зеркала этих озер в среднем приходится 320 км² площади водосбора.

Котловины обычно имеют овальную форму. Склоны пологие, слабо расчлененные, сложены суглинистыми грунтами. Наибольшее количество озер расположено в районе гор Улытау бассейн реки Кенгир (Шубарколь, Северный Косколь, Ащыколь, Баракколь, Западный Косколь, Шошкаколь и др.).

Климатические и геолого-геоморфологические условия территории нашли отражение в своеобразии гидрографической сети, а также в режимных характеристиках рек бассейна р. Сарысу. Малое атмосферное увлажнение, высокая испаряемость, широкое распространение скалистых трещиноватых, а местами и закарстованных горных пород не способствуют формированию устойчивого поверхностного стока. Вместе с тем мелкопочный рельеф, разгрузка трещинных подземных вод у подножья горно-сопочных массивов порой благоприятствуют возникновению мелких речных водотоков.

В соответствии с ландшафтной широтной зональностью на территории бассейна р. Сарысу выделяются следующие *типы почв*: каштановые, светло-каштановые, бурые и серо-бурые [2, 4, 6, 13, 14].

Спецификой почвенного покрова региона можно считать широкое распространение полугидроморфных и гидроморфных почв. Их формирование вызвано перераспределением атмосферных осадков в условиях расчлененного мелкопочного рельефа и близким залеганием минерализованных грунтовых вод в понижениях дневной поверхности. К специфике местных почв можно отнести также их частую солонцеватость и комплексность. Комплексность почв выражается в частой смене на большом расстоянии почв разных типов и подтипов: на расстоянии нескольких метров можно наблюдать комплексы каштановых, светло каштановых солонцеватых почв и солонцов. На исследуемой территории развиваются солонцеватые почвы и типичные солонцы, приуроченные к выходам соленосных (чаще всего неогеновых) глин. Они встречаются обычно в комплексах с зональными почвами. Соленакпление и, соответственно, слабое выщелачивание почв обусловлено резко континентальным климатом исследуемого региона. *Растительность* исследуемого региона, за исключением горно-сопочных, отличается разреженностью, нигде не образуя сомкнутого покрова. Другая особенность растительного покрова региона также как почвенного – его комплексность: на сравнительно небольших по протяженности участках сочетаются фрагменты степных (дерновиннозлаковых) и пустынных (полынно-солянковых) сообществ. Комплексность почвенно-растительного покрова и широкое распространение солонцов

создают большие трудности в использовании земель в сельскохозяйственном производстве. Свойственные региону особенности климата, комплектность, засоленность почв, преобладание хрящевато-щебнистого, каменистого субстрата – все это вместе и порознь предъявляет большие требования к растениям, обязывая их быть жароустойчивыми, морозостойкими, солевыносливыми, приспособленными к неполноразвитым почвам, сильным ветрам, засухе и пыльным бурям.

Обширность территории, разнообразие рельефа, литологического состава почвообразующих пород, типов и режимов увлажнения обуславливают многообразие почв, пестроту, мозаичность почвенного покрова. Для основной части почв региона типична маломощность профиля, которая находится в прямой зависимости от малой мощности мелкозернистых отложений. Учитывая ее, Д.М. Стороженко выделяет полноразвитые почвы (глубина залегания плотных пород более 80 см). Подобные почвы типичны для возвышенных равнин (плакоров), которые несут плащ лессовидных карбонатных суглинков, и для древнеозерных и древнеаллювиальных равнин, сложенных суглинками и толщами песчано-суглинистого карбонатного аллювия. Д.М. Стороженко выделил также неполноразвитые почвы (с глубиной залегания плотных пород в пределах 40 см). Они характерны для мелкосопочника и цокольных равнин с маломощным щебенчатым и щебенчато-суглинистым покровом [13].

В силу географической зональности и сложившихся экологических условий, большинство растений исследуемого региона относится к ксерофитам, суккулентам, галофитам и отличается большой приспособленностью к местным условиям, благодаря своим морфологическим и физиологическим особенностям. Полупустынные и пустынные растения находят в условиях засушливости достаточное количество влаги и защищаются от чрезвычайного нагревания и иссушения, испарение влаги сведено у них до минимума. Это достигается наличием глубокой корневой системы (у саксаула до 14 м) или развитием горизонтальных корней, питающихся грунтовыми водами из верхних горизонтов почвы. Одни растения отличаются малой площадью листьев или совсем безлиственны. Другие обладают листьями с опушением, с восковым налетом или блестящей поверхностью.

Запасы влаги в почве зависят от климатических особенностей и от их механического состава, содержания органического вещества, уплотненности генетических горизонтов. По механическому составу почвогрунты рассматриваемой территории можно разделить на три группы:

1) глинистые и тяжелосуглинистые почво-грунты, отличающиеся наибольшей водоудерживающей способностью встречаются на территории верхнего и среднего течения;

2) пески, маломощные щебнистые почвы на плотных породах, легко-суглинистые и супесчаные, характеризующиеся повышенной инфильтрацией распространены повсеместно в мелкосопочнике и на песчаных массивах среднего и нижнего течения бассейна;

3) суглинистые почвы, распространенные на территории нижнего течения бассейна.

К низкогорьям и мелкосопочнику с хрящеватыми и щебенчатыми каштановыми почвами приурочены петрофитные разнотравно-ковыльные степи. В их составе преобладают ковыль красный, овсец пустынный (*Helictotrichon desertorum*), типчак, тырса (*Stipa capillata*), полынь холодная (*Artemisia frigida*). На низкогорьях (г. Бугылы, Кызылтау) – неполноразвитые и малоразвитые, на равнинах и межсочных понижениях переходят на солонцеватые и карбонатные разности. Глубокие ущелья и склоны Улытауских гор покрыты березовыми и осиново-березовыми лесами с зарослями кустарников (*Ribes nigrum* *Rhamnus cathartica* *Rosa acicularis* и др.). Днища ущелий, часто увлажняющиеся родниковыми водами, характеризуются богатой, луговой растительностью (*Poa pratensis* *Calamagrostis neglecta* *Hierochloa odorata* *Thalictrum simplex* *Gentiana pneumonanthe* и др.). Во влажных, затененных трещинах растут папоротники (*Asplenium septentrionale* *Woodsia ilvensis* *Polypodium vulgare* и др.) и мхи (*Polytrichum piliferum* *Thuidium abietinum* и др.). В Улытау, кроме бореальных лесных и влажных луговых видов, отмечены 14 видов эндемичных и субэндемичных видов, которые не были найдены в других частях Сарыарки [14].

В полупустынной зоне распространены почвы светло-каштановые, характеризующиеся бесструктурным и слоеватым сложением гумусового горизонта. На светло-каштановых почвах развиваются полынно-ковыльные и полынно-типчаковые сообщества. В низинах с повышенным натежным и грунтовым увлажнением размещаются злаковые – пырейные (*Agropyrum repens*), ажрековые (*Aeluropus litoralis*), костровые (*Bromus inermis*) и чневые (*Lasi-agrostis splendens*) луга.

К югу от зоны светло-каштановых почв большие площади занимают бурые пустынно-степные почвы. Мощность гумусового горизонта незначительная – 12...15 см, содержание гумуса в них около 2%. При орошении почвы имеют склонность к заплыванию, с образованием плот-

ной корки в верхнем горизонте, а в нижнем – к чрезмерному уплотнению. Другими неблагоприятными свойствами бурых почв является то, что с глубины 40...45 см от дневной поверхности начинает появляться гипсовый горизонт, в котором присутствуют легкорастворимые соли. Это связано не только с климатическими показателями, но и характером почвообразующих пород.

Бурые почвы бассейна представлены тремя разновидностями: обыкновенными, солонцеватыми и неполноразвитыми. Наиболее перспективны для орошаемого земледелия бурые обыкновенные почвы, формирующиеся на рыхлых отложениях легко- и среднесуглинистого, супесчаного механического состава, в основном это лессовидные тяжелые суглинки с включениями хряща и гравия. Бурые солонцеватые почвы имеют широкое распространение, в особенности на юго-западной окраине бассейна. Здесь они образованы на палеогеновых и неогеновых засоленных глинах и суглинках. Здесь растительность представлена в основном полынью белоземельной (*Artemisia terrae-albae*), боялычем и многочисленными видами эфемероидов и эфемеров: ревенем (*Rheum tataricum*), мятликом живородящим (*Poa bulbosa*), тюльпанами и другими видами. Бурые неполноразвитые почвы, хрящевато-щебенчатый тяжелосуглинистым механическим составом и выходами плотных пород, островками встречаются на высоких мелкопочниках междуречья Атасу и Коктас, Жезды. Формируются они под белопольной растительностью с небольшим количеством баялыша, приурочиваясь к плоским вершинам, увалам и холмам, их склонам, а нередко и равнинным местам.

Серо-бурые почвы характерны для пустынь среднего и нижнего течения бассейна. Им свойственны высокая карбонатность (вскипают от соляной кислоты с поверхности), бедность гумусом (0,7...0,8 %), большое количество гипса в нижней части профиля и подстилающих породах. Растительный покров представлен здесь полынными и полынно-солянковыми сообществами. Продуктивность растительного покрова щебнистых пустынь весьма низкая: в целом колеблется между 0,5 и 2...4 ц сухой массы с 1 га. Широко распространена галофитная растительность солончаков. Она представлена различными солянками: сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*), солерос (*Salicornia europea*), сведы (*Suaeda prostrata*).

Пустынные песчаные полужакрепленные почвы характерны для Мойынкумов и Присарысуйских пустынь (Жетыканыр, Саменкум и др.). Содержание гумуса в песчаных почвах низкое. В наиболее биологически

активном густокорешковом горизонте оно не превышает 0,5 %. Свойственный им растительный покров представлен белопопынно-типчакового-житняковыми и серополынными сообществами. Песчаные массивы служат хорошими зимними пастбищами животноводов края.

На территории бассейна, кроме зональных, встречаются разнообразные интразональные почвы (лугово-каштановые, лугово-бурые). Они, как правило, приурочены к понижениям и поймам рек, где есть условия периодического увлажнения. Также широкое распространение получили гидроморфные (лугово-аллювиальные, луговые солонцы, солончаки) почвы с содержанием гумуса 3,5...4,0 %, образуются в условиях пойменного увлажнения или близкого залегания грунтовых вод. Они приурочены к поймам верхнего и среднего течения р. Сарысу (долины рек Жаксы-Сарысу, Жаман-Сарысу, Жезды и Кенгир), лиманным понижениям или сорово-солончаковым депрессиям. На поймах рек, а также в западинах распространены разнотравно-злаковые луга. Преобладают пырейные луга с галофитными разнотравьями. При рациональном использовании они могут давать 10...25 ц сена с 1 га.

Растительность равнинных полупустынь и пустынь территории бассейна р. Сарысу – база отгонного пастбищного животноводства. Неблагополучно обстоит дело с охраной естественных кормовых угодий региона. За последние годы получило широкое распространение выкашивание пастбищ до созревания семян, что исключает их семенное возобновление. Сокращение запасов естественных растительных сообществ в определенной мере связано с хозяйственной деятельностью человека, усиливающейся на территории бассейна с середины 19 века.

Таким образом, взаимообусловленное влияние природных особенностей бассейна р. Сарысу определяет пространственную дифференциацию геосистем. Можно подчеркнуть, что её бассейн выделяется чрезвычайной специфичностью и даже уникальностью из-за целого ряда его особенностей: характера размещения, разнообразия рельефа и климата, состава грунтов, и особенно почв, располагающихся в основном комплексно, и обусловивших большую пестроту растительного покрова, видового и популяционного состава флоры.

В условиях интенсивной антропогенной деятельности природно-климатическими особенностями развития процессов загрязнения геосистем являются следующие закономерности:

- в связи с глубоким расчленением рельефа (Казахский мелкосопоч-

ник) русла водотоков служат естественными коллекторами, по которым осуществляется интенсивная геохимическая миграция загрязняющих веществ в бассейне. Попадающие на дневную поверхность загрязняющие вещества кратчайшим путем через русла временных водотоков мигрируют в поверхностные воды;

– засоленные породы (неогеновые глины) в зоне аэрации и насыщения служат источником засоления подземных вод, т.е. загрязнения их главными ионами. В свою очередь подземные воды, выклиниваясь в русла рек, загрязняют поверхностные воды природными солями, повышают их минерализацию. Кроме того, легкорастворимые соли активно участвуют в почвообразовательных процессах, что выражается в формировании на этих отложениях солонцов и солонцеватых почв;

– большое количество тяжелого гранулометрического состава в покровной толще придают ей водоупорные свойства, обеспечивая тем самым защищенность подземных вод от загрязнения с поверхности и способствуя образованию поверхностного стока с высоким модулем;

– водоносный горизонт в долине р. Сарысу залегает в гравийно-галечных и песчано-гравийных аллювиальных отложениях. Водовмещающие отложения повсеместно перекрыты аллювиальными суглинками и супесями, характеризующимися высокой водопроницаемостью, что свидетельствует о слабой защищенности грунтовых вод от антропогенного воздействия;

– синоптико-метеорологические условия, обуславливающие как увеличение (застойные условия для воздушных масс) так и уменьшение атмосферного загрязнения (ветер, осадки). Малое атмосферное увлажнение, высокая испаряемость создают благоприятные условия для концентрирования воднорастворимых продуктов техногенеза в водоемах и почвах, происходит накопление техногенных элементов в высоких концентрациях в виде коллоидальных растворов, мигрирующих в органоминеральных формах;

– благодаря активной ветровой деятельности, выбросы в атмосферу рассеиваются на большой территории и концентрации загрязняющих веществ в атмосфере и на поверхности почв вблизи источников выбросов не происходит. Негативным последствием активной ветровой деятельности в летний период является дефляция почв, наносящая ущерб плодородию почв и загрязняющая атмосферу пылеватыми частицами и сорбированными на них агрохимикатами. В зимний период ветры сопровождаются сильными метелями, в результате чего водораздельные участки оголяются

от снега, глубоко промерзают, и в период снеготаяния становятся водонепроницаемыми. В связи с этим талые воды не участвуют в образовании запасов влаги в почве и практически полностью расходуются на поверхностный сток;

– при наблюдаемом антропогенном освоении и периодической повторяемости пыльных бурь, осложненных атмосферными и почвенными засухами и сочетаниями неблагоприятных явлений погоды, создаются факторы, увеличивающие потенциал загрязнения атмосферы;

– абсолютно все пахотопригодные почвы бассейна в настоящее время освоены. В период освоения целинных земель были частично распаханы также и солонцовые почвы, которые характеризуются большим содержанием поглощенного натрия в солонцовом горизонте и высоким содержанием воднорастворимых солей в нижележащем подсолонцовом горизонте. При распашке солонцовый горизонт и частично подсолонцовый вовлекаются в пахотный слой, и почвы подвергаются частичной самомелиорации. В результате этого геохимическая миграция природных солей (главных ионов) в распаханых солонцовых почвах активизируется, соли становятся подвижными и мигрируют в ландшафты через грунтовые воды. В связи с вышеизложенным процессом, освоенные солонцовые почвы можно рассматривать как мощный дополнительный резерв главных ионов природных солей, способных вовлекаться в большой цикл геохимической миграции элементов в окружающей среде, в том числе и в поверхностных водах бассейна;

– нестабильность поверхностного стока рек бассейна предполагает широкое варьирование степени загрязнения поверхностных вод во времени. В связи с этим оценка загрязнения вод по среднегодовым концентрациям загрязняющих веществ должна сопровождаться оценкой экстремальных концентраций, приуроченных к паводковым и межленным периодам;

– дефляция и активный солевой перенос, а также интенсивное накопление в тяжелосуглинистых грунтах токсичных веществ, солей тяжелых металлов, аккумулирующихся в различных природных компонентах, негативно влияют на современную динамику природных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин Р.И., Молдахметов М.М. Материалы по гидрографии Казахстана. – Алматы, 2003. – 83 с.
2. Глазовская М.А. Физико-географическое районирование Казахстана / В кн.: Физико-географическое районирование СССР. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. – С. 137-168.

3. Доманицкий А.П., Дубровина Р.Г., Исаева А.И. Реки и озера Советского Союза (справочные данные). – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 104 с.
4. Жанпеисов Р. Почвы зерносовхозов Нуринаского района Карагандинской области // Труды ин-та почвоведения АН КазССР. –1957. – Т. 7. – С. 20-29.
5. Зайков Б.Д., Белинков С.Ю., Соколовский Д.Л., Карпов Б.Г. Средний многолетний сток рек СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1937. – 77 с.
6. Калменова У.А. Физическая география Центрального Казахстана. – Жезказган, 2000. –79 с.
7. Львович М.И. Опыт классификации рек СССР // Труды ГГИ. – 1938. – Вып. 6. – С. 58-108.
8. Национальный Атлас Республики Казахстан / Под ред. А.Р. Медеу и др. – Алматы, 2010. – Т. 1. – 150 с.
9. Отчетные данные Нура-Сарысуйского БВУ за 1990-2015 гг. / ГУ «Нура-Сарысуйское бассейновое водохозяйственное управление». – Караганда: 2015. – 223 с.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР / Под ред. Г.Л. Шимкевич. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т. 13, вып. 1. – 482 с.
11. Сваричевская З.А. Очерки по геоморфологии Казахстана. – Л.: 1941. – 61 с.
12. Справочник по климату Казахстана (многолетние данные 1971...2000 гг.) / РГП «Казгидромет». – Алматы, 2004. – 178 с.
13. Строженко Д.М. Почвы Карагандинской области. – Алма-Ата: Наука, 1967. – 331 с.
14. Темереева Ф.М. Природа Жезказганского края. – Жезказган, 2002. – 105 с.
15. Территориальное перераспределение водных ресурсов Казахстана: возможность и целесообразность // В кн.: Межбассейновые и трансграничные переброски речного стока: состояние и перспективы / Под науч. ред. И.М. Мальковского. – Алматы, 2011. – 414 с.
16. Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера Центрального и Южного Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1973. – 198 с.

Поступила 20.05.2017

PhD	Ж.О. Озгелдинова
Геогр. ғылымд. докторы	К.М. Джаналеева
PhD	Ж.Т. Мукаев
	Г.Т. Оспан

САРЫСУ ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ ГЕОЖҮЙЕСІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ ТАБИҒИ ФАКТОРЛАРЫ ЖӘНЕ ДАМУЫ

Түйінді сөздер: өзен алабы, геожүйе, табиғи факторлар, геожүйелік құрылым

Геожүйелердің қалыптасуының табиғи факторларына анализ жасалды. Қарқынды антропогендік әрекет жағдайында геожүйелердің ластану процесстерінің табиғи-климаттық даму ерекшеліктері айқындалды.

Ozgeldinov Zh.O., Dzhanelieva K.M., Mukaev Zh.T., Ospan G.T.

NATURAL FACTORS OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF GEOSYSTEMS OF THE SARYSU RIVER BASIN

Keywords: river basin, geosystem, natural factors, geosystem structure, anthropogenic activity

The natural factors of formation of geosystems are analyzed. The natural and climatic features of the development of pollution processes of geosystems in the conditions of intensive anthropogenic activity are revealed.

УДК 911.2

Доктор геогр. наук	Г.М. Джаналеева ¹
	А.А. Жангужин ¹
	Г.З.Мажитова ¹
PhD	Ж.Г. Берденов ¹
Канд. геогр. наук	Н.Б. Казангапова ²

ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГЕОСИСТЕМ БАССЕЙНА РЕКИ ЕСИЛЬ

Ключевые слова: геосистема, геохимия, бассейн, река, химические элементы, техногенез

В статье рассмотрены особенности геохимических условий геосистем бассейна реки Есиль. Авторы исследуют современный и прошлый геохимический состав основных компонентов геосистем бассейна реки. В результате хозяйственной деятельности человека происходят изменения во всех компонентах природной среды, особенно в почвенном покрове. Неблагоприятные последствия антропогенного воздействия оказывают негативное влияние на состояние геосистем бассейна реки Есиль.

Введение. Изучение вопросов геохимии окружающей среды занимает одну из важных позиций в ландшафтно-географических исследованиях. Закономерности распределения химических элементов в геосферах, их участие в процессах круговорота веществ, характер миграции в различных средах, а также особенности геохимических условий природных и природно-антропогенных геосистем определяют важнейшие направления подобного рода исследований [4]. Изучение геохимических особенностей конкретной территории важно не только для понимания закономерностей явлений и процессов, протекающих в географической оболочке, но и решения практических вопросов, в частности геохимического поиска полезных ископаемых, медико-географической оценки территории, а также проблем, связанных с загрязнением окружающей среды и ее охраны. Кроме того, следует от-

¹ Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана Казахстан;

² Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана Казахстан.

метить, что ландшафтно-геохимическое районирование и картографирование, в настоящее время имеет важное прикладное значение [5].

Изучение химического состава природных компонентов геосистем бассейна р. Есиль представляет особый интерес. Река является главным источником водоснабжения Северо-Казахстанской (СКО) и Акмолинской областей. Вода из реки используется для питьевого, производственного водоснабжения, обслуживания коммунального хозяйства. В последние десятилетия усиление воздействия хозяйственной деятельности на геосистемы территории бассейна реки, связанное с забором воды и ее загрязнением промышленными и коммунально-бытовыми стоками, оказывает существенное влияние на процессы миграции химических элементов, характер их распределения, аккумуляцию и концентрацию, скорость химических реакций, и в целом на геохимические условия рассматриваемого региона. Качественное и количественное соотношение макро- и микроэлементов в почве, природных водах, растениях бассейна реки, обусловленное особенностями геохимических факторов изучаемой территории, определяют их содержание в сельскохозяйственной продукции, а значит и количественное соотношение в организме человека. Еще В.И. Вернадским (1944) было указано на тесную связь химического состава организма и среды его обитания, что подчеркивает значимость геохимического фактора в формировании здоровья населения и необходимость изучения особенностей геохимических характеристик. В связи с этим изучение геохимических особенностей бассейна р. Есиль представляется актуальным.

Цель исследования заключалась в изучении геохимических особенностей бассейна р. Есиль. Оно осуществлялось в пределах двух областей: Северо-Казахстанской и Акмолинской. Это обусловлено географическим расположением бассейна реки.

В качестве теоретико-методологической базы исследования были использованы труды отечественных ученых в области ландшафтоведения, геохимии, геоэкологии: В.И. Вернадского, А.И. Перельмана, А.Г. Исаченко, А.П. Виноградова, Н.С. Касимова, М.А. Глазовской, В.А. Ковды, Б.Б. Польшова, К.М. Джаналеевой и др.

Объект и методы исследования. Исследования проводились с использованием историко-географического, сравнительно-географического, ландшафтно-географического, картографического, математического методов, системного анализа и экстраполяции [3].

Исходной базой исследования послужили: ландшафтные карты и серия отраслевых физико-географических, эколого-географических карт, топографические карты Акмолинской, Северо-Казахстанской областей масштаба 1:500 000, космоснимки, фондовые и литературные материалы, материалы полевых экспедиционных работ.

Исследование включало выполнение следующих этапов: анализ изученности исследуемой проблемы; определение методологии исследования; анализ ландшафтно-геохимических особенностей изучаемой территории в прошлом; изучение содержания и закономерностей распределения химических элементов в компонентах современных ландшафтов; анализ структуры химического элементного состава; составление ландшафтно-геохимической карты.

Геохимический состав основных компонентов геосистем формируется под воздействием множества факторов: геологическое строение, химический состав пород, четвертичных отложений, ландшафтно-геохимические условия и характер их смены на протяжении геологического развития. Кроме того следует назвать обусловленные хозяйственной деятельностью человека антропогенные факторы, которые в настоящее время играют немаловажную роль в формировании геохимического фона той или иной территории [4].

Согласно данным, приведенным в работах Волкова И.А. (1965), Н.С. Касимова (1983), Глазовской М.А. (1979), Перельмана А.И. (1999) на территории бассейна реки Есиль наблюдалась неоднократная смена ландшафтно-геохимической обстановки. Анализ этапов эволюции ландшафтно-геохимических условий изучаемой территории показал, что на протяжении ее геологического развития в связи с происходящими изменениями обстановки среды наблюдались переходы от накопления химических элементов к их миграции и, наоборот, от активного растворения и выноса к седиментации и концентрации [2]. Слагающие верхние горизонты осадочные породы, представленные алевrolитами и глинистыми сланцами, по сравнению с кларком литосферы содержат в 2...3 раза больше Cr, Cu, Ni и значительно обеднены St, Pb, Ca, Be, Mo и Sr [1]. Сформированная в конце триаса – начале юры кора выветривания каолинит-гидроslюдистого состава отличалась пониженным содержанием Fe и оснований, была значительно обеднена многими микроэлементами, в частности Mn, Co, Ni, Zn, Cu, Sc. Такие элементы, как Zr, Y, Be, Mo, Ag в кислой среде обладают низкой миграционной способностью, поэтому в этот период не выносились, а накапливались.

В верхнем олигоцене условия среды отличались гумидным климатом и пышной растительностью. Минерализованные озерные воды имели сульфатный состав. В этот период наблюдается активное огипсование и омарганцевание пород, осаждение и концентрация таких элементов, как Mn, Co, Ву, Мо и Ni. В верхнем и среднем олигоцене развивались процессы кислого и кислого глеевого выщелачивания в условиях кислой и кислой восстановительной среды, что подтверждается группой элементов Fe, Mn, Co, Zn, обладающих в этой обстановке хорошей миграционной способностью. Позднее в пределах изучаемой территории преобладали засушливые условия, уровень грунтовых вод располагался глубоко и не способствовал миграции Fe, Mn и других элементов. В связи с этим в после олигоценное время происходит накопление следующих элементов: Mn, Mo, Sr, Co, Pb, Ni [4].

Во второй половине олигоцена – начале миоцена в связи с увеличением континентальности и аридизации климата происходит смена каолинитового выветривания монтмориллонитовым. В результате в саванных степях получили широкое распространение солончатые озера, в которых происходит накопление элементов щелочной и содовой миграции – Mo, V, Cr, Cu, Be, Pb. Почвы автономных ландшафтов имели преимущественно щелочную среду и даже содовую, в них развивались процессы содового выщелачивания. В подчиненных ландшафтах накапливались Mo, Be, V и другие элементы-комплексообразователи.

В миоцене устанавливается щелочная и сильнощелочная окислительная и восстановительная среда, активно мигрируют такие элементы, как Mo, Cr, Be, Y, а также Co, Mn, Ni. В четвертичное время в условиях засушливого степного климата, а также усиления тектонической активности и связанного с ним похолодания и понижения уровня грунтовых вод, среда становится нейтральной и слабощелочной окислительной. В этих условиях слабо мигрирует большинство микроэлементов, накопление Cr, Mo отмечается только в сульфатных и карбонатных новообразованиях. Снижение интенсивности миграции химических элементов в это время обусловлено уменьшением активности процессов гипергенеза, выветривания [7].

Изучение геохимических особенностей современных геосистем бассейна реки Есиль проводилось по типам ландшафтов, которые соответствуют природным зонам. В пределах исследуемой территории выделяются следующие природные зоны: лесостепная (типичная и колочная), степная (северная, южная), сухостепная.

Результаты исследования. Ландшафты лесостепной природной зоны представлены геосистемами Н-Са класса. Здесь наблюдается накопление таких элементов, как: N, P, K, Mn, Mo, Co, I, Zn, Cu, B, F, Se. Зональные почвы – серые лесные и выщелоченные черноземы имеют слабокислую реакцию. В серых лесных почвах проявляется процесс подзолообразования, который сопровождается относительным накоплением SiO_2 в элювиальном горизонте и в обогащении иллювиального горизонта полутонкими окислами, окислами Ti, Ca, Mg и др. Природные воды относятся к гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевым и обогащены элементами Ca, K, Li, Si.

В степях преобладают ландшафты Ca и Na геохимического класса. Для почв данной зоны характерны два геохимических барьера, которые способствуют накоплению химических элементов. Первый барьер – биогеохимический, располагается в верхней части гумусового горизонта. В его пределах происходит накопление P, S, K, Ca, местами присутствуют Mg, Na, Sr, Mn, Cu, Zn, Mo, Co, As, Ag, Ba, Pb, а также другие микроэлементы [8]. В нижней части гумусового горизонта и верхней части карбонатного выделяется щелочной и термодинамический барьеры наблюдается накопление CaCO_3 , однако характерно и выщелачивание карбонатов. Черноземные почвы имеют в основном окислительную среду, что обуславливает неподвижность и инертность Fe и отсутствие оглеения. Иногда устанавливается слабо-восстановительная среда и местами прослеживается передвижение Mn. Каштановые почвы отличаются более окислительной средой, чем в черноземах, здесь Mn менее подвижен. В супераквальных ландшафтах реакция почв становится нейтральной или слабощелочной, развивается карбонатное оглеение, Fe и Mn приобретают подвижность, аккумулируются, образуя железистые и марганцевые конкреции.

Природные воды степной зоны богаты CaCO_3 . При условии формирования вод в изверженных породах, они характеризуются слабой минерализацией и нередко содержат силикаты и бикарбонаты щелочей. В условиях формирования в более мощных продуктах выветривания, воды, как правило, становятся гидрокарбонатными. По мере испарения в них повышается содержание SO_4^{2-} и они приобретают сульфатно-кальциевый состав.

В сухостепной зоне наблюдается избыток ряда макро- и микроэлементов: Mo, Sr, Ba, Se. Воды здесь гидрокарбонатно-натриевые, сульфатно-гидрокарбонатные [7]. Особенностью геохимических условий данной зоны является накопление химических элементов растениями-

концентраторами (некоторые полыни, травы и кустарники). В них накапливаются следующие элементы: Co, Cu, Ni, Mo, Pb, Sr, Zn.

В пределах изучаемого региона разведаны десятки месторождений полезных ископаемых, различные по запасам и концентрации полезных элементов в них. На прилегающих к месторождениям территориях отмечается избыток содержания соответствующих элементов, связанный с их миграцией и выносом. Нередко они образуют шлейфы и так называемые ареалы рассеяния. В местах развития геохимических барьеров наблюдается осаждение и концентрация химических элементов, тем самым образуются геохимические аномалии. Все это оказывает значительное влияние на общую геохимическую обстановку исследуемого региона.

Техногенез, обусловленный промышленным и сельскохозяйственным производством, разработкой месторождений и добычей полезных ископаемых, урбанизацией, также определяют современные геохимические условия в регионе. Продукты техногенеза, накапливаемые в природных водах, почве, растительном покрове, сказываются на общем геохимическом фоне территории. Особенно неблагоприятная ситуация складывается в подчиненных ландшафтах, к которым относятся трансэллювиально-аккумулятивные, аккумулятивно-элювиальных природные комплексы. В них происходит дополнительное поступление химических элементов в результате сноса с автоморфных ландшафтов, тем самым они испытывают многократное увеличение веществ техногенного происхождения.

Анализ картографических материалов и аналитических материалов, содержащихся в Национальном атласе РК и информационных бюллетенях, показал следующее. В почвенном покрове территории СКО по сравнению с Акмолинской областью наблюдается повышенная концентрация содержания подвижного Mo, превышающее 0,2 мг/кг. В основном эти территории охватывают северную часть СКО. На большей части территории Акмолинской области концентрация Mo не превышает 0,2 мг/кг. Повышенные концентрации содержания Cu в почвенном покрове прослеживаются вдоль правого- и левого берега р. Есиль, в ее верхнем и нижнем течении, а также выделяются отдельные ареалы с концентрацией, превышающей уровень ПДК вокруг оз. Улькен Караой, на крайнем севере СКО и юго-восточнее г. Кокшетау. Превышение содержания подвижного Co в почвах геосистем выше уровня ПДК выявлено в пределах долины р. Есиль на территории СКО, а превышение Zn зарегистрировано в пределах среднего течения бассейна реки Есиль [9]. Превышение содержания подвижного бора зарегист-

рировано в почвах геосистем на протяжении всего бассейна реки в пределах 1...2 ПДК. В 2015 году согласно данным информационных бюллетеней РГП Казгидромет были зафиксированы превышения ПДК по веществам из групп тяжелых металлов (цинк – 1,6 ПДК, медь – 5,3 ПДК, марганец – 4,2 ПДК), главных ионов (сульфаты – 1,6 ПДК), биогенных веществ (азот нитритный – 1,2 ПДК) были характерны для Акмолинской области. В пределах СКО превышение ПДК также были зафиксированы по показателям из группы тяжелых металлов (медь – 3,5 ПДК), главных ионов (сульфаты – 1,1 ПДК), биогенных веществ (железо общее – 1,6 ПДК) [6].

С целью изучения современной ландшафтной структуры и геохимической обстановки рассматриваемого региона проведены полевые исследования в летний период 2015...2016 гг. Полевые экспедиционные работы выполнялись на ключевых участках, определение которых проводилось с учетом их расположения в типичных геосистемах. Такое расположение ключевых участков позволило, основываясь на принципе экстраполяции, полученные результаты полевых исследований распространить на значительную территорию изучаемого региона. Всего было определено 14 ключевых участков (рис. 1). Полевые ландшафтные исследования проводили по общепринятым методикам ландшафтно-геохимических исследований. Были отобраны и проанализированы 14 проб природных вод и образцов почв.

Для анализа почв были определены следующие химические элементы: медь, марганец, свинец. Проведенный химический анализ почв по ключевым участкам исследуемого региона показал количественное превышение меди и свинца относительно их среднего содержания (табл. 1).

Отбор и анализ природных вод проводился в пределах бассейна р. Есиль по следующим показателям: сульфаты, хлориды, фосфаты, медь, цинк, свинец, марганец, молибден, никель, железо общее, азот нитритный, аммоний солевой. В табл. 2 представлены показатели, по содержанию которых выявлены превышения уровня ПДК.

Анализ данных содержания химических элементов в поверхностных водах (р. Есиль) в трех пунктах отбора проб показал превышение концентраций ПДК меди, железа общего, цинка, молибдена, марганца, никеля, сульфатов, азота нитритного, аммония солевого. Наибольшая кратность превышения ПДК наблюдается по аммоний солевому, азоту нитритному, марганцу, молибдену. Сравнительный анализ выявил, что содержание железа общего в водах р. Есиль в пределах СКО и Акмолинской области имеет количественные различия. В СКО содержание железа общего в воде р. Есиль по сравне-

нию Акмолинской областью превышает аналогичный показатель практически в 5 раз. По всем остальным анализируемым элементам кратность превышения ПДК в воде р. Есиль в пределах Акмолинской области выше, чем в СКО. На основе полученных результатов и территориального анализа содержания химических элементов в компонентах геосистем составлена карта-схема (рис. 2).

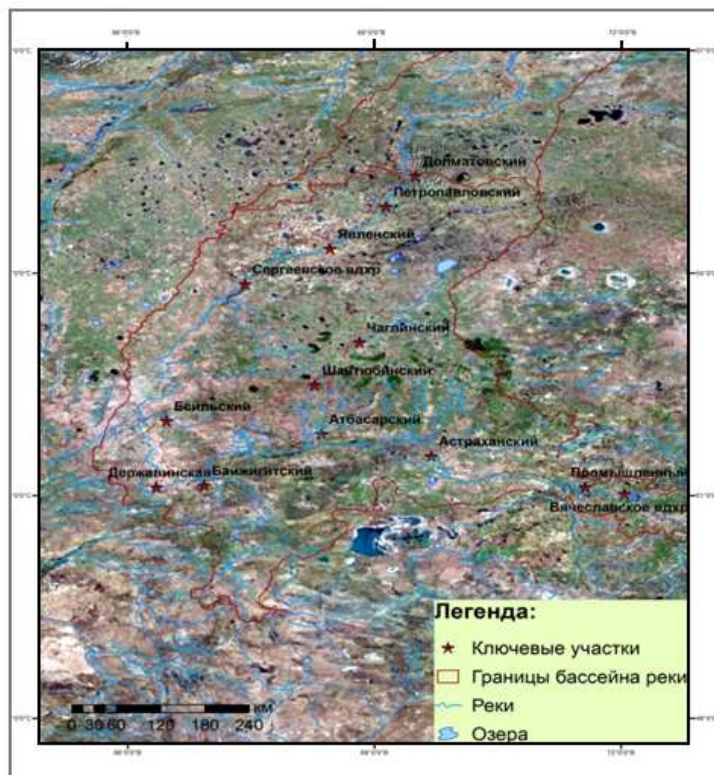


Рис. 1. Карта-схема ключевых участков бассейна реки Есиль.

Таблица 1

Содержание микроэлементов элементов в почве

Элемент	Среднее содержание МЭ в почвах*, мг/кг	СКО, мг/кг	% к среднему содержанию	Акмолинская область, мг/кг	% к среднему содержанию
Медь	20	42	210	22	110
Марганец	8500	775	9	122	1,4
Свинец	10	11,5	115	37	370

Примечание: * среднее содержание МЭ в почвах дано по А.П. Виноградову [1].

Таблица 2

Содержание элементов и веществ в р. Есиль, превышающих ПДК,
мг/дм³(2015 г.)

Ингредиент	Средняя концентрация	Кратность превышения ПДК
<i>р. Есиль (СКО)</i>		
Сульфаты	86,8	0,8
Железо общее	0,16	1,6
Медь	0,0027	2,7
Цинк	0,013	1,3
<i>р. Есиль (Акмолинская область)</i>		
Сульфаты	225,0	2,3
Медь	0,0039	3,9
Молибден	0,009	7,7
Марганец	0,048	4,8
<i>Вдхр. Астанинское (Акмолинская область)</i>		
Железо общее	0,035	0,3
Цинк	0,035	3,5
Молибден	0,002	1,7
Медь	0,004	4,0
Азот нитритный	0,22	11,0
Аммоний солевой	8,35	16,7

Геохимический фон изучаемой территории имеет пространственную неоднородность. На основе ландшафтно-геохимического анализа нами выделены зоны высокого, повышенного и относительно нормального геохимического фона. К зонам высокого геохимического фона относятся ядра современного техногенеза – г. Астана, Петропавловск, Кокшетау, районы размещения месторождений полезных ископаемых, а также долина р. Есиль, геосистемы которой являются подчиненными по отношению к автономными ландшафтам Есиль-Ертыского и Есиль-Тобольского междуречий, где наблюдается привнес химических элементов с соседних природных комплексов. Зонами повышенного геохимического фона определены поверхностные воды (озера), подчиненные в ряду местоположений местных ландшафтно-геохимических систем, а также выделяемые в пределах исследуемого региона естественные геохимические аномалии, характеризующиеся избыточным или недостаточным содержанием химических элементов в компонентах геосистем, обусловленные особенностями геологического развития и строения, составом слагающих пород, формированием геохимических барьеров. Междуречья с содержанием химических элементов в пределах нормы отнесены к территориям с относительно нормальным геохимическим фоном.

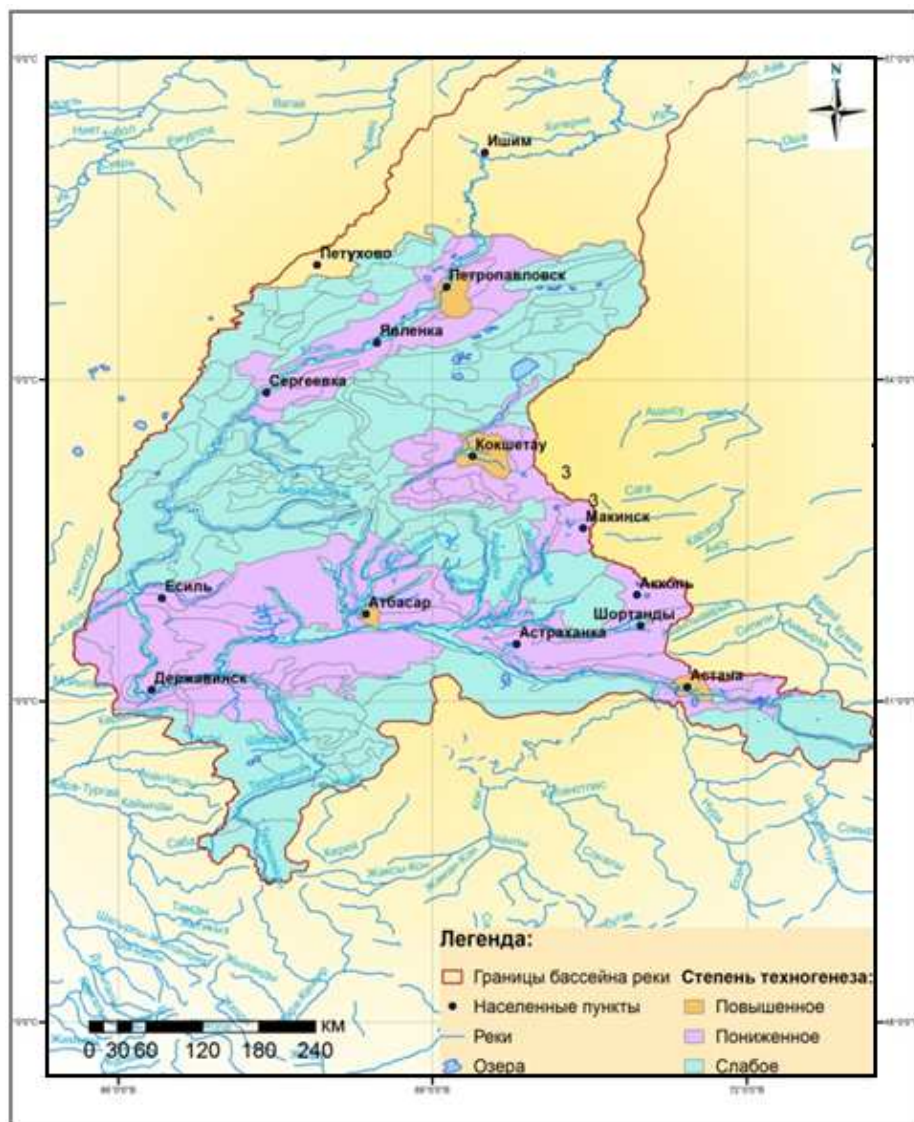


Рис. 2. Карта-схема техногенного воздействия на геосистемы бассейна реки Есиль.

Заключение. Распределение химических элементов в компонентах современных геосистем обусловлено не только геохимическими условиями прошлого, но и определяются геохимическими процессами и факторами, наблюдаемыми в настоящее время.

На территории бассейна реки Есиль выделяются 3 ландшафтно-геохимические зоны: высокого, повышенного и относительно нормального геохимического фона.

Высокое содержание в поверхностных водах, почве основных макро- и микроэлементов может служить риском развития ряда заболеваний у местного населения.

Изучение химического состава природных компонентов геосистем имеет важное практическое значение в разведке месторождений полезных ископаемых, в решении проблемы загрязнения окружающей среды, профилактике геохимически обусловленных заболеваний.

Геохимические условия и особенности геохимической обстановки территории бассейна реки Есиль требуют дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – №7. – С. 555-571.
2. Волков И.В. Ишимская степь (рельеф и покровные лессовидные отложения). – Новосибирск, 1965. – 77 с.
3. Гельдыева Г.В., Веселова Л.К. Ландшафты Казахстана. – Алма-Ата: Гылым, 1992. – 176 с.
4. Глазовская М.А. Методология и методика почвенных и ландшафтно-геохимических исследований. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 192 с.
5. Джаналеева К.М. Антропогенное ландшафтоведение. Уч. пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2001. – 164 с.
6. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2015 г. / Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан. – Астана, 2016. – 355 с.
7. Касимов Н.С. Геохимия степных и пустынных ландшафтов. – М.: МГУ, 1988. – 254 с.
8. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М.: Астрель, 2000. – 1999. – 768 с.
9. Национальный атлас Республики Казахстан. 3 том. – Алматы: 2006. – 123 с.

Поступила 24.07.2017

Геогр. ғылымд. докторы	Г.М. Джаналеева
	А.А. Жангужин
	Г.З.Мажитова
PhD	Ж.Г. Берденов
Геогр. ғылымд. канд.	Н.Б. Казангапова

ЕСІЛ ӨЗЕНІ АЛАБЫ ГЕОЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ГЕОХИМИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Түйінді сөздер: геожүйе, геохимия, алап, өзен, химикалық элементтер, техногенез

Мақалада Есіл өзені алабы геожүйелерінің геохимикалық жағдайының ерекшеліктері қарастырылады. Авторлар өзен алабы геожүйелерінің негізгі компоненттерінің қазіргі және өткен геохимикалық құрылымын зерттейді. Адамның шаруашылық әрекеті нәтижесінде табиғи ортаның барлық компоненттерінде соның ішінде әсіресе топырақ жамылғысында әртүрлі ауытқулар пайда болады. Шаруашылық әрекеттің жағымсыз салдары геожүйелердің жағдайына кері әсерлерің тигізуде.

Dzhanaleeva G.M., Zhanguzhin A.A., Mazhitova G.Z., Berdenov Zh.G.,
Kazangapova N.B.

FEATURES OF GEOCHEMICAL CONDITIONS OF GEOSYSTEMS OF THE ESIL RIVER BASIN

Keywords: geosystem, geochemistry, pool, river, chemical elements, technogenesis

The article describes features of geochemical conditions of geosystems of the river Yesil basin. The authors study the modern and past chemical composition of the main components of the geosystems of the river basin. As a result of human economic activity, changes occur in all components of the natural environment, especially in the soil cover. The unfavorable consequences of anthropogenic impact have a negative impact on the state of the geosystems in the river Yesil basin.

УДК 551.510.42

Канд. геогр. наук Э.А. Турсунов¹
 А.Е. Кайырбай²
 Б. Мадибеков²

**АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАБОТ ПО
ИСКУССТВЕННОМУ УПРАВЛЕНИЮ РУСЛОВЫМИ
ПРОЦЕССАМИ НА Р. КАРАТАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ СУДОХОДСТВА**

Ключевые слова: бассейн реки, геосистема, природные факторы, геосистемная структура, антропогенная деятельность

В статье приводится описание естественных русловых процессов, протекающих в нижнем течении р. Каратал и ее дельте после 1993 года. Показаны инженерные мероприятия по улучшению экологической ситуации и перспективы восстановления судоходства с точки зрения управления русловыми процессами.

Река Каратал, это вторая после р. Или (Иле) по величине водности река рассматриваемой территории. Она берет начало с северо-западных склонов Жетысу (Джунгарского) Алатау, где образуется от слияния рек Кара, Чижа и Текели. Выйдя из гор, в Каратальской долине она принимает еще один многоводный приток – р. Коксу. Далее река пересекает песчаные массивы Южного Прибалхашья и за 40 км до впадения в оз. Балхаш (Балкаш) образует дельту, поросшую тростником. Русло реки от истоков к устью постепенно расширяется от 10...20 до 50...100 м. Скорость течения в горах составляет около 2 м/с, на равнине она в два раза уменьшается. Длина реки 372 км, площадь бассейна 14,2 тыс. км². Среднегодовой расход реки у г. Уштобе составляет 68,4 м³/с, максимумом до 120,4 м³/с, реже до 280 м³/с. Минерализация воды в реке не превышает 0,2 г/дм³ и только в низовьях после спада половодья увеличивается до 0,7 г/дм³. По составу воды гидрокарбонатные кальциевые, переходящие иногда в среднем и нижнем течении в сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые. Практически на всей территории Балхашского бассейна р. Каратал питает подземные воды, и только при выходе из Талдыкорган-

¹ Казахстанское агентство прикладной экологии, г. Алматы, Казахстан;

² ТОО «Дарын и К», г. Алматы, Казахстан

ской впадины наблюдается незначительное выклинивание подземных вод в русло [3]. Ниже г. Талдыкургана, на р. Каратал после впадения в нее р. Коксу в 1940 году был построен вододелитель с пропускной способностью 800 млн. м³ с целью подачи воды по Уштобинскому и Кушукторпинскому магистральным каналам. В 2016 г. по этим каналам на полив массивов орошения поступило 1,1 км³ воды.

Вплоть до 1993 г. р. Каратал являлась транспортной артерией, судоходство осуществлялось с помощью самоходных барж с малой осадкой с целью снабжения поселков отгонного животноводства. Соответственно производились ежегодные работы по механической очистке русла реки от заторов образующихся от поваленных в результате размыва берегов в период весеннего половодья деревьев, проводились дноуглубительные, и другие виды работ по содержанию судового фарватера.

После прекращения судоходства, работы по механической очистке русла прекратились. Соответственно прекратилось и регулирование русловых процессов в реке, которая теперь стала развиваться в естественном состоянии. В течении более 20 лет происходили процессы меандрирования русла, образования в нем заторов, происходило обширное затопление прилегающих территорий, что, в свою очередь, привело к образованию вдоль реки непригодных участков с засоленной почвой. Существенно увеличилась и дельта р. Каратал. Многоводные годы последних лет, образование в русле реки заторов, интенсивное отложение переносимых рекой за счет высокой транспортирующей способности наносов, привело к тому, что к 2014 г. процесс дельтообразования достиг своего максимума. Вместе с этим практически полностью прекратился сосредоточенный сток воды в оз. Балхаш, как по Караталу, так и по протоке Майозек. Результатом таких естественных природных русловых процессов стало значительное увеличение потери воды как по длине р. Каратал, так и в ее дельте. За счет образования участков со стоячей водой, в дельте стали происходить процессы накопления донных отложений, сапропеля, уменьшения содержания кислорода в воде и, как следствие гибель рыбы. Свою долю в ухудшении экологической ситуации и потерь воды создала заброшенная оросительная сеть, где в течение более 30 лет происходили аналогичные процессы заиления, образования заторов, подтопления берегов.

В современный период создалась ситуация, при которой неуправляемые русловые процессы стали угрожать социальной и транспортной инфраструктурам Каратальского района. Происходило подтопления при-

брежных населенных пунктов и размыв автомобильных дорог. Все это обострилось в связи с многоводьем, наблюдаемым в последние годы. Акимат Алматинской области с целью устранения угроз от возникающих опасных гидрологических явлений создал в 2014 г. Государственное коммунальное казенное предприятие механико-мелиоративный отряд (ГККП ММО) «Каратал», которое путем устранения наиболее явных угроз снизило катастрофическую ситуацию до угрожающей.

Образованный ММО «Каратал» начал работу с выполнения экстренных мероприятий, которые за достаточно короткий срок (три года) сняли экологическую напряженность с катастрофической, связанной с возникновением чрезвычайных ситуаций, до просто напряженной. Работа ММО «Каратал» ведется по следующим направлениям:

- во первых, устранение чрезвычайных ситуаций, связанных с размывом автодорожного полотна, затопления населенных пунктов, и другими опасными гидрологическими явлениями, которые в случае отсутствия таких превентивных работ, привели бы к значительному ущербу для природной среды данного региона, экономический ущерб от которых исчислялся бы несколькими миллиардами тенге. В настоящее время отряд выполняет работы по спрямлению и механизированной очистке русла реки и креплению откосов каменной наброской на 13 км трассы Талдыкорган – Уштобе, а также производит крепление левобережного откоса каменной наброской на 130 км трассы Уштобе – Копберлик;

-во вторых, улучшение общей экологической ситуации Каратальского района и оз. Балхаш, путем обеспечения сосредоточенного стока воды в озеро. В связи с тем, что из-за интенсивных процессов заиления в дельте происходящих в последние 30 лет, ММО «Каратал» вынужден фактически заново прорыть каналы обеспечивающие сосредоточенный поток воды. В частности, согласно проекту «Механизированная очистка русла реки Каратал Каратальского района Алматинской области» в 2015 году, с целью устранить угрозу затопления пастбищ и с. Кокберлик, было расширено обводное русло, произведена механическая очистка и расширение старого русла р. Каратал. Проведена срезка густого камыша, способствовавшего образованию застойных областей, где происходило интенсивное отложение речных наносов, отмирание микроорганизмов, и как следствие, увеличение токсикологического отравления воды с уменьшением в ней содержания растворенного кислорода. Это приводило к гибели рыбы, являющейся высшим представителем экологического сообщества данной аквальной экосистемы.

Прорытый канал имеет следующие морфологические характеристики: средняя глубина – 2,75 м, ширина – 35,8 м, что при уклоне водной поверхности 3 ‰ обеспечивает расход воды 67,5 м³/с, т.е. в пределах инструментальной точности измерения соответствует среднемуголетнему расходу воды р. Каратал у г. Уштобе равный 68,4 м³/с;

- в третьих, ММО «Каратал» взял на себя функции, которые до развала Советского Союза, т.е. до 1991 г. выполняли специализированные ПМК, основным видом деятельности которых являлось содержание в рабочем состоянии оросительной сети Каратальского района. До 1991 г. производилось строительство магистрального оросительного канала от русла р. Каратал до п. Байчигир. Согласно первоначальному проекту данный канал должен был начинаться в русле р. Каратал, доходить до п. Кокберлик с последующим сбросом неиспользованной воды в озеро. Данный канал был фактически заново прорыт до его проектных значений, обеспечив поступление воды в озеро.

Наиболее радикальным способом улучшения экологической ситуации в бассейне р. Каратал, авторы считают регулирование и управление русловыми процессами в реки. Для этого необходимо восстановление на ней судоходства. В этом случае расчистка и спрямление русла реки, поддержание фарватера в рабочем состоянии, а следовательно сосредоточенного потока воды будет осуществляться в рамках обеспечения судоходства. Необходимо провести проектно-изыскательские работы для строительства водохранилища сезонного регулирования, после слияния рек Каратал и Коксу, но выше г. Уштобе. Водоохранилище позволит перехватывать пик весеннего половодья и дождевых паводков в другие периоды года, и накапливать воду с целью обеспечения необходимого для судоходства уровня воды в р. Каратал в период межени. Попутно данное водохранилище решит проблему с ликвидацией угроз от опасных гидрологических явлений. Обычно водохранилище сезонного регулирования имеет объем до 20 % от годового стока, т.е., в случае с р. Каратал речь идет о водохранилище емкостью около 500 млн. м³ или каскаде водохранилищ с аналогичным суммарным объемом. Как вариант, необходимо рассмотреть реконструкцию существующего вододелиителя на р. Каратал.

Опыт судоходства на малых реках показывает одну интересную особенность, заключающуюся в том, что передвигающиеся по этим рекам самоходные суда сами поддерживают фарватер в рабочем состоянии. При движении судна по мелководной реке происходит сдавливание потока во-

ды между днищем судна и дном реки. Это приводит к увеличению скорости потока, и, как следствие, увеличению его транспортирующей способности. Кроме того, судно, оборудованное винтовым двигателем, создает зону местной повышенной турбулентности, что приводит к взвешиванию твердых частиц, с большими значениями гидравлической крупности. Таким образом, даже те частицы грунта, которые в естественном состоянии, при существующих гидродинамических характеристик потока воды, находились бы в состоянии покоя начинают скачкообразно передвигаться вниз по реке. В этом помогает и спутная волна образующаяся за судном. За счет судоходства малая река очищается от наносов, и ее русловые процессы происходят в регулируемой форме.

Экономическая эффективность от грузового судоходства на р. Каратал является бесспорной, так как речной и морской транспорт по затратам на доставку единицы груза считается самым дешевым видом транспорта. Рабочая эффективность от речного судоходства, так же не вызывает сомнений. Например, на рис. 1 представлен вид небольшой грузовой самоходной баржи, расположенной на грузовой палубе Российского научно исследовательского судна «Академик Федоров» с учетом ширины палубы 23 м, можно судить о ее незначительных габаритах.

На рис. 2 данная самоходная баржа осуществляет перевозку грузов от стоящего на рейде судна «Академик Федоров» до станции «Прогресс» на континенте Антарктида. Стоянка судна около станции «Прогресс» длилась в течении 10 суток, из которых из-за непогоды и угрозы ледового плена, НИС «Академик Федоров» более суток штормовал в открытом море. В результате, всего за 8 суток работы данной самоходной баржи, на станцию «Прогресс» были перевезены материалы для строительства двухэтажного научно-исследовательского комплекса (металлоконструкции, арматура, цемент и др.), небольшие экскаваторы, бульдозеры и погрузчики японского производства, ГСМ, продовольствие и многое другое необходимое для проживания зимовщиков, строительства и функционирования научных исследований на станции в течении года.

При незначительных размерах, порядка 20 м длины, 4 м ширины и осадки в 1 м, судно имеет водоизмещение 80 т. С учетом веса самого судна в балласте около 20 т, получаем способность баржи транспортировать груз в 60 т, что соразмерно с железнодорожным вагоном.

На малых реках Российской Федерации, так же как и в других странах дальнего зарубежья широко развит пассажирский речной транспорт. Напри-

мер, есть целый ряд судов, с вместимостью до 100 человек и с осадкой, не превышающей 1 м, что вполне применимо и для пассажирского судоходства на р. Каратал. Многие из них способны высаживать людей на необорудованный берег. В некоторых областях, такой транспорт является единственным. Наличие такого транспорта существенно увеличит уровень жизни населения проживающего в поселках расположенных на берегах реки.



Рис. 1. Миниатюрная самоходная баржа.



Рис. 2. Перевозка грузов самоходной баржой для снабжения антарктической полярной станции «Прогресс».

Образуются соответственная инфраструктура, появятся новые рабочие места, станет возможным достаточно быстро и с комфортом достигать г. Уштобе и областного центра г. Талдыкурган. Кроме того, от места впадения р. Каратал в оз. Балхаш до расположенного на северном берегу относительно крупного населенного пункта Каракум, по акватории озера всего 18 км или около 1 часа хода. В настоящее время от п. Каракум, до п. Кокберлик курсирует старый рыболовецкий ботик, осуществляя функции водного маршрутного такси.

Особо следует отметить финансово привлекательный вид туристической деятельности, осуществляющий речные и озерные круизы. Специ-

ально оборудованное под туристическую деятельность прогулочное судно с маршрутом по р. Каратал, выходом в оз. Балхаш и стоянкой у привлекательных пляжей. Доставка водным путем туристов в зоны отдыха, расположенные на Лепсинском плесе, на взгляд авторов, быстро окупит затраты. До начала и после окончания купального сезона данное судно может обслуживать людей увлекающихся спортивной рыбалкой и даже охотой.

Аналогичное прогулочное судно и туристический маршрут уже сейчас можно организовать и на р. Иле от урочища Тамгалытас, до головного сооружения Тасмурунского канала, составляющим протяженность около 150 км. Русло реки здесь после некоторых незначительных работ уже сейчас вполне пригодно для судоходства.

Выводы. Необходимы мероприятия по поддержанию дельт рек впадающих в оз. Балхаш в русловой стадии развития, что обеспечит наименьшие потери воды в дельтах и возможность ее использования. Таким образом, произойдет и регулирование площади дельт, что позволит плановое развитие выгодной хозяйственной деятельности в дельтах на постоянной основе без риска затопления или наоборот, осушения.

В руслах рек, впадающих в оз. Балхаш, особенно Или и Каратал необходимо поддерживать условия для создания сосредоточенного потока воды, что позволит управлять русловыми процессами в реках, направляя их в нужную сторону. Идеальным вариантом для такого управления русловыми процессами является восстановление на них судоходства. Примером опять же могут служить страны Западной Европы, где, несмотря на густую сеть автомобильных дорог 100...300 км / 100 км², что в 2...3 раза выше чем в США за последние 40 лет грузооборот за счет речного судоходства вырос с 2,8 до 9,0 тыс. т/км, а пассажирооборот с 1,0 до 3,2 тыс. пассажиров км. Можно отметить динамизм развития перевозок – объем работы вырос в 7 раз и продолжает расти. В Бельгии 25 % всех грузов перевозится по внутренним водным путям, а по железной дороге только 15 %. При этом в транспортной инфраструктуре Бельгии задействовано около 5 % всех занятых в экономике страны, больше чем в сельском хозяйстве [2]. В Казахстане, где густота автодорожной сети составляет от 1,33...7,15 км/100 км², развитие речного судоходства выглядит как весьма привлекательное и перспективное направление [1].

Означенные мероприятия должны существенно улучшить экологическую привлекательность региона, создать территории с культурным, агропромышленным ландшафтом, поднять уровень жизни проживающего населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электрон. ресурс] – URL: www.localtransport.ru (дата обращения: 12.01.2017)
2. Европейский речной транспорт [Электрон. ресурс] – URL: <http://www.nationalsecurity.ru/maps/euoperivertransport.htm> (дата обращения: 12.01.2017).
3. Механизованная очистка русла р. Каратал, Каратальского района Алматинской области / Технический отчет ТОО «Институт Талдыкорганводпроект. – 2014.

Поступила 19.06.2017

Геогр. ғылымд. канд. Э.А. Турсунов
 А.Е. Қайырбай
 Б. Мадібеков

ҚАРАТАЛ ӨЗЕНІНДЕ АРНАЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРМЕН ЖАСАНДЫ РЕТТЕУ АРҚЫЛЫ ИНЖЕНЕРЛІК ЖҰМЫСТАРДЫ ЖҰРГІЗУДІҢ ӨЗЕКТІЛІГІ ЖӘНЕ КЕМЕ ЖҰРУДІ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ БОЛАШАҒЫ

Түйінді сөздер: өзен алабы, геожүйе, табиғи факторлар, геожүйелік құрылым, антропогенді әрекет

Мақалада 1993 жылдан кейінгі мерзімде Қаратал өзенінің төменгі ағысында және оның атырауында болатын табиғи арналық процесстерге сипаттама келтіріледі. Экологиялық ахуалын жақсартуға бағытталған инженерлік іс-шаралар және арналық процесстерді реттеу тұрғысынан кеме жүруді қалпына келтірудің болашағы көрсетілген.

Tursunov JA.A., Kaiiyrbai A.E., Madibekov B.

ACTUALITY OF CONDUCTING ENGINEERING WORKS ON ARTIFICIAL MANAGEMENT OF RUSSIAN PROCESSES ON R. KARATAL AND PROSPECTS FOR RECONSTRUCTION OF SHIPPING PAGE

Keywords: river basin, geosystem, natural factors, geosystem structure, anthropogenic activity

The article describes the natural channel processes occurring in the lower reaches of the river Karatal and its delta after 1993. Showing engineering measures to improve the environmental situation and prospects for the restoration of shipping from the point of view of managing the channel processes.



1 марта 2017 года, в Тегеране (Иран) член редколлегии нашего журнала академик Академии Водохозяйственных Наук Российской Федерации (РАВН), доктор технических наук, профессор Малик Жолдасович Бурлибаев был награжден золотой медалью «ЕСО Award 2017».

Инициатором этой награды является «Организация экономического сотрудничества и развития» (ОЭСР). Ежегодно присуждаются золотые медали и денежные премии по пяти номинациям. Например, за достижения успехов: в области преподавания в школах; за достижения успехов в области филологии, в области науки (сельского хозяйства и охраны окружающей среды) и т.д.

Кандидатура Малика Жолдасовича была выдвинута зарубежными коллегами в номинации: «за выдающийся вклад в науку в области охраны окружающей среды (охрана водных ресурсов)». Вручил медаль премьер-министр Пакистана Наваз Шариф на 13-ом Саммите глав государств стран «Организации экономического сотрудничества и развития».

Редколлегия журнала, коллеги и друзья искренне поздравляем Малика Жолдасовича с заслуженной наградой. Мы знаем и ценим его огромный вклад и энергию в дело охраны водных ресурсов Казахстана. Желаем Малику Жолдасовичу крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов и новых побед!

Редакция журнала, коллеги и друзья.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ СТАТЬИ

В комплект рукописи, присылаемой автором, должны входить: текст статьи, не превышающий 12...14 страниц, включая таблицы, рисунки и список литературы, аннотация на русском языке. Эта же аннотация, название статьи и Ф.И.О. авторов дается на казахском и английском языках. **Аннотация должна быть:** информативной (не содержать общих слов); оригинальной (для английского варианта не быть калькой русскоязычной аннотации с дословным переводом, написана качественным английским языком); содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований); структурированной (следовать логике описания результатов в статье); компактной (укладываться в объем от 100 до 250 слов). Сведения о месте работы и занимаемой должности автора, его ученая степень и ученое звание.

Перед заголовком статьи следует указать расширенный индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК), а так же ключевые слова, в количестве 10...12 штук. Помимо машинописного варианта статьи обязательно предоставляется электронный. Для иногородних достаточно электронного варианта.

Оформление рукописи:

Весь текст рукописи, включая таблицы, отпечатывается на ПК на одной стороне листа плотной бумаги, формата А4, белого цвета. Интервал – множитель – 1,2. Параметры поля страницы: верхнее 20 мм, нижнее 75 мм, левое 70 мм, правое 15 мм. Абзац начинается с отступа – 12,5 мм, режим набора Microsoft Word, шрифт Times New Roman (стиль обычный), размер шрифта 11. Заголовок статьи из прописных букв, без переноса, шрифт полужирный. Аннотация помещается перед основным текстом статьи, после заголовка и списка авторов (представленного в столбик с указанием ученой степени), набирается курсивом, отступы по 5 мм слева и справа.

См. примеры

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Гидрометеорология и экология

№ 3 2011

УДК 628.394(547.42+547.25)

Доктор геогр. наук А.Ж. Жуматаев¹

Канд. физ.-мат. наук А.Т. Иванов²

ОЦЕНКА ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА ПЕСКА В ДОЛИНЕ СЕНЕК

Ключевые слова: дисперсный состав, ветровой перенос, масса песка, расход, результирующий вектор, модель, долина сенек

Исследован дисперсный состав подвижных песков Туйесу и в долине Сенек. Выполнены расчеты ветрового переноса масс песка по модели КазНИГМИ. Получена роза векторов средних многолетних годовых расходов песка в долине и определен результирующий вектор, имеющий азимут 287° и модуль 773 т/(км·год).

Интенсивное освоение нефтяных и других полезных ископаемых на полуострове Мангышлак привело к значительному росту воздействия людей....

¹ КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан;

² Институт географии, г. Алматы, Казахстан

Рисунки готовятся с соблюдением ГОСТа и вставляются в текст как рисунки. Графики, диаграммы, гистограммы – в режиме Microsoft Excel, и вставляются в текст как объект Microsoft Excel. Подпись рисунка помещается под ним и набирается курсивом (см. пример). Целые цифры от дробной части числа отделяются не точкой, а запятой. Расшифровка обозначений в строку после подписи. На поле рисунка надписи не допускаются, кроме индексов или цифр обозначений. Размер цифр и букв на рисунке такой же, как и в тексте, индексов – не меньше 1,5 мм.

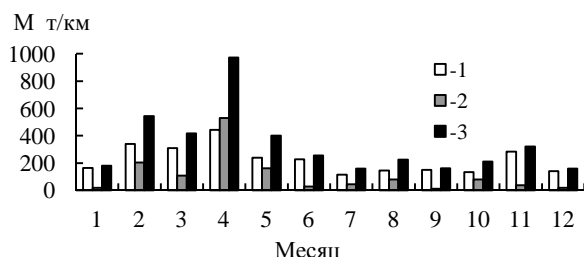


Рис. 3. Средний многолетний годовой ход объемов ветрового переноса песка.
1 – песчаный поземок, 2 – песчаная буря, 3 – оба явления.

Таблицы оформляются без дополнительной разграфки поля таблицы, разграфляется только «шапка» и внешний контур таблицы. Номер таблицы и смысловое название – над таблицей, примечание – под ней (с соблюдением ГОСТа) (см. пример).

Таблица 3

Основные статистические характеристики объемов переноса песка на М Сенек

Атмосферные явления	\bar{M} , т/(км·год)	σ , т/(км·год)	C_v
Бури	1321	605	0,46
Поземки	2687	786	0,29
Оба явления	4007	1118	0,28

Примечание: Все показатели нормированы.

Единицы физических величин приводятся в Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81), либо параллельно дается перевод приведенных единиц в систему СИ.

Названия организаций, учреждений, географические названия и т.п. даются в последней официальной редакции. К историческим названиям в скобках приводятся современные.

Математические, химические обозначения и формулы набирать в режиме редактора формул (Microsoft Equation). В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные ГОСТом. Номера формул указываются у правого края страницы в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы также дают в круглых скобках. В тексте обязательно приводится расшифровка всех параметров в строку (см. пример).

$$f(x) = \frac{0,434}{\sigma_{lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{lg x}^2} \right], \quad (1)$$

где x – размер песчинок; x_0 – их средний геометрический размер; $\sigma_{lg x}$ – среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц.

Список литературы оформляются в соответствии с ГОСТ 7.5-98. В качестве примера приводятся наиболее распространенных описания – статьи, книги, материалы конференций, патенты и электронные ресурсы удаленного доступа.

Статья из периодического издания:

Аксартов Р.М., Айзиков М.И., Расулова С.А. Метод количественного определения леукомизина // Вестн. КазНУ. Сер. хим – 2003. – Т. 1. № 8. – С. 40-41

Книга:

Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гипополипидемическая активность леуомизина. – Алматы: Бастау, 2007. – С. 35-37

Публикация из материалов конференций (семинара, симпозиума), сборников трудов:

Абимкульдина С.Т., Сыдыкова Г.Е., Оразбаева Л.А. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. междунар. конф., Вена, Австрия, 2009. – Алматы, 2010. – С. 10-13

Электронный ресурс:

Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс]. – 2006. – URL: http://bookchamber.kz/stst_2006.htm (дата обращения: 12.03.2009).

При оформлении пристатейной литературы приводить полный перечень авторов издания (без др.).

Ссылки на литературу приводятся в квадратных скобках – [].

Все сокращения выполняются в соответствии с ГОСТом и словарем сокращений.

На отдельном листе в редакцию высылаются сведения об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества (полностью), домашнего и служебного адресов и телефонов, адреса электронной почты, точного названия учреждения, в котором была выполнена работа, ученой степени автора.

Статьи, выполненные коллективом авторов, должны быть подписаны всеми авторами.

Редакция сохраняет за собой право отклонять рукописи и делать необходимые редакционные исправления, дополнения и сокращения в принятых рукописях. Статья может быть возвращена автору на доработку. В отдельных случаях по просьбе редакции предоставляются рецензии на статью.

С импакт-фактором журнала можно ознакомиться на сайте auka.kz – Национальные ресурсы НТИ – Казахстанская база цитирования (АО НЦ НТИ).

РУКОПИСИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ, К ПУБЛИКАЦИИ НЕ ПРИНИМАЮТСЯ И АВТОРАМ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ.

«ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ» ЖУРНАЛЫНЫҢ РЕДАКЦИЯСЫНА ӨТКІЗІЛЕТІН ҚОЛЖАЗБАЛАРҒА ҚОЙЫЛАТЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАР

Автормен жіберілген қолжазба жинағына кіреді: кестелер, суреттер және әдебиет тізімін қоса есептегенде 12...14 беттен аспайтын мақаланың негізгі мәтіні, 10 қатардан аспайтын мақаланың нәтижесі мен мазмұны жөнінде толық түсініктеме. Осы түсініктеме, мақаланың аталуы мен автордың А.Ж.Т. қазақ тілінде де беріледі. Мақаланың аталуы мен автордың А.Ж.Т. ағылшын тілінде де беріледі.

(ГОСТ-қа 7.1-84 сәйкес) әдебиет тізімі алфавит тәртібімен авторлар алдымен орыс, ізінше шетел тілінде беріледі. Әдебиетке сілтеу квадрат жақшада көрсетіледі – []. Суреттер бір мақалада үштен аспау керек. Мақаланың атының алдында Толық ондық жіктеу (ТОЖ) бойынша кеңейтілген индексін келтіру керек. Мақаланың машинкаға басылған нұсқасынан басқа оның дискетада, CD немесе флэшкада жазылған көшірмесі өткізіледі.

Қолжазбаны көркемдеу:

Қолжазбаның бар мәтіні, таблицалармен қоса ПК-де ақ түсті қалың қағаздың бір бетінде, А4 форматта басылады. Аралық – көбейткіш – 1,2. **Беттер алаңының параметрлері:** жоғарғы 20 мм, төменгі 75 мм, сол 70 мм, оң 15 мм. Азат жол 12,5 мм басталады, теру шарты Microsoft Word, Times New Roman шрифті (қалыпты стилі), шрифт өлшемі 11. Мақала атауы бас әріптермен, бөлусіз, жартылай майлы шрифтпен жазылады. Түсініктеме мақаланың негізгі мәтінінен бұрын аталудан, авторлар тізімінен (бағанада ғылыми дәрежесімен көрсетіледі) кейін орналасады, курсивпен басылады, сол және оң жағынан 5 мм шегінеді.

Мысалды қараңыз

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Гидрометеорология и экология

№ 1 2010

ӨОЖ 577.4:66.046.44.59

Техн. ғылымд. канд. А.Ж. Жуматаев

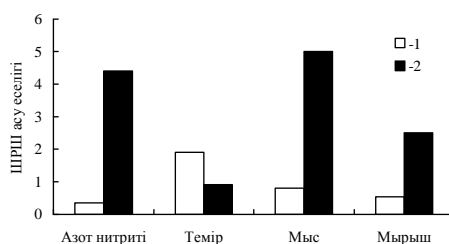
КЕН БАЙЫТУ ҚАЛДЫҚТАРЫН САҚТАУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ЛАСТАУЫН БАҒАЛАУ

Түйін сөздер: мұнай, мұнай өнімдерінің топырақтағы концентрациясы, ластанған грунттар, топырақ пен грунттың ластану дәрежесі, ШЖК-дан асуп түсуі

Бұл мақалада Шығыс Қазақстан облысы «Казцинк» АҚ Зыряновск тау-кен байыту кешенінің қоршаған ортаға әсерін бағалау мақсатында қалдық сақтау қоймасы орналасқан ауданның экологиялық карта-схемасын жасау үшін қолданылған есептеу мәліметтері мен әдістері келтірілген....

Суреттер Paint (Painbrush) режимінде ГОСТ-қа сәйкес дайындалып, мәтінге сурет ретінде қойылады. Графиктер, диаграммалар, гистограммалар – Microsoft Excel режимінде және мәтінге Microsoft Excel объектісі ретінде қойылады. Суреттің жазбасы оның астына қойылып, курсивпен басылады (мысалды қараңыз). Толық сандар бөлшек бөлімнен **нүктемен емес қайырмамен бөлінеді**. Белгілеулерге түсініктеме аталудан кейін сол қатарға жазылады. Сурет

алаңына индекстер мен белгілеу сандарынан басқа жазулар рұқсат етілмейді. Суреттегі сандар мен әріптердің өлшемі мәтіндегімен бірдей, ал индекстер 1,5 мм кем болмау болу керек.



Сур. 2. Іле өзенінің ақаба сулардың төгіндісінен 500 м төмен тұсындағы ластану көрсеткіштері: 1 – 2004 жыл, 2 – 2006 жыл.

Кестелер қосымша бағаналарсыз безендіріледі, тек кестенің «басы» мен шеткі бағаналары ғана сызылады. Кестенің нөмірі және мағыналы атауы – кестенің үстіне, қосымшалары оның астына (ГОСТ-қа сәйкес) жазылады (мысалды қараңыз).

Кесте 1

Зыряновск қаласы атмосферасында ластаушы заттардың сейілуін анықтайтын коэффициенттер мен метеорологиялық сипаттамалары

Сипаттама аталуы	Көлемі
Атмосфера стратификациясына тәуелді коэффициент, А	200
Қаладағы жер бедері коэффициенті	1...3
Жылдың (шілде) орташа максимал температурасы, °С	26,9
Жылдың (ақпан) орташа максимал температурасы, °С	-28,9

Физикалық көрсеткіштердің өлшем бірліктері Халықаралық жүйеде СИ (ГОСТ 8.417-81) келтіріледі, немесе СИ жүйесіне келтірілген аудармасы қатар көрсетіледі.

Ұйымның, мекеменің, географиялық және т.б. аталуы соңғы ресми редакцияда беріледі. Тарихи аталуларына қоса жақшада кәзіргі аталуы көрсетіледі.

Математикалық, химиялық белгілеулер мен формулалар (Microsoft Equation) редактор режимінде басылуы керек. Формулаларда символдар ретінде ГОСТ-пен белгіленген белгілеулерді қолданады. Формулалардың нөмірі беттің оң шетінен домалақ жақшамен көрсетіледі. Мәтінде формуланың кезекті нөміріне сілтеу де жомалақ жақшада көрсетіледі. Мәтінде қатарға міндетті түрде барлық параметрлерді түсініктемесі беріледі (мысалды қараңыз).

$$K = D / 8V_1, \quad (2)$$

қайда D – байыту қалдықтарын сақтайтын қойма бетінің диаметрі ($D = 500$ м); V_1 – қалдық сақталынған қойма көлемі.

Барлық қысқартулар ГОСТ-қа және қысқарту сөздігіне сәйкес жасалынады.

Бөлек парақта редакцияға автор туралы мәліметтер: аты-жөні, әкесінің аты (толығымен), үйі мен мекеменің мекен-жайы және телефондары, жұмыс орындалған мекеменің тура аталуы, автордың ғылыми дәрежесі жіберіледі.

Авторлар ұжымымен жазылған мақалар барлық авторлардың қолы қоюлы болу керек.

Редакция қолжазбаларды қабылдамауға немесе редакциялық жөндеулер және қабылданған қолжазбаларға қосулар мен қысқартулар жасауға құқықты. Мақала авторға толықтыру жасау үшін қайтарылуы мүмкін. Кей жағдайларда редакция сұрауымен мақалаға рецензия талап етіледі.

**ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАРҒА СӘЙКЕС БЕЗЕНДІРІЛМЕГЕН
ҚОЛЖАЗБАЛАР БАСЫЛЫМҒА ЖІБЕРІЛМЕЙДІ ЖӘНЕ АВТОРҒА
ҚАЙТАРЫЛМАЙДЫ.**

Авторам, подаваемым статьи в наш журнал, необходимо заполнить таблицу, приведенную ниже

Сведения о статье

(заполняется на каждую статью журнала)

№	Сведения (статья)	
1	УДК	
2	Авторы (русс., каз., англ. яз.)	
4	Место работы авторов (русский, казахский, англ. яз.)	
5	Название статьи (русский, казахский, англ. яз.)	
6	Название журнала	Гидрометеорология и экология
7	Год издания	
8	Номер издания	
9	Страницы	
10	Ключевые слова (русский, казахский, англ. яз.)	
11	Резюме на русском языке	
12	Резюме на казахском языке	
13	Резюме на английском языке	
14	Список литературы	