

*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
2018

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР М.П. Кынатов

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Н.И. Ивкина (*зам. главного редактора*)
С.Б. Саиров (*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)
И.Б. Есеркепова (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 (90)

©

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

Адрес редакции: 050022, Алматы,
пр. Абая, д. 32, к. 305
Телефон: (7272) 55-84-06
E-mail: caspian_almaty@mail.ru
<http://www.kazhydromet.kz>

Подписано в печать 2 декабря 2018 г.
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

А.Х. Ахмеджанов, Н.Д. Ахметов, Т.К. Караданов Численный анализ содержания озона в атмосфере по спутниковым данным на территории Казахстана	7
М.А. Абдрахметов, Г.М. Аблайсанова, С.С. Байшоланов Оценка агроклиматических условий и состояния пастбищ в южной половине Казахстана	15
А.Г. Терехов Спутниковый мониторинг формирования снежного покрова Казахстана	29
И.В. Каипов, Н.Р. Юничева, И.Б. Есеркепова, К. Бостанбеков Подбор оптимальных параметров численной региональной климатической модели (РКМ) для домена «Центральная Азия» .	37
К.К. Дускаев, С.Т. Ахметова, А.Р. Сулейменова, Г.О. Оракова Динамика изменения температуры воздуха и осадков в городе Алматы	52
Г.Е. Монкаева Климатические условия рекреационных объектов: курортной зоны Боровое, высокогорного катка «Медеу» и горнолыжного курорта «Шымбулак»	63
И.Г. Гуршев Оценка времени существования частиц песка в потоке песчаной бури	73
С.К. Алимкулов, А.А. Турсунова, С.К. Давлетгалиев, А.А. Сапарова Ресурсы речного стока Казахстана	80
Ф.Ж. Акиянова, Н.Л. Фролова, Е.М. Каракулов, А.Ж. Кенжебаева, А. Шаймерденова Материалы и методы оценки риска наводнений на реках Есиль и Нура в пределах пригородной зоны города Астана	95
А.А. Болатова, Т.А. Тілләкәрім, М.Н. Раимжанова, Н.Т. Серікбай, Б.Е. Багитова, К.М. Болатов Результаты калибрования гидрологической модели HBV для горных рек Казахстана	110

С.К. Давлетгалиев, А.К. Мусина	
Оценка слоя весеннего стока рек Жайык-Каспийского бассейна при отсутствии данных наблюдений	125
А.Н. Омарбаева, Б.К. Жаппарова, А.К. Жамангара	
Сұлтанкелді көлінің экологиялық жағдайы	133
Б.К. Кенжебеков, Е.К. Данько, Е.Т. Сансызбаев	
К современному состоянию озер Алакольской системы	145
К.Т. Сапаров, А.Г. Абдуллина	
Ақтөбе облысының гидронимдерінің қалыптасу ерекшеліктері . . .	152
И. Бекзатқызы	
Сарыарқа топонимикалық жүйесіндегі гидронимдердің қалыптасуы	160
Т.А. Мингалева, Н.П. Сенчина, А.А. Миллер	
Картирование участка разлива нефти методами ЕП И ИЭМП	171
Д.К. Нусупов, Э.А. Турсунов	
Проектные решения по защите берега оз. Алаколь в районе п. Акши и п. Коктума	181
ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ	
Н.С. Романова, Т.Н. Козлянская	
Экологический аудит и мониторинг. Метрологические аспекты . .	189

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

A.Kh. Akhmedzhanov, T.K. Karadanov, N.D. Akhmetov The numerical analysis of ozone content in the atmosphere according to remote sensing data of the territory of Kazakhstan	7
M.A. Abdrahmetov, G.M. Ablaisanova, S.S. Baisholanov Assessment of agro-climatic conditions and the state of pastures in the southern part of Kazakhstan	15
A.G. Terekhov Satellite monitoring of the snow cover formation in Kazakhstan	29
I.V. Kaipov, N.R. Yunicheva, I.B. Yesserkepova, K. Bostanbekov Selection of optimal parameters of the numerical regional climatic model (RCM) for the Central Asia domain	37
K.K. Duskayev, S.T. Akhmetova A.R. Suleymenova, G.O. Orakova Dynamics of changing air temperature and precipitation in Almaty city	52
G.E. Monkayeva Climate conditions of recreational facilities: the resort area of Borovoe, high-mountain rink of «Medeu» and the «Symbulak» ski resort	63
I.G. Gurshev Estimation of the existence time of sandy particles in the storm flow	73
S.K. Alimkulov, A.A. Tursunova, S.K. Davletkaliev, A.A. Saparova Kazakhstan river flow resources	80
F.Zh. Akiyanova, N.L. Frolova, Y.M. Karakulov, A.Zh. Kenzhebayeva, A.M. Shaimerdenova Materials and methods of floods risk assessment on the Esil and Nura rivers within Astana suburban area	95
A.A. Bolatova, T.T. Tillakarim, M.N. Raymzhanova, N.T. Serikbay, B.E. Bagitova, K.M. Bolatov Results of calibration of HBV hydrological model for the Kazakhstan mountain rivers	110

S.K. Davletkaliev, A.K. Mussina	
Estimation of a layer of the spring flood of rivers Zhayik-Caspian basin without observing data	125
A.N. Omarbayeva, B.K. ZHapparova, A.K. ZHamangora	
Ecological status of lake Sultankeldy	133
B.K. Kenzhebekov, Ye.K. Danko, Ye.T. Sansyzbayev	
Currentstate of the lakes in the Alakol system	145
K.T. Saparov, A.G. Abdullina	
Features of formation of hydronyms of Aktobe region	152
I. Bekzatkyzy	
Hydronym formation in Saryarka toponymic system	160
T.A. Mingaleva, N.P. Senchina, A.A. Miller	
Mapping of oil spillage area using SP and MREC methods	171
D.K. Nusupov, JA.A. Tursunov	
Design solutions for protecting the coast of Alakol lake district Akshi and Kaktuma villages	181
REVIEWS AND CONSULTATIONS	
N.S. Romanova, T.N. Kozlyanskaya	
Environmental audit and monitoring. Metrological aspects	189

УДК 551.501: 629.195.1

Доктор техн. наук	А.Х. Ахмеджанов ¹
Канд. физ.-мат. наук	Н.Д. Ахметов ¹
Канд. техн. наук	Т.К. Караданов ¹

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: атмосфера, спектр, озон, концентрация, вертикальный профиль, спутниковое зондирование

Данные об озоне в атмосфере на территории Казахстана, полученные с помощью спутниковых систем, показывают, что до высоты 50 гПа содержания озона на западе Казахстана меньше, чем на востоке. Но на высотах 10...7 гПа концентрация озона на западе больше, чем на востоке. Разница максимальных значений содержания O_3 между западным профилем и восточным достигает 97 ppbv на высоте 7 гПа. Анализ внутригодовых распределений общего содержания O_3 показал, что ежегодные максимумы наблюдаются в феврале – апреле, а минимумы в октябре – декабре. По многолетним изменениям общего содержания O_3 по территории Казахстана был получен тренд, который показал уменьшение общего содержания озона на 1 % за период 2003...2017 годы.

В настоящее время большое значение придается исследованиям имеющегося и ожидаемого в ближайшие годы общего содержания озона в атмосфере и изменения параметров озонового слоя. Характер разрушения озонового слоя в зимне-весенний период и восстановления озонового слоя обуславливается динамическими процессами в атмосфере и высокой межгодовой изменчивостью циркуляции полярной стратосферы [1].

Содержание озона в атмосфере с высотой зависит не только от широты, но и от сезона. Летом обмен воздушными массами между тропосферой и стратосферой наиболее интенсивный. Распределение общего количества озона по месяцам года связано с атмосферной циркуляцией: озон распространяется в высокие широты из более низких (в верхней части стратосферы). Под влиянием антропогенных процессов распределение

¹ АО «НЦКИТ» НКА РК, г. Алматы, Казахстан

озона заметно изменяется, и как следствие могут изменяться динамические процессы в атмосфере, включая взаимодействие стратосферы и тропосферы. Анализ результатов наблюдений проводится с целью определения причин эпизодически возникающих озоновых аномалий и долговременных изменений озонового слоя. В конце января 2016 г. над севером Урала и Сибири впервые зарегистрирована озоновая мини-дыра ($ОСО < 220$ ед. Добсона), вызванная чрезвычайно интенсивным стратосферным полярным вихрем, в котором температура понизилась до значений, характерных для зимнего периода в Антарктике. Высокая межгодовая изменчивость динамических процессов полярной стратосферы Арктики может создать условия для значительного разрушения озонового слоя атмосферы [2]. Озон – как естественный источник инфракрасного излучения благотворно влияет на человека [6].

В настоящее время активно разрабатываются технологии дистанционного инфракрасного зондирования атмосферы для мониторинга термодинамического состояния и состава атмосферы Земли [3, 7, 9]. Создана база данных спектроскопической информации по атмосферным газам (NITRAN [8], GEISA [5], база данных температуры и концентраций оптически активных газовых составляющих атмосферы в базе TIGR [4], данные системы BADC и др. Системы GIOVANNI, GES-DISC объединяет данные многих спутниковых систем. Современные космические технологии измерений и вычислений содержания малых атмосферных газов с применением следующих приборов: AIRS, IASI, TANSO-FTS, MIPAS, TES, показали свою эффективность в исследованиях температуры подстилающей поверхности, стратификации атмосферы, атмосферных газов, химических процессов в тропосфере и стратосфере. Проводится атмосферный реанализ спутниковых данных с применением системы GMAO НАСА на уровне моделирования и ассимиляции спутниковых данных. Модель MERRA-2 – глобальный атмосферный реанализ спутниковых данных, произведенный глобальным управлением моделирования и ассимиляции НАСА (GMAO). Цели MERRA-2 заключаются в том, чтобы обеспечить систематизированный, однородный учет глобальной атмосферы и включить дополнительные аспекты климатической системы, включая газовые компоненты и улучшенное представление поверхности Земли. MERRA-2 является одной из первых глобальных реанализов спутниковых данных для ассимиляции космических наблюдений газов и аэрозолей, а также представления их взаимодействия с другими физическими процессами в

климатической системе. MERRA-2 предназначена заменить первоначально продукт MERRA, и отражает современные достижения в моделировании атмосферы.

Радиационный перенос в атмосфере определяется содержанием газов, поглощающих излучение, таких, как водяной пар, диоксид углерода, метан, озон, окись азота и др. Каждый из атмосферных газов на определенной частоте поглощает излучение иначе, чем другие газы. Для восстановления концентрации атмосферных газов используются методы, основанные на поглощении излучения в инфракрасной области электромагнитного спектра. Эти данные представлены на геопортале Giovanni. Погрешность алгоритма расчета для сенсора AIRS составляет порядка 15 %.

На краткосрочных ежедневных данных по территории Казахстана на ряде участков их нет. В случае небольших участков в два-три пикселя можно использовать методы интерполяции. Но во многих случаях это большие территории. Поэтому необходимо восстанавливать на этих участках необходимые данные расчетными методами.

В случае длинноволнового излучения можно пренебречь рассеянием и считать, что выполняются условия термодинамического равновесия, при котором основные величины этой системы (температура, давление, объём, энтропия) колеблются возле своих средних значений с небольшими отклонениями при отсутствии сильного внешнего вмешательства. Измеряемое спутниками тепловое излучение, есть сумма всех излучений элементарных слоев атмосферы, характеризующееся функцией ослабления теплового излучения $F_\lambda(p)$, зависящая от давления P и температуры $T(p)$, а также от длины волны λ (или частоты ν), на котором фиксируется излучение, угла визирования ϑ со спутника.

Интенсивность восходящего теплового излучения в атмосфере уравнение переноса в изобарической системе координат можно представить в виде:

$$J_\lambda^\uparrow(p) = B_\lambda[T(p_0)] \cdot F_\lambda(p_0) + \int_{p_0}^0 B_\lambda[T(p)] \frac{dF_\lambda(p)}{dp} dp,$$

где $J_\lambda^\uparrow(p)$ – восходящее тепловое излучение, $B_\lambda[T(p)]$ – функция Планка, $p_0 = 1000 \text{ гПа}$ – давление на земной поверхности. Функция ослабления теплового излучения определяется в виде

$$F_\lambda = e^{-\frac{\tau_\lambda}{\cos\vartheta}},$$

$$\tau_\lambda = \int_{p_0}^p \alpha_\lambda \rho(p) dp,$$

где τ_λ – оптическая толщина атмосферы, α_λ – массовый коэффициент поглощения излучения с размерностью $[\frac{м^2}{кг}]$, $\rho(z)$ – плотность газа $[\frac{кг}{м^3}]$, поглощающее излучение. Измеряемое на спутнике восходящее тепловое излучение (радианс) обозначим $J_\lambda^\uparrow(p_h)$, где p_h – высота спутника.

Для расчета плотности поглощающего газа соотношение перепишем в следующем виде

$$J_{\lambda_{рад}}^\uparrow(p_n) = B_\lambda[T(p_0)] * e^{-\frac{\tau_\lambda}{\cos\vartheta}} - \frac{\alpha_\lambda}{\cos\vartheta} \int_{p_0}^0 B_\lambda[T(p)] e^{-\frac{\tau_\lambda}{\cos\vartheta}} \rho(p) dp,$$

где $J_{\lambda_{рад}}^\uparrow(p_n)$ – интенсивность излучения, измеряемого на платформе спутника с высоты p_n .

Если разбить на элементарные участки Δp высоту с учетом малого значения оптической толщины атмосферы и угла зондирования близким к надиру, то можно получить систему приближенных уравнений для определения содержания газа $\rho(p_i)$, поглощающего излучение на высоте p_i , на разных длинах волн λ_j

$$\sum_{i=1}^n (B_{\lambda_j}[T(p_i)]\Delta p + B_{\lambda_j}[T(p_0)]\rho(p_i)) = \frac{\cos\vartheta}{\alpha_{\lambda_j}} B_{\lambda_j}[T(p_0)] - J_{\lambda_j_{рад}}^\uparrow(p_n).$$

Эта система уравнений позволяет определять плотность газа, поглощающего излучение. Расчетные подходы и результаты реанализа спутниковых данных MERRA-2 (Model M2TMNXCHM v5.12.4) позволяют получить поля распределения малых составляющих атмосферы по территории Казахстана и провести статистический анализ их распределения.

Вертикальные профили озона по территории Казахстана за 2007 и 2015, 2016, 2017 годы, а также выделенные участки профилей от 150 гПа до 1 гПа на западе, востоке, севере и юге Казахстана за период с сентября 2002 года по май 2018 года представлены на рис. 1. Участки, на которых были восстановлены вертикальные профили содержания озона, были выбраны со следующими координатами: север: 65...71° в.д., 50...56° с.ш.; юг: 66...71° в.д., 42...47° с.ш.; запад: 49...54° в.д., 46...51° с.ш.; восток: 78...83° в.д., 46...51° с.ш. Вертикальные профили озона по территории Казахстана (рис. 1а) за 2015, 2016, 2017 и 2007 годы практически совпадают. По высоте от 1000 гПа до 250 гПа содержание O_3 в среднем изменяется от 30 ppbv до 100 ppbv, от 250 гПа до 100 гПа менее 1000 ppbv, выше 100 гПа идет рост содержания до максимума на высотах 10...7 гПа, затем идет резкое уменьшение содержания почти в два раза на высоте 1 гПа. На графике до высоты 50 гПа западный профиль показывает меньшее содержание, но на высоте 10...7 гПа большее, чем на востоке. Разница

максимальных значений содержания O_3 между западным профилем и восточным достигает 97 ppbv на высоте 7 гПа. Максимум содержания озона находится на высоте 7...10 гПа, где и находится максимум озонового слоя атмосферы. На рис. 2 показано распределение содержания O_3 (ppbv) на высоте 10 гПа по территории Казахстана в январе 2018 года. На рис. 2 отчетливо видно, что в северной части содержание озона меньше, чем на юге. На западе также больше локальных максимумов содержания озона, чем на востоке Казахстана. Внутригодовые распределения общего содержания O_3 в 2016 (а) и 2017 (б) годах по территории Казахстана показаны на рис. 3 (а – 2016 год, б – 2017 год). Наблюдаются ежегодные максимумы в феврале – апреле, в минимумы в октябре – декабре. Многолетние изменения общего содержания O_3 по территории Казахстана за период 2003...2017 годы представлены на рис. 4. Статистический тренд показывает уменьшение общего содержания озона на 1 % за период 2003...2017 годы.

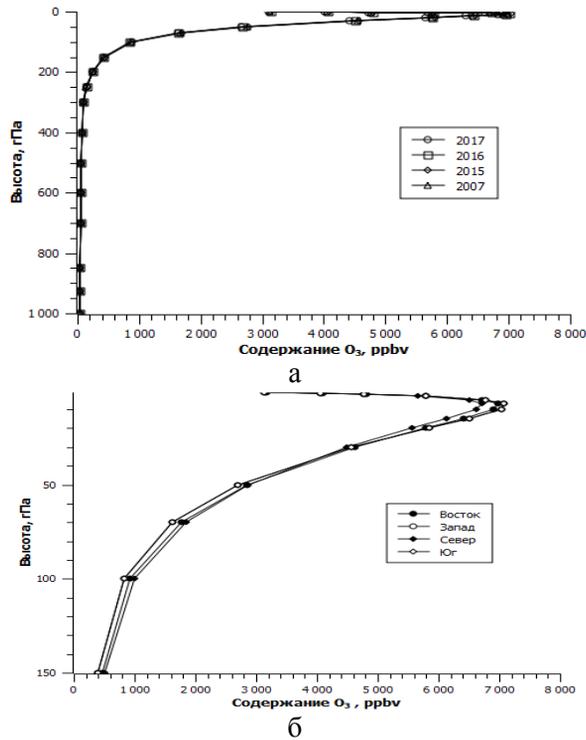


Рис. 1. Вертикальные профили озона по территории Казахстана (а) за 2007 и 2015, 2016, 2017 годы, а также выделенные участки (б) профилей от 150 гПа до 1 гПа на западе, востоке, севере и юге Казахстана.

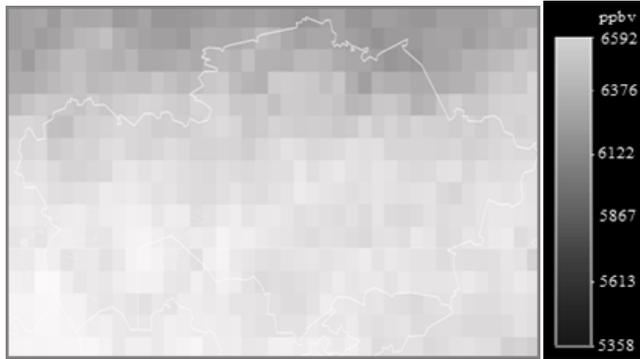


Рис. 2. Распределение содержания O_3 (ppbv) на высоте 10 гПа по территории Казахстана в январе 2018 года.

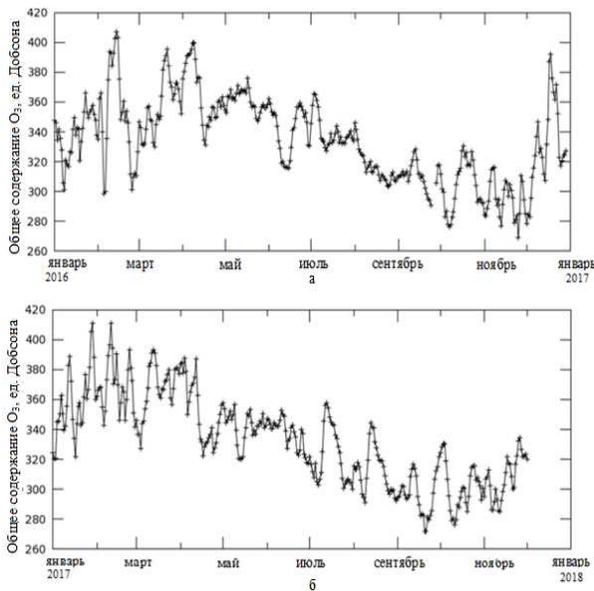


Рис. 3. Внутригодовые распределения общего содержания O_3 в 2016 (а) и 2017 (б) годах по территории Казахстана.

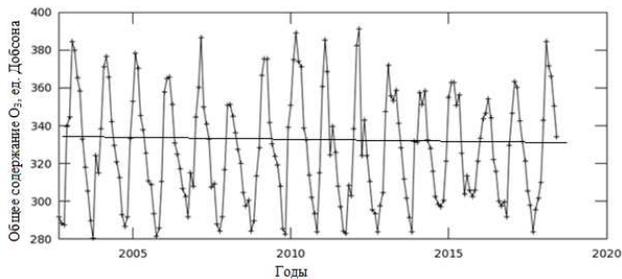


Рис. 4. Изменения общего содержания O_3 по территории Казахстана за период 2003...2017 годы и линия тренда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звягинцев А.М., Варгин П.Н. Российские исследования озонового слоя в период 2014-2016 гг. // Труды Гидрометцентра России. – 2017. – Вып. 365. – С. 101-117.
2. Никифорова М.П., Звягинцев А.М., Варгин П.Н., Иванова Н.С., Лукьянов А.Н., Кузнецова И.Н. Аномально низкие уровни общего содержания озона над севером Урала и Сибири в конце января 2016 г. // Оптика атмосферы и океана. – 2017. – Т. 30, – № 1. – С. 12-19.
3. Beer R., Glavich T.A., Rider T.M. Tropospheric emission spectrometer for Earth Observing System's Aura satellite // Applied Optics. – 2001. – V. 40, № 15. – 2356 p.
4. Chevallier F., Morcrette J.J., Chedin A., Cheruy F. TIGR-like atmospheric-profile databases for accurate radiative-flux computation // Quart. J. of the Roy. Met. Soc. – 2000. – V. 126, № 563. – P. 777-785.
5. Jaquinet-Husson N., Scott N.A. and etc. The GEISA spectroscopic database: Current and future archive for Earth and planetary atmosphere studies // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. – 2008. – V. 109, № 6. – P. 1043-1059.
6. Oktyabrskiy V. The Effect of Greenhouse Ozone on Human // Atmospheric and Climate Sciences, 7, P. 554-557. doi: 10.4236/acs. 2017. 74040.
7. Parkinson C.L. Aqua: an Earth-Observing Satellite mission to examine water and other climate variables // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions. – 2003. – V. 41, № 2. – P. 173-183.
8. Rothman L.S., Gordon I.E. and etc. The HITRAN molecular spectroscopic database // JQSRT. – 2008. – V. 110. – P. 533-572.
9. Sobrino J.A. Land surface temperature retrieval from thermal infrared data: An assessment in the context of the Surface Processes and Ecosystem Changes Through Response Analysis (SPECTRA) mission // J. Geophys. Res. – 2005. – V. 110. – P. 161-173.

Поступила 10.08.2018

Техн. ғылымд. докторы	А.Х. Ахмеджанов
Физ.-мат. ғылымд. канд.	Н.Д. Ахметов
Техн. ғылымд. канд.	Т.К. Караданов

АТМОСФЕРАДАҒЫ ОЗОННЫҢ МАЗМҰНЫН ТАЛДАУ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДА СПУТНИКТІ САНДЫҚ

Түйінді сөздер: атмосфера, спектр, озонконцентрациясы, тік профильді, қашықта өлшеу

Атмосферадағы озонның ұстау арқылы алынған озон туралы деректер Қазақстан аумағында спутниктік жәйелер, көрсетіп отырғандай, Қазақстанның батысында 50 гПа аз биіктікке дейін бір халде. Бірақ шоғырлануы көп тимейтін биіктіктерде 10...7 гПа озонның батыста халде. Батыс және Шығыс $ppbv$ мәндерінің арасындағы айырма O_3 ұстау ең жоғары биіктікте 97 7 гПа бейініне жетеді. Талдау көрсеткендей, максимум ақпан-сәуірге қазан-желтоқсанда байқалып отыр, ал жалпы внутригодовых O_3 ұстау бөлудің жыл сайынғы минимумы айлармен. Көп өзгерістерге алынды, ол кезең үшін озонның жалпы мазмұнын көрсетті Қазақстан аумағы бойынша жалпы O_3 ұстау бойынша тренд азаюы 2003...2017 1 %.

Akhmedzhanov A.Kh., Akhmetov N.D., Karadanov T.K.

THE NUMERICAL ANALYSIS OF OZONE CONTENT IN THE ATMOSPHERE ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA OF THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN

Keywords: atmosphere, spectre, ozone, concentration, vertical profile, remote sensing

The data on ozone in the atmosphere in the territory of Kazakhstan received by means of satellite systems show that up to the height of 50 gp of content of ozone in the west of Kazakhstan it is less, than in the east. But at the heights of 10...7 gp concentration of ozone in the West is more, than in the east. The difference of the maximum values of maintenance of O_3 between the western profile and east reaches 97 ppbv at the height of 7 gp. The analysis of intra annual distributions of the general maintenance of O_3 has shown that annual maxima are observed in February – April, and minimum in October – December months. On long-term changes of the general maintenance of O_3 across the territory of Kazakhstan the trend which has shown reduction of the general content of ozone by 1 % during 2003...2017 has been received

УДК 633:551.50

М.А. Абдрахметов¹Г.М. Аблайсанова¹

Канд. геогр. наук

С.С. Байшолоанов²**ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОСТОЯНИЯ
ПАСТБИЩ В ЮЖНОЙ ПОЛОВИНЕ КАЗАХСТАНА**

Ключевые слова: пастбище, климат, теплообеспеченность, влагообеспеченность, урожайность, скотоемкость, оптимальная пастбищная нагрузка

Оценена теплообеспеченность и влагообеспеченность вегетационного периода пастбищных растений в южной половине Казахстана. Теплообеспеченность вегетационного периода является достаточной для роста и развития пастбищных растений. Почти на всей исследуемой территории, кроме ее северной части (юг Карагандинской области) и горных территорий, наблюдается дефицит влаги и вегетационный период является сильно засушливым, что неблагоприятно для роста и развития пастбищных растений. Проанализирована урожайность пастбищных растений, рассчитана скотоемкость и оптимальная пастбищная нагрузка при весеннем, летнем и осеннем выпасе овец. Урожайность пастбищных растений из года в год и в течение вегетации колеблется в широких пределах. Соответственно, из года в год, и в течение выпасного периода меняются скотоемкость и оптимальная нагрузка на пастбища.

Решающим фактором устойчивого развития животноводства является обеспеченность поголовья скота полноценными кормами. Основным источником обеспечения скота кормом в республике являются естественные пастбища, природные и сеяные сенокосы.

Надо отметить, что 20 февраля 2017 г. Президентом Казахстана был утвержден Закон Республики Казахстан о пастбищах. Закон основывается на принципах:

- рационального использования пастбищ;
- доступности пастбищ для физических и юридических лиц;

¹ РГП «Казгидромет», г. Астана, Казахстан;

² МНК «Астана», г. Астана, Казахстан

- гласности при проведении мероприятий, связанных с предоставлением и использованием пастбищ;
- участия физических и юридических лиц в решении вопросов по управлению и использованию пастбищ.

В Казахстане площадь естественных пастбищ составляет 180,4 млн. га, из них улучшены более 5,9 млн. га, обводнёнными являются более 105,2 млн. га. Соответственно пригодными для выпаса скота являются более 111,1 млн. га пастбищ [12]. Более 80 % всего поголовья сельскохозяйственных животных сосредоточено в частных подворьях, хозяева которых в силу экономических факторов выпасают скот в радиусе 5...7 км от места своего проживания. В результате около 27 млн. га пастбищ деградированы. Большая часть их расположено вблизи населенных пунктов.

Продуктивность пастбищ находится в прямой зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода. При этом основными определяющими факторами являются влагообеспеченность и теплообеспеченность.

Теплообеспеченность вегетационного периода пастбищных растений характеризуется суммой активных температур воздуха выше $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, датой устойчивого перехода температуры воздуха через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и продолжительностью периода с температурой выше этого предела. Так как у большинства пастбищных растений биологическая минимальная температура развития равна $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, дата устойчивого перехода температуры через этот предел весной считается датой начала весенней вегетации. Вегетация растений также останавливается при обратном переходе температуры воздуха через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ осенью. Соответственно продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха выше $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ является продолжительностью вегетационного периода. Здесь ограничивающим фактором является заморозки и летняя жара (выше $+30\text{...}+35\text{ }^{\circ}\text{C}$), тормозящая рост растений.

Влагообеспеченность вегетационного периода характеризуется суммой осадков, а также коэффициентом увлажнения K и гидротермическим коэффициентом Г.Т. Селянинова (ГТК), с соответствующими критериями оценки для условий Казахстана [6].

В работах [4, 5] была проанализирована многолетняя динамика урожайности пастбищных растений в южной половине Казахстана, а также дан прогноз их изменения при дальнейшем потеплении климата.

К числу важных характеристик пастбищ, кроме ее урожайности, относится скотоемкость пастбищ и оптимальная пастбищная нагрузка. Со-

гласно Балаяна Г.А. [8], Быкова Б.А. [9], Антиповой Е.В. и Коробовой Е.Н. [3, 10] под скотоемкостью пастбищ следует понимать количество животных (голов) на 1 га площади, которых можно прокормить в течение одного месяца или за весь пастбищный период. Скотоемкость пастбища можно определить по формуле:

$$N = \frac{Y \cdot i}{k \cdot d}, \quad (1)$$

где N – скотоемкость пастбища, гол/га. На практике определяется на 100 га (гол/100 га); Y – средняя урожайность пастбища за период d , кг/га; i – коэффициент использования пастбищ; k – потребная суточная норма корма на одно животное, кг/гол·сут; d – выпасной период, сутки.

Общая скотоемкость пастбища (N_s , гол) определяется:

$$N_s = N \cdot S, \quad (2)$$

где S – общая площадь пастбища, га.

За основу нормативного потребления корма можно взять общепринятые показатели в кормовых единицах (к.е.):

– для взрослого поголовья овцематок (живой вес около 40 кг) – $k_{вз.} = 1,4$ к.е.;

– для молодняка (живой вес около 20 кг) – $k_{мол.} = 0,8$ к.е.

Согласно [11], кормовые единицы растений меняются в течение вегетационного периода, и достигают максимума (70 % от сухой массы растений) в период достижения максимального урожая, т.е. летом доля 1 к.е. в 1 кг растений составляет 70 %. Весной и осенью доля кормовой единицы колеблется в пределах 40...60 % от сухой массы растений. Тогда в мае и сентябре ее можно брать равной 60 % [7].

Придерживаясь этой теории нормативное потребление корма в к.е. (k) можно перевести в килограммы, т.е. в суточную норму корма на одно животное (k_c , кг/гол·сут):

$$\text{летом} \quad k_c = \frac{k \cdot 100}{70}, \quad (3)$$

$$\text{весной и осенью} \quad k_c = \frac{k \cdot 100}{60}. \quad (4)$$

Выпасаемый скот может состоять из взрослого поголовья и молодняка. Так как, массовый окот овец проводится в начале марта, то половину выпасаемого поголовья овец весной и летом будет составлять молодняк.

Молодняк к осени набирает вес, поэтому все выпасаемое поголовье можем отнести к взрослым. Соответственно средний на отару норматив потребления корма на одну голову можно брать весной и летом как среднее их двух, а осенью – как для взрослого поголовья.

В зависимости от состояния и фазы развития растений, пастбища должны использоваться с различной интенсивностью. Например, в ранний весенний период к пастбищам следует относиться бережнее, а по мере развития пастбищных растений нужно увеличивать нагрузку. Коэффициент использования пастбища равняется 0,25 при слабой интенсивности, 0,50 – при средней интенсивности и 0,75 – при максимально допустимой интенсивности [11]. Скот должен использовать не более 2/3 имеющейся на пастбище надземной массы. В таком случае всегда будет оставаться часть надземной массы растений, что ускорит их возобновление. Поэтому коэффициент использования пастбища в период их стравливания можно брать $i = 0,70$.

Оптимальная нагрузка скота на пастбища (оптимальная пастбищная нагрузка) определяется как площадь пастбища, необходимая для выпаса одного животного за месяц или за весь пастбищный период. Если известна скотоемкость пастбища, то можно определить оптимальную пастбищную нагрузку скота (H_0). Они находятся в обратной зависимости со скотоемкостью пастбища:

$$H_0 = \frac{1}{N}. \quad (5)$$

Ранее, исследование скотоемкости и оптимальной нагрузки животных на примере некоторых пастбищ Алматинской области было изложено в работе [7].

В 2015...2017 гг. ТОО «КазНИИ животноводства и кормопроизводства» МСХ РК совместно с ТОО «Институт географии» МОН РК выполняли проект «Устойчивое управление пастбищными ресурсами с использованием ГИС-технологий». Исследования пастбищных ресурсов проводились на основе полевых работ по маршрутам, охватывающим территорию 14 областей республики. В исследовании также были использованы данные метеорологических станций за период 1891...2000 гг. В итоге был создан ВЕБ-портал (<http://pastures.info.gf/>), где размещено 5 интерактивных карт в масштабе 1:1 500 000. Карта кормовых ресурсов Казахстана сопровождается легендой, которая отражает типологию пастбищной растительности, сезонность её использования для пастбы, среднегодовую урожайность, кормоемкость и кормозапас [1, 2].

Нами в рамках настоящей статьи были рассмотрены агроклиматические условия и основные характеристики состояния пастбищ в южной половине Казахстана, на основе многолетних данных (1981...2017 гг.) РГП «Казгидромет» МЭ РК. Для этого привлекались данные наблюдений за состоянием пастбищ на агрометеорологических станциях (Аул-4, Айдарлы, Асы, Уланбель, Мойынкум, Тасты, Кызылкум, Злиха, Карак, Сам, Кызан, Аккудук, Аяккум, Кызылтау).

Агроклиматические условия

В табл. 1 приведены основные агроклиматические характеристики роста и развития пастбищных растений: дата начала (D), продолжительность (n) и теплообеспеченность ($\sum T$) вегетационного периода, осадки за год (R) и за теплый период (R_T), коэффициент увлажнения K и ГТК.

Таблица 1

Основные агроклиматические показатели

М	D	n , сутки	$\sum T$, °C	R , мм	R_T , мм	K	ГТК
Аул-4	29.03	211	3827	130	75	0,22	0,16
Айдарлы	23.03	226	4145	235	139	0,38	0,28
Асы	08.05	139	1393	389	328	1,96	1,98
Уланбель	23.03	221	4216	153	74	0,22	0,12
Мойынкум	21.03	226	4163	200	97	0,30	0,17
Тасты	23.03	223	4324	151	71	0,21	0,11
Кызылкум	11.03	245	4952	131	48	0,16	0,06
Злиха	25.03	219	4229	125	61	0,18	0,10
Карак	23.03	223	4353	108	51	0,15	0,09
Сам	27.03	219	4266	168	94	0,26	0,18
Кызан	21.03	232	4508	168	106	0,26	0,20
Аккудук	16.03	240	4813	136	74	0,19	0,12
Аяккум	02.04	206	3907	153	89	0,25	0,18
Кызылтау	13.04	181	2690	296	164	0,66	0,47

Примечание:

K	Степень влагообеспеченности	ГТК _{5...8}	Степень засушливости
$\leq 0,39$	сухо или дефицит влаги	$< 0,40$	сильно засушливо
$0,40...0,59$	умеренный дефицит влаги	$0,40...0,59$	умеренно засушливо
$0,60...0,79$	недостаточная влаго- обеспеченность	$0,60...0,79$	слабо засушливо
$0,80...0,99$	достаточная, но не устой- чивая влагообеспеченность	$\geq 0,80$	не засушливо

<i>K</i>	Степень влагообеспеченности	ГТК _{5...8}	Степень засушливости
1,00...1,19	оптимальная и устойчи- вая влагообеспеченность		
> 1,20	избыток влаги		

Теплообеспеченность вегетационного периода. Проведенные авто-рами исследования показали, что на крайнем юге Казахстана вегетация пастбищных растений в среднем начинается в середине марта и завершается во второй декаде ноября, и ее продолжительность составляет около 8 месяцев. Здесь теплообеспеченность пастбищных растений за вегетационный период составляет около 4900 °С. С продвижением на север продолжительность и теплообеспеченность сокращается. Например, на юге Карагандинской области вегетация пастбищных растений в среднем начинается в середине апреля и завершается во второй декаде октября, и ее продолжительность составляет около 6 месяцев. Здесь теплообеспеченность пастбищных растений за вегетационный период составляет около 2700 °С. В горных пастбищах Илейского Алатау (урочище Асы) вегетация пастбищных растений в среднем начинается 8 мая и завершается 24 сентября, и ее продолжительность составляет около 3,5 месяцев. Здесь теплообеспеченность пастбищных растений за вегетационный период составляет около 1400 °С (табл. 1).

Влагообеспеченность вегетационного периода. Исследования показали, что на крайнем юге Казахстана за год выпадает около 130 мм осадков, из них в теплый период – около 50 мм. С продвижением на север и повышением высоты над уровнем моря суммы осадков увеличиваются. Например, на юге Карагандинской области за год выпадает около 300 мм осадков, из них в теплый период – около 160 мм. В горном пастбище урочища Асы выпадает за год около 390 мм осадков, из них в теплый период – около 330 мм (табл. 1).

Оценка влагообеспеченности по коэффициенту увлажнения *K* показала, что на крайнем юге Казахстана он в среднем составил 0,16, что характеризует влагообеспеченность категории «сухо». Такие же условия наблюдаются на пастбищах Кызылординской и на юге Мангыстауской областей. С продвижением на север растут и значения коэффициента увлажнения, т.е. улучшается условие увлажнения. Например, на юге Карагандинской области, в среднем коэффициент увлажнения составляет 0,66, что характеризует «недостаточную влагообеспеченность». На горном пастбище урочища Асы наблюдается избыток влаги ($K = 1,96$). На остальной

части южной половины Казахстана в вегетационный период пастбищных растений складывается «дефицит влаги» ($K = 0,21 \dots 0,38$).

Анализ обеспеченности коэффициента увлажнения K , показал, что почти на всех равнинных пастбищах южной половины Казахстана, кроме юга Карагандинской области почти всегда (в 10 годах из 10) в вегетационный период наблюдается категория влагообеспеченности «сухо» или «дефицит влаги». Категория «умеренный дефицит влаги» имеет вероятность в районе М Айдарлы в 4 годах из 10 лет, а в районе М Мойынкун – только в 1 году из 10 лет. На юге Карагандинской области (Кызылтау) в 2 годах из 10 лет обеспечена «достаточная, но не устойчивая влагообеспеченность», до 6 лет обеспечены условия выше «недостаточной влагообеспеченности», а в 4 годах из 10 лет бывают условия ниже «умеренного дефицита влаги». В районе урочища Асы в 8 годах из 10 лет обеспечен «избыток влаги», в 2 годах наблюдается оптимальная или достаточная влагообеспеченность.

Почти вся исследуемая территория Казахстана в среднем является сильно засушливой (ГТК = 0,06...0,28). Климатически вегетационный период является умеренно засушливым на юге Карагандинской области, а на горном пастбище урочища Асы – не засушливым (табл. 1).

Состояние пастбищ. В южной части Казахстана имеются все виды сезонных пастбищ, позволяющие содержать скот круглый год на подножном корме. Естественные кормовые угодья на пустынной и полупустынной территории Алматинской области характеризуются следующими типами: полынно-солянковые и солянково-полынные, биюргуновые, эфемерово-полынно-солянковые с саксаулом и биюргуново-полынные пастбища, псаммофитно-кустарниковые с наличием джужгуна, песчаной акацией, астрагалов и других эфемеров, саксауловые с черным и белым саксаулом [13].

Основные пастбища Жамбылской области располагаются в песках Мойынкун и глинистой пустыне Бетпак-Дала. В Мойынкумах распространены житняково-серополынно-кустарниковые пастбища, значительные площади занимают серополынно-эфемерово-кустарниковые, ковыльно-серополынные и житняково-полынные пастбища. На территории Бетпак-Далы широко распространены серополынно-боялычевые, серополынно-кейреуковые, боялычевые пастбища на супесчаных и суглинистых почвах. В изобилии находятся весенние растения, хорошие корма для овец: туйе жапырак, сасыр, боялыш, биюргун, изень, кейреук [13].

Растительный покров Туркестанской области чрезвычайно разнообразен. Наиболее широкое распространение имеет пустынный тип расти-

тельности. В песках Кызылкум распространены эфемеровые и полынно-эфемеровые угодья, используемые круглогодично. Особенно продуктивны они в весенний период. На серо-бурых почвах преобладают полынно-боялычевые и боялычевые сообщества. Из песчаной растительности преобладает эфемерово-полынный и травянисто-кустарниковый типы в комплексе с саксаульниками. Из крупных кустарников следует отметить джужгуны, песчаную акацию и астрагалы.

В Кызылординской области рассматривались пастбища в районах М Карак (юг области) и М Злиха (северо-восток области). Эти пастбища в отгонной системе используются весной и осенью. Здесь широко распространены серополынные, серополынно-эфемеровые, серополынно-боялычевые пастбища, саксауловые пастбища с осокой пустынной, с жузгун и т.д.

Также были рассмотрены пастбища пустынной зоны Мангыстауской области, крайнего юга Актюбинской и Карагандинской областей. Пастбища в районах М Сам и М Аккудук являются зимними, а пастбища в районе М Кызан используются весной и осенью. Основу растительности составляют: полынь, ебелек, терескен, биюргун. В этих районах вегетация пастбищных растений начинается в начале апреля и достигает максимального значения в июне-июле.

Урожайность пастбищных растений. Была проанализирована средняя многолетняя урожайность пастбищных растений по 9 М (Аул-4, Айдарлы, Асы, Уланбель, Тасты, Злиха, Карак, Сам, Аккудук) за 30 летний период (1981...2000, 2007...2017 гг.), по 5 М (Мойынкум, Кызылкум, Кызан, Аяккум, Кызылтау) за 11 лет (2007...2017 гг.).

В динамике урожайности пастбищных растений в течение вегетации наблюдаются периоды понижения и повышения, главным образом связанные с погодными условиями. Максимальная урожайность наблюдается в июне – начале июля.

В Алматинской области в песках Таукумы (М Айдарлы) урожайность достигает максимального значения в середине июня (2,6 ц/га), далее, постепенно понижаясь, в конце сентября составляет 1,5 ц/га. В песках Сарыесик-Атырау (Аул-4) урожайность достигает максимума в конце июня (4,5 ц/га) и держатся на таком уровне почти до конца сентября. На высокогорном пастбище Асы вегетация растений начинается в конце апреля, достигает наивысшего урожая (33 ц/га) в конце июля – начале августа, и к концу сентября снижается до 23 ц/га. Высокая урожайность в урочище Асы объясняется благоприятными условиями (табл. 2).

Таблица 2

Средняя многолетняя декадная урожайность пастбищных растений (ц/га)

М	май			июнь			июль			август			сентябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ауыл-4	1,2	1,8	2,6	3,1	3,8	4,5	4,4	4,4	4,5	4,3	4,2	4,3	4,3	4,3	4,2
Айдарлы	1,5	2,3	2,5	2,6	2,6	2,4	2,2	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5
Асы	2,0	4,9	8,8	13,9	19,4	25,3	30,8	32,2	33,3	33,6	31,5	29,8	27,7	25,4	23,4
Уланбель	1,0	1,4	2,3	2,7	3,0	3,7	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4
Мойынкум	1,1	2,0	2,7	3,0	3,5	4,0	4,3	4,0	4,0	3,8	3,8	3,7	3,5	3,5	3,4
Тасты	1,4	2,0	2,4	2,4	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0
Кызылкум	0,6	0,8	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
Злиха	1,5	2,8	3,5	4,0	4,2	4,5	4,5	4,4	4,4	4,3	4,2	4,2	3,8	3,6	3,4
Карак	2,2	3,0	3,6	4,0	4,5	4,4	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	4,0	4,0	3,8	3,7
Сам	1,0	1,4	1,7	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6
Кызан	0,7	1,0	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
Аккудык	1,2	1,5	1,8	2,2	2,5	2,7	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,6	2,5	2,3
Аяккум	1,8	2,4	2,9	3,4	3,7	3,7	3,5	3,2	3,1	2,9	3,1	3,2	2,7	2,3	2,3
Кызылтау	4,1	7,1	8,5	8,7	8,8	8,0	7,4	7,1	6,1	5,9	5,8	5,5	5,3	5,1	4,9

В северной части песков Мойынкумы (М Уланбель) максимальная урожайность пастбищных растений наблюдается в начале июля (3,8 ц/га), до конца сентября сохраняется урожайность около 3,5 ц/га. В южной части песков Мойынкумы (М Мойынкум) значение максимального урожая достигает 4,3 ц/га и до конца сентября колеблется около 3,5 ц/га. На исследуемых пастбищах Кызылординской области (М Злиха, М Карак) летом урожайность пастбищных растений превышает 4,0 ц/га и к осени снижается до 3,5 ц/га. Низкая урожайность пастбищных растений (менее 3,0 ц/га) наблюдается на исследуемых пастбищах Туркестанской и Мангыстауской областей. На юге Актюбинской области (М Аяккум) урожайность пастбищных растений летом доходит до 3,7 ц/га, а на юге Карагандинской области (М Кызылтау) – превышает 8,5 ц/га.

Оценка скотоемкости пастбищ. Рациональное использование площадей предусматривает регулирование нагрузки животных на пастбищах. Для этого необходимо знать скотоемкость пастбища и оптимальную нагрузку на него. На основе средней многолетней урожайности пастбищ были рассчитаны средние нормы потребления корма (k_c , средняя скотоемкость (N) и средняя оптимальная пастбищная нагрузка (H_0) при весеннем, летнем и осеннем выпасах овец (табл. 3).

Норма потребления корма (k_c) весной составляет для взрослого поголовья 2,3 кг/гол·сут, для ягнят – 1,3 кг/гол·сут; летом – для взрослого

поголовья 2,0 кг/гол·сут, для ягнят – 1,1 кг/гол·сут; осенью для взрослого поголовья – 2,3 кг/гол·сут.

Таблица 3

Скотоемкость пастбища (N) и оптимальная пастбищная нагрузка (H_0)

М	N , гол/га			H_0 , га/гол		
	май	лето	сентябрь	май	лето	сентябрь
	Алматинская область					
Ауыл-4	2,3	2,0	4,2	0,4	0,5	0,2
Айдарлы	2,6	1,0	1,5	0,4	1,0	0,7
Асы	6,4	13,4	25,5	0,16	0,07	0,04
	Жамбылская область					
Уланбель	1,9	1,7	3,5	0,5	0,6	0,3
Мойынкум	2,4	1,8	3,5	0,4	0,5	0,3
	Туркестанская область					
Тасты	2,4	1,1	2,0	0,4	0,9	0,5
Кызылкум	1,0	0,5	1,0	1,0	1,9	1,0
	Кызылординская область					
Злиха	3,2	2,1	3,6	0,3	0,5	0,3
Карак	3,6	2,0	3,8	0,3	0,5	0,3
	Мангистауская область					
Сам	1,7	0,9	1,6	0,6	1,1	0,6
Кызан	1,2	0,7	1,4	0,8	1,4	0,7
Аккудык	1,8	1,3	2,5	0,5	0,8	0,4
	юг Актюбинской области					
Аяккум	2,9	1,6	2,5	0,3	0,6	0,4
	юг Карагандинской области					
Кызылтау	8,1	3,4	5,1	0,1	0,3	0,2

Обычно в отаре бывает примерно одинаковое количество поголовья овцемок и ягнят. Поэтому средняя для отары норма потребления корма равна: весной – 1,8 кг/гол·сут; летом – 1,6 кг/гол·сут; а осенью – 2,3 кг/гол·сут. Такое изменение нормы потребления корма обосновано изменением возрастного состава выпасаемого поголовья и доли кормовых единиц в сухой массе растений.

В течение вегетационного периода меняется скотоемкость и оптимальная нагрузка на пастбища. Это связано с колебанием урожайности пастбищных растений и изменением нормы потребления корма. Например, в мае средняя скотоемкость пастбища в южном Прибалхашье (Ауыл-4) составляет 2,3 гол/га (оптимальная нагрузка 0,4 га/гол); летом – 2,0 гол/га (оптимальная нагрузка 0,5 га/гол); в сентябре – 4,2 гол/га (оптимальная нагрузка 0,2 га/гол) (табл. 4).

Таблица 4

Скотоемкость пастбища (N) и оптимальная пастбищная нагрузка (H_0) при летнем выпасе овец, в благоприятные (бл.), средние (ср.) и неблагоприятные (небл.) по погодным условиям годы

М	N , гол/га			H_0 , га/гол		
	бл.	ср.	небл.	бл.	ср.	небл.
Алматинская область						
Ауыл-4	2,6	2,0	1,4	0,4	0,5	0,7
Айдарлы	1,3	1,0	0,7	0,8	1,0	1,4
Асы	17,5	13,4	9,4	0,06	0,07	0,11
Жамбылская область						
Уланбель	2,2	1,7	1,2	0,4	0,6	0,8
Мойынкум	2,4	1,8	1,3	0,4	0,5	0,8
Туркестанская область						
Тасты	1,5	1,1	0,8	0,7	0,9	1,3
Кызылкум	0,7	0,5	0,4	1,5	1,9	2,8
Кызылординская область						
Злиха	2,7	2,1	1,5	0,4	0,5	0,7
Карак	2,7	2,0	1,4	0,4	0,5	0,7
Мангистауская область						
Сам	1,2	0,9	0,6	0,8	1,1	1,6
Кызан	0,9	0,7	0,5	1,1	1,4	2,0
Аккудык	1,6	1,3	0,9	0,6	0,8	1,1
юг Актюбинской области						
Аяккум	2,1	1,6	1,1	0,5	0,6	0,9
юг Карагандинской области						
Кызылтау	4,4	3,4	2,4	0,2	0,3	0,4

В песках Таукумы (М Айдарлы) скотоемкость пастбища составляет: весной – 2,6 гол/га (оптимальная нагрузка 0,4 га/гол), летом – 1,0 гол/га (оптимальная нагрузка 1,0 га/гол); в сентябре – 1,5 гол/га (оптимальная нагрузка 0,7 га/гол).

В урочище Асы скотоемкость пастбища составляет: летом – 13,4 гол/га (оптимальная нагрузка 0,07 га/гол); в сентябре – 25,5 гол/га (оптимальная нагрузка 0,04 га/гол).

На юге Карагандинской области (Кызылтау) скотоемкость пастбища составляет: весной – 8,1 гол/га (оптимальная нагрузка 0,1 га/гол); летом – 3,4 гол/га (оптимальная нагрузка 0,3 га/гол); в сентябре – 5,1 гол/га (оптимальная нагрузка 0,2 га/гол).

В благоприятные годы, когда урожайность пастбищных растений бывает выше среднего, увеличивается и скотоемкость пастбища, а в неблагоприятные

ятные годы – снижается. Например, в районе М Ауыл-4 скотоемкость пастбища летом, в зависимости от агрометеорологических условий, может колебаться от 1,4 до 2,6 гол/га; в районе М Айдарлы – от 0,7 до 1,3 гол/га; а в урочище Асы – от 9,4 до 17,5 гол/га (табл. 4). Соответственно меняется и оптимальная пастбищная нагрузка. Ее значения в благоприятные годы уменьшается, в неблагоприятные – увеличивается, т.е. в неблагоприятные годы для выпаса овец необходимо больше пастбищной площади.

Заключение. Таким образом, в южной половине Казахстана теплообеспеченность вегетационного периода является достаточной для роста и развития пастбищных растений. Однако почти на всей исследуемой территории, кроме ее северной части (юг Карагандинской области) и горных территорий, из-за малого количества осадков наблюдается дефицит влаги и вегетационный период является сильно засушливым, что является неблагоприятным для роста и развития пастбищных растений.

На исследуемой территории урожайность пастбищных растений из года в год колеблется в широких пределах. В динамике в течение вегетации наблюдаются периоды понижения и повышения урожайности пастбищных растений, связанные с погодными условиями. Максимум урожайности наблюдается в июне – начале июля. Соответственно в течение вегетационного периода меняется скотоемкость и оптимальная нагрузка на пастбища, связанное с колебанием урожайности пастбищных растений и изменением средней на отару нормы потребления корма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимаев И.И., Скоринцева И.Б., Смаилов К.Ш., Кушенов К.И., Шанбаев К.Б., Мелдебекова Н.А., Жакипова К.Б. Пастбищные ресурсы Центрального, Северного и Восточного Казахстана в системе ГИС технологий // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2017. – № 5-6. – С. 30-33.
2. Алимаев И.И., Смаилов К.Ш., Скоринцева И.Б., Кушенов К.И., Бекмухамедов Н.Э., Шанбаев К.Б. Результаты первого этапа формирования географической информационной системы (ГИС) по управлению пастбищными ресурсами юга и юго-востока Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2016. – № 5-6. С. 21-26.
3. Антипова Е.В. Агрометеорологическое обоснование рационального использования пастбищ Алма-Атинской области // Тр. КазНИГМИ. 1989. – Вып. 103. – С. 82-88.
4. Байшоланов С.С. Оценка влияния изменения климата, уязвимости природных экосистем и секторов экономики и климатических рисков. Сельское хозяйство (растениеводство, животноводство) // III-VI На-

- циональное Сообщение Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Астана: 2013. – С. 139-149.
5. Байшоланов С.С. Состояние и тенденции изменения продуктивности пастбищ в южной половине Казахстана // Вестник КазНУ, Серия географическая. – 2007. – Вып. 2. – С. 34-42.
 6. Байшоланов С.С., Павлова В.Н., Жакиева А.Р., Чернов Д.А., Габбасова М.С. Агроклиматические ресурсы Северного Казахстана / Гидрометеорологические исследования и прогнозы. // Труды Гидрометцентра России. – 2018. – №1 (367). – С. 5-13.
 7. Байшоланов С.С., Таспаева Г.В. Об оптимизации нагрузки животных на пастбищах // Вестник КазГУ, Серия географическая. – 2000. – Вып. 1 (10). – С. 105-109.
 8. Балаян Г.А. Культурные пастбища для овец. – М.: Колос, 1980. – 260 с.
 9. Быков Б.А. Геоботаническая терминология. – Алма-Ата: Наука, 1967. – 67 с.
 10. Коробова Е.Н., Антипова Е.В. Рациональное использование кормовых угодий // Т.р КазНИГМИ. – 1990. – Вып. 108. – С. 55-61.
 11. Коробова Е.Н., Малявина Н.А. Динамика урожайности сенокосно-пастбищной растительности // Тр. КазНИГМИ. – 1989. – Вып. 103. – С. 55-73.
 12. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2017 год. Агентство Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами. – Астана: 2018. – 273 с.
 13. Тореханов А.А., Алимаев И.И. Потенциальные возможности животных на пастбищах и эффективное использование кормовых ресурсов в условиях различных зон республики Казахстан (прошлое и настоящее) МСХ РК. – Алматы: 2004. – 97 с.

Поступила 29.09.2018

М.А. Абдрахметов

Г.М. Аблайсанова

Геогр. ғылымд. канд. С.С. Байшоланов

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК ЖАРТЫСЫНДА АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАР МЕН ЖАЙЫЛЫМДАР КҮЙІН БАҒАЛАУ

Түйінді сөздер: жайылым, климат, жылуқаматамасыздық, ылғалқамтамсыздық, өнімділік, малсыйымдылық, оңтайлы жайылымдық жүктеме

Қазақстанның оңтүстік бөлігінде жайылымдық өсімдіктердің вегетациялық кезеңде жылумен және ылғалмен қамтылуына баға берілді. Вегетациялық кезеңнің жылумен қамтамасыздығы

жайылымдық өсімдіктердің өсуі мен дамуы үшін жеткілікті болып табылады. Барлық зерттелетін аумақта, оның солтүстік бөлігі (Қарағанды облысының оңтүстігі) мен таулы аумақтарынан басқа жерлерде, ылғал тапшылығы байқалады және вегетациялық кезең өте құрғақ болып табылады. Бұл жайылымдық өсімдіктердің өсуі мен дамуы үшін қолайсыз. Жайылымдық өсімдіктерінің өнімділігі талданып, көктемгі, жазғы және күзгі қой жаю кезіндегі малсыйымдылығы мен оңтайлы жайылым жүктемесі есептелген. Жайылымдық өсімдіктердің өнімділігі жылдан жылға және вегетация бойы кең ауытқиды. Тиісінше жылдан жылға және жайылымдық кезең бойында малсыйымдылығы мен оңтайлы жайылымдық жүктеме өзгеріп отырады.

Abdrahmetov M.A., Ablaisanova G.M., Baisholanov S.S.

ASSESSMENT OF AGRO-CLIMATIC CONDITIONS AND THE STATE OF PASTURES IN THE SOUTHERN PART OF KAZAKHSTAN

Key words: pasture, climate, heat availability, moisture availability, yield, livestock capacity, optimal pasture load

The assessment of heat availability and moisture availability of the vegetation period of pasture plants in the southern part of Kazakhstan was held. Heat availability of the growing season is sufficient for the growth and development of pasture plants. Almost at all study area, except for its Northern part (South of Karaganda region) and mountain areas, shortage of moisture is observed and the vegetative season is very dry, that is unfavorable for the growth and development of pasture plants. The yield of pasture plants was analyzed, the capacity and the optimal pasture load during spring, summer and autumn grazing of sheep were calculated. The yield of pasture plants varies widely from year to year and during the vegetation. Accordingly, the grazing capacity and optimal load on pastures change from year to year and during the grazing period.

УДК 504.064.37; 556.16

Канд. техн. наук А.Г. Терехов¹

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ФОРМИРОВАНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: спутниковые снимки, устойчивый снежный покров, календарные даты, устойчивый снежный покров, карты формирования устойчивого снежного покрова

Спутниковые продукты НАСА MOD09 и MOD10 использовались для построения карт календарных дат формирования устойчивого снежного покрова на территории Казахстана в период с 2001 по 2017 годы. Обзорные карты строились в двух шкалах: календарная дата появления устойчивого снежного покрова; и её относительные оценки, для типичных условий данного места (рано – поздно). Полученные карты представляют интерес при описании сезонных, пространственно-временных особенностей формирования снежного покрова в Казахстане и поиске «года аналога» для процессов весеннего снеготаяния, в рамках долгосрочного прогноза с заблаговременностью 3 месяца.

Введение. Формирование/разрушение снежного покрова является одним из наиболее физиономичных сезонных изменений на территории Казахстана. В связи с этим, информация по его характеристикам (календарная дата появления/разрушения, толщина, водный эквивалент и пр.) представляет большой интерес. Активное весеннее снеготаяние во многих частях Казахстана несёт угрозу разрушительных паводков. В условиях климатического дефицита увлажнения для роста и развития сельскохозяйственных культур на богаре водные ресурсы снежного покрова обеспечивают значительную долю почвенной влаги в корнеобитаемом слое в течение первой половины вегетационного периода. Таким образом, снежный покров на территории Казахстана представляет собой объект, существенно влияющий на практически значимые характеристики территорий, и поэтому наблюдения за ним и оценки его параметров являются весьма востребованными [1].

Из-за большой территории Казахстана (2,7 млн. км²) традиционные методы картирования снежного покрова на основе наземных маршрутных

¹ Казгидромет, г. Алматы, Казахстан

обследований и данных сети пунктов наблюдений РГП Казгидромет не могут обеспечить равнозначимой информацией всю территорию Республики. Большая часть территории представлена данными, полученными в результате экстраполяции, что ухудшает детализировку карт и приводит к искажению фактической информации.

Спутниковая информация широко используется для пространственно-временной характеристики снежного покрова Земли. В свободном доступе находится ряд автоматических спутниковых продуктов, которые предоставляет «National Snow and Ice Data Center» [<http://nsidc.org/data>], в том числе: MOD10 [2] и MODIS/TerraSnowCover_Global. Они доступны в формате ежедневных, 8-дневных или месячных композитов.

Спутниковые снимки и результаты их обработки, основанной на распознавании снега по высокому коэффициенту отражения в оптической части спектра, являются удобным источником информации о расположении и состоянии снежного покрова. Маскирующее влияние облачного покрова, также как и в случае наземных данных, приводит к необходимости использования экстраполяции. Но объём информации, полученной в результате экстраполяции, в этом случае, значительно меньше, она фрагментарна и не имеет жесткой привязки к определённому месту. Это делает спутниковые карты формирования/разрушения устойчивого снежного покрова в Казахстане более достоверными, лучше отображающими сезонные особенности погодных условий.

Снежный покров средних широт имеет два характерных временных параметра, это дата его установления и дата разрушения. При этом процесс формирования снежного покрова привлекает меньше внимания, чем вопросы его разрушения [1]. Между тем, пространственно-временные особенности формирования снежного покрова на территории Казахстана тоже несут важную информацию о сезонных особенностях регионального погодного режима. Это может быть связано с практически интересными задачами долгосрочного прогноза активности весенних паводков и весенних запасов почвенной влаги. Долгосрочные прогнозы, с заблаговременностью от 3-х месяцев, не имеют хорошей оправдываемости, что связано с фундаментальными свойствами процесса формирования погоды, но определённый практический интерес они всё равно представляют.

Территория мониторинга. В работе рассматривалась вся территория Казахстана. Основной упор делался на равнинную часть Республики. Снежный покров высокогорных районов детально не рассматривался.

Площадь горных стран, расположенных в Казахстане, относительно невелика. Развитый облачный покров высокогорных территорий, жесткая зависимость снежного покрова от абсолютной высоты местности и экспозиции склона требует отдельных подходов к его детальному описанию.

Цель работы. Целью данной работы являлось создание набора обзорных карт календарных дат формирования устойчивого снежного покрова на территории Казахстана в течение последних 17 лет (2001...2017 гг.) в шкале абсолютных дат и их относительных оценок (рано – поздно). На основе этой базы данных можно рассматривать некоторые прикладные аспекты. Например, искать «год аналог», в котором сценарий формирования снежного покрова происходил максимально близко к сценарию сезона 2017...2018 годов. Соответственно, паводковая активность и весенние запасы продуктивной влаги в почве «года аналога» могут служить в качестве долгосрочного (3 месяца заблаговременности) прогноза режима на текущий сезон.

Исходная информация. Снежный покров на территории Казахстана обычно формируется в период с октября по январь. В октябре возникает снежный покров на среднегорье и иногда на севере Республики. Полупустынные территории на юге Казахстана ненадолго покрываются снегом в январе. В некоторые года снежный покров здесь не образуется вовсе.

Обзорные карты формирования снежного покрова строились на базе продуктов MOD09A1 (collection 5) [3] и MOD10L2 (collection 6) [2]. Продукт MOD09A1, представляющий собой 8-дневный композит физических коэффициентов отражения подстилающей поверхности, использовался для периода 2001...2015 гг. Период накопления данных 8 суток (8-дневный композит) уменьшает маскирующее влияние облачности, которая затрудняет распознавание снежного покрова. Сезоны 2016 и 2017 гг. анализировались на основе ежедневного продукта MOD10L2. Продукт представляет собой спутниковую оценку доли проективного покрытия подстилающей поверхности (0...100 %) снегом. Мешающее влияние облачности отображено в продукте MOD10L2 через включение в него маски облачности (продукт MOD35L2 [4]).

Методика обработки данных. Образование снежного покрова на поверхности Земли резко увеличивает её коэффициент отражения в оптическом диапазоне спектра, что является простым диагностическим признаком. Любой способ классификации даёт хорошие результаты. Основная проблема связана с маскирующим действием облачного покрова и способами учёта этого влияния.

Календарные даты формирования устойчивого снежного покрова по территории Казахстана в многолетнем аспекте весьма вариативны. Почти в любом месте Республики наиболее ранние даты отличаются от наиболее поздних (по результатам многолетних наземных наблюдений) на 1...2 месяца. Столь значительная вариативность во времени даёт возможность огрублять шкалу регистрируемых календарных дат до 8-дневных страт. 8-дневные композиты по календарным датам автоматически удаляют большую часть мешающего влияния облачного покрова. Правда, остаются ситуации, когда облачный покров существовал над этой территорией все 8 суток. Для решения этой проблемы применялась экстраполяция с помощью данных по конфигурациям границы снежного покрова соседних, безоблачных территорий. При необходимости привлекалась информация соседних календарных дат.

Исходными данными для построения карт формирования снежного покрова на территории Казахстана выступали спутниковые продукты НАСА: для периода 2000...2015 гг. – MOD 09 GA (физические коэффициенты отражения подстилающей поверхности в оптическом диапазоне спектра) – 8-дневный композит, коллекция-5 [3] (128 покрытий, периода октябрь – январь 2000...2015 гг.). Последние два года, сезоны 2016...2017 гг. и 2017...2018 гг., анализировались по продукту MOD 10 L1 (снежный покров) коллекция-6 [4], ежедневно (224 покрытия за октябрь – январь 2016...2018 гг.).

Методика обработки спутниковых данных сводилась к регистрации календарной даты образования снежного покрова. На базе продукта MOD09A1 (2001...2015 гг.), который представляет собой 8-дневный композит, эта дата определялась согласно описанным выше принципам. Последние два сезона (2016...2017 гг.) анализировались по ежедневному продукту MOD10L2 (снежный покров). Этот продукт уже содержит распознанные основные классы подстилающей поверхности (снежный покров, облачный покров, безснежная поверхность). Поэтому обработка включала формирование 8-дневных композитов для уменьшения влияния облачного покрова и экстраполяцию (в случае необходимости) для восстановления границы снеговой линии в тех местах, где мешающее влияние облачного покрова всё ещё оставалось.

Полученные результаты. Полученные карты календарных дат формирования устойчивого снежного покрова (под устойчивым понимался снежный покров, существующий не менее 6...8 суток) в период 2000...2018 гг. представлен на рис. 1-2.

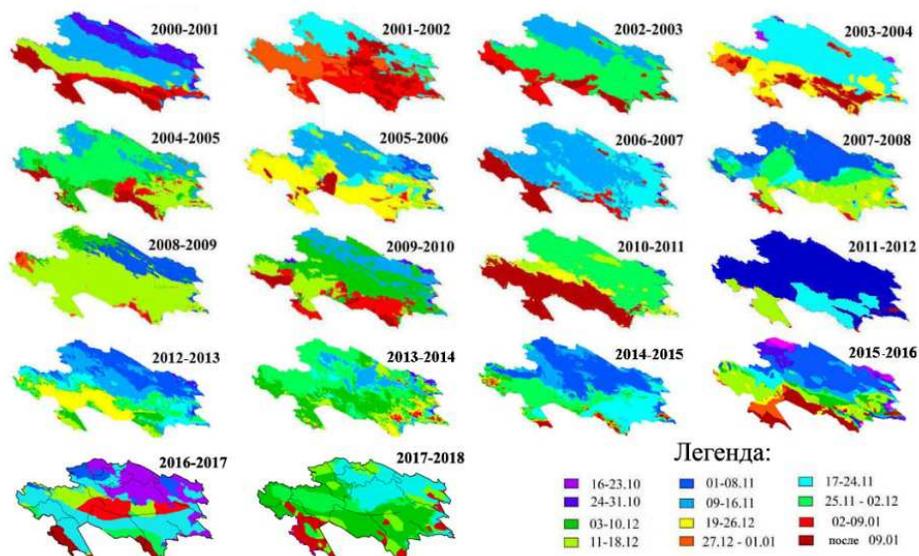


Рис. 1. Карты календарных дат формирования устойчивого снежного покрова на территории Казахстана в период 2000...2018 гг. по спутниковым данным MODIS, продукты MOD 09, MOD10.

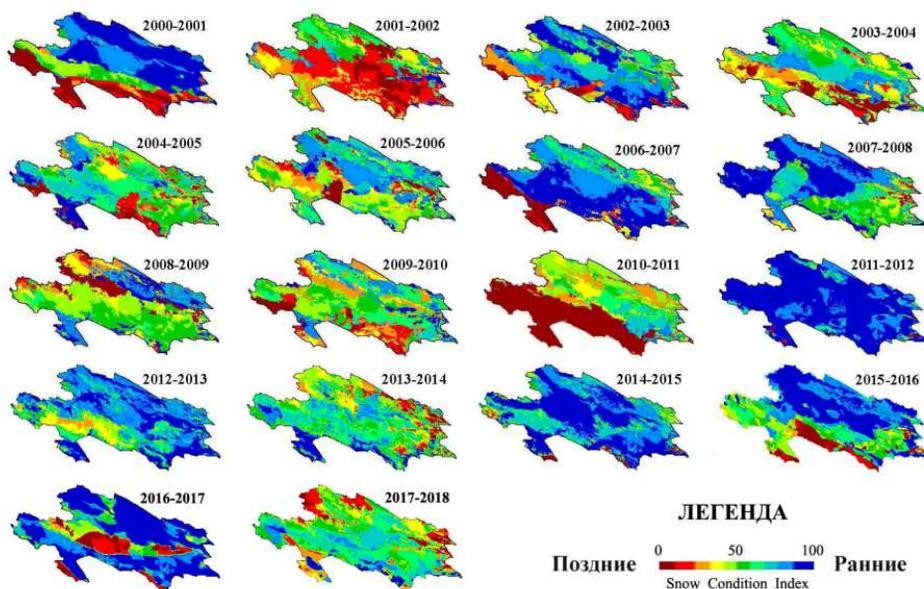


Рис. 2. Карты относительных дат формирования устойчивого снежного покрова на территории Казахстана в период 2000...2018 гг. по спутниковым данным MODIS, продукты MOD09, MOD10.

Анализ карты формирования снежного покрова Казахстана в сезоне 2017...2018 гг. (рис. 3), показывает её наибольшее сходство с сезонами: 2014...2015 гг. (по конфигурации); и с 2013...2014 гг. (по календарным датам).

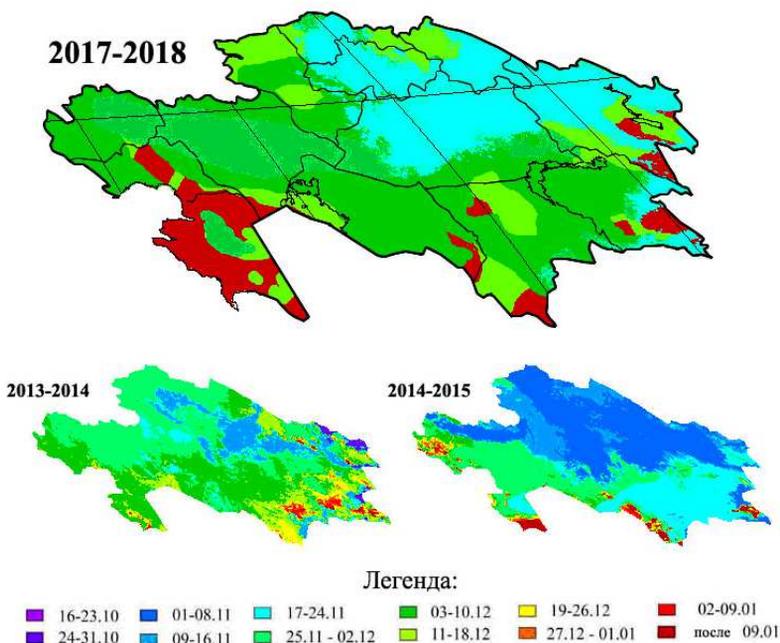


Рис. 3. Календарные даты формирования снежного покрова в сезоне 2017...2018 гг. и максимально близких к ним режимов прошлых лет из архива с 2001 г. Построено по спутниковым данным MODIS.

Выводы. По спутниковым данным относительно легко можно распознать границу снежного покрова. Спутниковые карты календарных дат появления устойчивого снежного покрова на территории Казахстана в период с 2001 до текущего момента дают характеристику погодному сценарию осенне-зимнего периода (октябрь – январь). Между осенне-зимним и весенним периодами имеется определённая связь. На её основе можно строить поиск «года аналога» для долгосрочного прогноза практически значимых параметров, например активности весенних паводков и запасов весенней влаги в почве.

Сравнительный анализ условий формирования устойчивого снежного покрова на территории Казахстана в сезоне 2017...2018 гг. показал, что аналогичный ему, как по конфигурациям, так и по календарным датам в архиве с 2001 г. отсутствует. По конфигурации изолиний карта формирования снежного сезона 2017...2018 гг. наиболее близка к сезону 2014...2015 гг., по календарным датам, к сезону 2013...2014 годов.

Пространственная близость в динамике формирования снежного покрова между сезонами представляется более значимым фактором, чем схожесть их календарных дат в целом. Поэтому долгосрочным (заблаговремен-

ность 3 месяца) прогнозом весенних паводков и запасов весенней влаги в почве для территории Казахстана в целом на весну 2018 г. можно считать условия 2015 г.. На рис. 4 представлена спутниковая карта календарных дат весеннего разрушения устойчивого снежного покрова в 2015 г.. Сезон 2018 г. предположительно может быть близок к этому режиму.

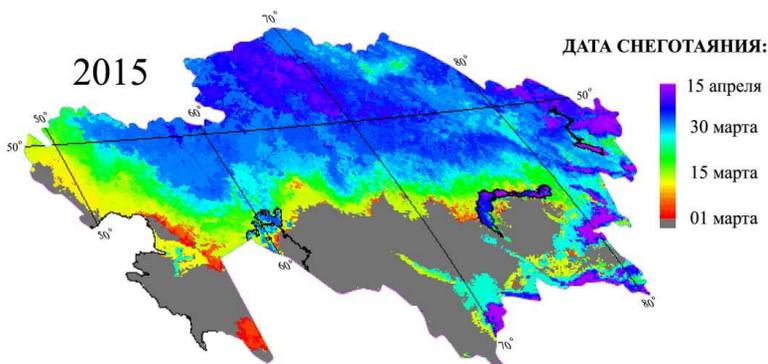


Рис. 4. Карта календарных дат весеннего снеготаяния в сезоне 2015 г. Построено по суточным спутниковым данным MOD10L2 [Terra] периода 1 марта – 19 апреля 2015 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Spivak L., Terekhov A., Muratova N. The NCSRT RK in «Global Agriculture Monitoring» // EU JRC. Luxembourg: Publications Office of the European Union. – 2010. – 32 p.
2. Riggs G.A., Hall D.K. MODIS Snow Products Collection 6 User Guide [Электрон. ресурс]. URL: <http://nsidc.org/sites/nsidc.org/files/files/MODIS-snow-user-guide-C6.pdf> Landsat Mission (дата обращения: 12.02. 2018).
3. Vermote E.F. MODIS Surface Reflectance User's Guide [Электрон. ресурс]. URL: http://modis-sr.ltdri.org/guide/MOD09_UserGuide_v1_3.pdf (дата обращения: 12.02. 2018).
4. Collection-6 TerraProduct Description MOD35 L2 [Электрон. ресурс] URL: https://modaps.modaps.eosdis.nasa.gov/services/about/products/c6/MOD35_L2.html (дата обращения 12.02.2018)

Поступила 6.03.2018

Техн. ғылымд. канд. А.Г. Терехов

ҚАЗАҚСТАН ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫ ҚАЛЫПТАСУЫНЫҢ ЖЕРСЕРІКТІК МОНИТОРИНГІСІ

Түйін сөздер: жерсеріктік суреттер, тұрақты қар жамылғысы, тұрақты қар жамылғысының күнтізбелік қалыптасу күндері, тұрақты қар жамылғысының қалыптасу картасы

Қазақстан аумағы бойынша тұрақты қар жамылғысының қалыптасу картасын салу үшін 2001 және 2017 жылдар аралығындағы НАСА MOD09 және MOD10 жерсеріктік өнімдері қолданылған. Шолу карталары екі шкалада салынған, тұрақты қар жамылғысының күнтізбелік қалыптасу күндері осы аумақтың жағдайлары үшін (ерте-кеш) және олардын салыстырмалы бағасын беру үшін жасалған. Дайындалған карталар Қазақстан Республикасы бойынша көктемдік қар еруінің процесстерін алдын ала 3 ай бұрын болжау үшін «жыл аналог» таңдауға және қар жамылғысының кеңістік және уақыттық ерекшеліктерінің мезгілдік сиппатамасын беру үшін қызығушылығын көрсетеді.

A.G. Terekhov

SATELLITE MONITORING OF THE SNOW COVER FORMATION IN KAZAKHSTAN

Keywords: satellite image, stable snow cover, calendar dates for the formation of a stable snow cover, maps for the formation of a stable snow cover

The satellite products NASA MOD09 and MOD10 were used for mapping of the calendar dates of a stable snow cover formation in Kazakhstan between 2001 and 2017 years. The overview maps were created in two scales, the scale of the calendar dates of the stable snow cover appearance and the scale of relative dates (early – late). The created maps are of interest for the description of seasonal, spatio-temporal features of the snow cover formation in Kazakhstan and for searching of the «year of analogy» for the spring snow melting, within the framework of the long-term forecast with a lead time of 3 months.

УДК 551.582; 551.583

И.В. Каипов¹
Канд. техн. наук Н.Р. Юничева²
Канд. геогр. наук И.Б. Есеркепова²
К. Бостанбеков²

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЧИСЛЕННОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ (РКМ) ДЛЯ ДОМЕНА «ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ»

Ключевые слова: климат, региональная климатическая модель, численные эксперименты, оптимальные параметры

Численные эксперименты на основе региональной климатической модели позволили подобрать оптимальные параметры для воспроизведения таких элементов климатической системы, как приземная температура, и осадки. В качестве граничных и начальных условий использовались данные реанализа Era-Interim Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды. Климатическая модель с оптимально заданными параметрами, даст возможность оценить параметры будущего климата в пределах домена Центральная Азия при различных сценариях выбросов парниковых газов.

Для исследования задач окружающей среды, вызванных все более быстро меняющимся климатом, требуются и более совершенные комплексные модели, включающие процессы взаимодействия атмосферы, водной среды, суши, криосферы и биоты. Главной методологической основой для решения задачи прогнозных оценок будущих параметров климата является численное моделирование климатической системы с помощью глобальных климатических моделей, основой которых являются глобальные модели общей циркуляции атмосферы и океана [1]. Ясно, что усовершенствование моделей климата требует формулирования более точных моделей конкретных физических процессов, определяющих динамику климатической системы. Основной задачей является определение чувствительности реальной климатической системы к малым внешним воздействиям. Необходимо решить последовательность следующих задач:

¹ Национальный центр космических исследований и технологий, Казахстан;

² Институт информационных и вычислительных технологий, Казахстан.

воспроизведение современного состояния климата, т.е. понимание физических механизмов формирования и его математическое описание; оценка возможных изменений климата под влиянием малых внешних воздействий – чувствительности климатической системы; прогноз изменений климата – проекция будущего климата.

В настоящее время глобальные и региональные гидродинамические модели является одним из основных инструментов для изучения изменений климата под воздействием антропогенных и природных факторов. Глобальные модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) используются для изучения прошлого и текущего климата и на их основе получены проекции его изменений в будущем. Несмотря на то, что МОЦАО постоянно совершенствуются, дополняются модулями, описывающими криосферу, сушу и биоту, их пространственное разрешение в настоящее время еще недостаточно для корректного описания региональных особенностей атмосферных процессов, связанных с неоднородностями подстилающей поверхности, таких, как орография, характеристики почвы и растительности, очертания береговых линий. Для устранения этих недостатков при моделировании регионального климата применяют мезомасштабные гидродинамические модели, которые имеют более высокое пространственное разрешение и в которых учитываются локальные климатообразующие факторы.

Модели различных пространственных масштабов предназначены для различных целей. Модели общей циркуляции атмосферы используются для долгосрочных прогнозов и исследований изменения климата. Модели синоптического масштаба предназначены для прогноза развития (эволюции) синоптических объектов (циклонов, антициклонов и др.) размером в сотни и тысячи километров. По таким моделям прогнозируются только крупномасштабные вертикальные движения. Мезомасштабные модели предназначены для описания процессов, в которых вертикальные движения играют равную или ведущую роль (конвекция, нисходящие токи, атмосферные вихри) с горизонтальными движениями. В таких моделях можно проследить вихревые движения непосредственно по трехмерному полю скоростей.

Система уравнений определяет физические свойства и возможности модели описывать различные физические процессы, в том числе процессы различных пространственных масштабов: общециркуляционные процессы (глобальные макромасштабные), процессы синоптического масштаба, мезомасштабные и/или микромасштабные процессы.

В моделях общей циркуляции атмосферы и моделях синоптического масштаба интегрируются 2 уравнения движения (только горизонтальные компоненты скорости ветра). Вертикальные скорости определяются из диагностических соотношений (как правило, по уравнению неразрывности). В таких моделях плотность воздуха считается постоянной, а атмосфера квази-гидростатической, производные от плотности воздуха по времени $d\rho/dt = 0$ (плотность не меняется со временем) и система уравнений упрощается. Упрощение касается также и ряда членов уравнений, величина которых существенно меньше (на 2...3 порядка) величины основных слагаемых. В таких моделях нет смысла использовать малый шаг по горизонтали, так как сама система уравнений ограничивает возможность описания процессов «подсеточного масштаба», т.е. процессов, пространственные масштабы развития которых, меньше горизонтального шага сетки.

В мезомасштабных моделях интегрируются все три уравнения движения, и вертикальная составляющая скорости ветра является эволюционной переменной – по отношению к ней записывается уравнение изменения во времени (уравнение эволюции характеристики). Атмосфера считается сжимаемой, плотность единицы воздушной массы переменная.

Региональное моделирование климата состоит в интегрировании региональной климатической модели (РКМ) при использовании на боковых границах области исследования выходных данных глобальных климатических моделей. Следует отметить, что региональная климатическая модель, для выбранного домена исследований, требует настроек путем варьирования эмпирических коэффициентов в схемах параметризации, использования различных схем, описывающих микрофизику, планетарный пограничный слой, потоки коротковолновой и длинноволновой радиации и т.п.

В настоящем исследовании подбор параметров выполнялся для региональной климатической модели WRF (Weather Research and Forecasting). Модель WRF (Weather Research and Forecasting) это система для прогнозирования погоды и моделирования атмосферных процессов, пригодная как для оперативных, так и для исследовательских целей. Система является эффективным инструментом для разработки методов ассимиляции данных, параметризации процессов подсеточного масштаба, прогноза погоды и моделирования регионального климата [2, 3, 4, 6]. Модель WRF разработана в Национальном центре атмосферных исследований (National Center for Atmospheric Research, NCAR) совместно с Университетской корпорацией атмосферных исследований (University Corporation for Atmospheric Research, UCAR). Мо-

дель WRF представляет собой систему взаимодействующих модулей: модуль, обеспечивающий подготовку начальных и граничных данных (WRF Preprocessing System); вычислительный модуль – решающее ядро (Advanced Research WRF); модуль обработки результатов вычислений (WRF Postprocessing System). Большая часть модели, связанная с расчётами, написана на языке Fortran. Для обмена сообщениями используется программный интерфейс библиотеки MPI. На языке C созданы сервисные модули для работы с входными и выходными данными.

Система WRF состоит из следующих основных блоков: предварительной обработки (WRF Preprocessing System, WPS), инициализации, модели WRF (динамические модули ARW и параметризация) и системы подготовки и вывода модельной продукции (WRF-POST).

Система предварительной обработки представляет собой комплекс из трех программ, который готовит входные данные для программы инициализации *real.exe* при расчетах по реальным начальным данным. В первой программе *geogrid* определяются модельные области, и производится интерполяция географических и статических переменных в узлы сетки. Во второй программе *ungrib* выбираются необходимые поля из выходных данных глобальных моделей. В третьей программе *metgrid* производится горизонтальная интерполяция метеорологических полей в узлы модельных сеток, определенных в программе *geogrid*.

Инициализация данных производится в программе *real*, где выполняется вертикальная интерполяция начальных данных в орографические координаты модели и формируются граничные и начальные условия по данным глобальных моделей.

Динамический блок модели включает динамическое ядро и набор параметров физических процессов. Параметры для инициализации модели выбираются заданием соответствующих значений в списке переменных (*namelist.input*). Уравнения модели записаны с использованием вертикальной координаты η следующей за орографическими неровностями земной поверхности и выраженной через компоненты гидростатического давления.

$$\eta = (ph - pht) / \mu,$$

где $\mu = phs - pht$, ph – гидростатическое давление, phs и pht – соответственно его значения вдоль земной поверхности и на верхней границе. Такая координатная система была предложена в работе [7] и традиционно применяется во многих гидростатических моделях атмосферы. Величина η меняется от 1 у земной поверхности до 0 на верхней границе (рис. 1).

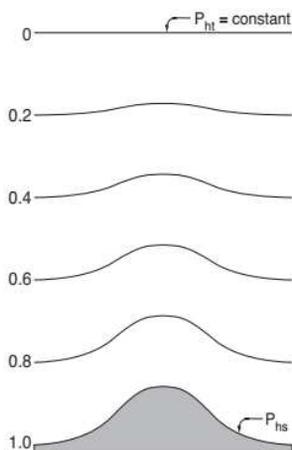


Рис. 1. Схема представления η координаты.

В модели WRF, численно решается система уравнений гидротермодинамики атмосферы с учетом процессов происходящих в верхних слоях, на поверхности суши или водных объектов. Для описания физических процессов подсеточного масштаба в атмосфере и подстилающей поверхности пользователь может воспользоваться разнообразным набором схем параметризации, включающих: микрофизику образования водяного пара, облаков, осадков; радиационные процессы, учитывающие длинноволновую и коротковолновую солнечную радиацию; обмен теплом и влагой между атмосферой и подстилающей поверхностью; процессы в почве, позволяющие учесть распределение температуры и влажности в нескольких слоях почвы, процессы замерзания и оттаивания почвы, физику снежного покрова; учитывать турбулентность в пограничном слое и свободной атмосфере, вертикальные градиенты температуры воздуха и ветра, высоту пограничного слоя.

Создать универсальную региональную модель, которая подходила бы для любого региона Земли, пока не представляется возможным. В большинстве случаев модель нужно настраивать для конкретного региона путем варьирования эмпирических коэффициентов в схемах параметризации. Также использовать разные схемы параметризации осадков, планетарного пограничного слоя и т. п. При этом результаты регионального моделирования сравниваются с данными наблюдений (данными спутников и метеостанций) или, в случае их отсутствия, с результатами глобальных атмосферных или других региональных моделей. Как правило, региональная модель оценивается по своей способности воспроизводить поля осадков и температуры приповерхностного воздуха.

В модели WRF имеется обширная библиотека процедур, описывающих физические процессы в пограничном слое атмосферы, на подстилающей поверхности и в почве. Набор различных процедур для описания одних и тех же физических процессов дает возможность подобрать комбинацию, наилучшим образом описывающую физические процессы в атмосфере с учетом местных условий и заданных пространственных масштабов. Важным этапом конфигурирования модели для расчета проекций будущего климата является оптимальный выбор схем параметризации. Комбинирование всех возможных вариантов схем не представляется возможным. Исходя из того, что для климатических оценок в настоящем исследовании основное внимание уделяется скорости приповерхностного ветра, осадкам и испарению, были более подробно рассмотрены схемы параметризации пограничного слоя и микрофизических процессов.

Для микрофизических процессов есть возможность использовать 9 вариантов параметризации с различной степенью учета гидрометеоров в жидкой и твердой фазах и соответствующих им процессов. В микрофизические схемы включены процессы, связанные с водяным паром, облаками и осадками. Основная разница между схемами состоит в количестве рассматриваемых гидрометеоров. В работе [7], посвященной исследованию Каспийского моря на основе сопряженных моделей атмосферы, моря и волн, протестированы 2 схемы. В одномоментной схеме Томпсона [8] используются 5 гидрометеоров (вода в облаках, осадки, лед в облаках, снег и снежная крупа), а благодаря использованию таблицы поиска, для льда в облаках также прогнозируется числовая концентрация, как и в двух моментных схемах. В одномоментную схему WRF Single Moment 6-class (WSM6) [9] кроме водяного пара, воды в облаках, льда в облаках и снега добавлена снежная крупа.

Разница между этими микрофизическими схемами была рассмотрена в [5], при исследованиях на калифорнийском побережье США. Было отмечено, что концентрация отдельного гидрометеора широко варьировалась в различных схемах, однако общее количество материала в облаке оставалось приблизительно одинаковым. Также выявлено, что обе схемы завышают количество дождевых осадков, а схема WSM6 дает большее количество осадков, чем схема Томпсона. В работе [5] показано, что облачность на всех ярусах зависит как от схем на границах, так и от микрофизики.

В модели WRF могут быть выбраны 4 варианта параметризации пограничного слоя, дающие вертикальные турбулентные потоки количе-

ства движения, тепла и влаги. Рассмотрим две наиболее часто используемые в исследованиях климата параметризации.

Параметризация Меллора-Ямады-Янича (Mellor-Yamada-Janjic (MYJ)) строится на уравнении турбулентной кинетической энергии, в правую часть которого входят члены, зависящие от вертикальных градиентов ветра и потенциальной температуры, которые продуцируют турбулентную кинетическую энергию. Масштаб длины, входящий в уравнение, рассчитывается по формуле, предложенной в работе Меллора и Ямады.

Расчеты выполняются в следующем порядке: рассчитывается турбулентная кинетическая энергия, а затем масштаб длины. После этого рассчитываются коэффициенты двух уравнений замыкания. Решением этих уравнений находятся значения двух вспомогательных функций для потоков количества движения и тепла, а по ним определяются коэффициенты вертикального турбулентного обмена для количества движения, тепла и пассивного скаляра.

Параметризация университета Ёнсей (YSU) является модификацией параметризации MRF, которая относится к классу так называемых нелокальных моделей. Не локальность состоит в том, что вводится поправка к локальному градиенту, которая учитывает вклад крупных вихрей. В схеме производится расчет коэффициента вертикального обмена для количества движения с использованием информации о вертикальных градиентах температуры и ветра, рассчитывается турбулентный аналог числа Прандтля, и определяется коэффициентом турбулентности для использования в уравнениях переноса температуры и влажности. Вклад от крупных вихрей определяется в зависимости от величины конвективных потоков на верхней границе приземного слоя, которые выражаются через функции устойчивости. По сравнению со схемой MRF, в схему YSU добавлен слой вовлечения на верхней границе пограничного слоя. Вовлечение предполагается пропорциональным потоку плавучести в приземном слое, что соответствует результатам прямого моделирования неустойчиво стратифицированного пограничного слоя. Это позволило понизить рассчитываемую высоту пограничного слоя, которая в схеме MRF систематически завышалась.

В настоящем исследовании, с использованием модели WRF, потоки количества движения и энергии для поверхностного слоя рассчитываются по схемам, основанным на теории подобия Монина-Обухова [8], которая одинаково пригодна как для поверхности суши, так и водной поверхности. Скрытый поток тепла в теории определяется соотношением:

$$E_q = L_e \rho M C_q U (q_s - q_\alpha),$$

где L_e – скрытая теплота парообразования, ρ – плотность воздуха, M – коэффициент влажности (пределы изменения величин от 0 до 1), U – скорость ветра, q_s и q_α – удельная влажность поверхности и воздуха соответственно.

Массовый переходной коэффициент C_q – рассчитывается по формуле:

$$C_q = \frac{k^2}{\left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \psi\left(\frac{z}{L}\right) \right]^2},$$

здесь k – постоянная Кармана, $\psi\left(\frac{z}{L}\right)$ – функция стабильности, которая зависит от масштаба длины Монина-Обухова L .

В модели WRF необходимо задать трехмерные начальные и граничные условия для температуры, относительной влажности, высоты геопотенциала и горизонтальных скоростей ветра, а также 2-мерные поля приповерхностного давления, относительной влажности, скоростей ветра, температуры у поверхности суши и водных объектов.

Для оценки точности воспроизведения текущего состояния регионального климата на основе РКМ, а также инициализации модели в настоящей работе используется данные реанализа ERA-Interim с шести часовым интервалом. Данные ERA-Interim имеют пространственное разрешение $1,5^\circ$ градуса по всей поверхности Земли, что составляет около 150 км для домена Центральной Азии. Поля метеорологических параметров представлены с интервалом 6 часов, на 37 изобарических уровнях.

Следует отметить, что данные реанализа ERA-Interim, по мнению многих исследователей, являются наиболее полными с точки зрения количества представленных метеорологических параметров, а также качества их воспроизведения. Продукт ERA-Interim нашел широкое применение для исследований в области прогнозов погоды и климата на основе численных гидродинамических моделей.

Несмотря на то, что глобальные климатические модели дают информацию о том, как климат Земли может измениться в будущем, последствия изменения климата и стратегии адаптации, необходимые для их решения, будут рассматриваться в региональных и национальных масштабах. Поэтому региональное климатическое моделирование в рамках про-

граммы CORDEX играет важную роль, предоставляя проекции будущего климата с гораздо большей детализацией и более точным представлением локальных экстремальных явлений. Программа CORDEX – это инициатива призванная объединить усилия региональных групп исследователей для предоставления региональной климатической информации конечным пользователям, обмена опытом и создание научного потенциала через проведение совместных семинаров и публикаций. Региональные исследовательские группы CORDEX являются частью глобальной программы исследования климата – World Climate Research Programme (WCRP) и сотрудничают с другими группами по глобальному изменению.

Вся земная поверхность разделена на домены – области исследования текущего и будущего климата на основе региональных статистических и динамических моделей (исключая области релаксации модели). В настоящее время определено 14 доменов с пространственным разрешением $0,44 \times 0,44^\circ$, что приблизительно соответствует 50 км. Каждый новый домен должен соответствовать определенным требованиям и быть одобрен научной группой – Science Advisory Team (SAT). Оценивается научная значимость выбранной территории, какая информация будет получена в результате исследований, требуются ли дополнительные сопряженные модели (т.е. модели моря или озера). Домен должен включать специфические физические процессы, важные для климатологии выбранного региона. Иметь мезомасштабные или меньшие пространственно-временные размеры, которые не отражаются более грубыми глобальными моделями. Еще одним критерием является дополнительная информация, получаемая региональными моделями по сравнению с глобальными.

Оценивается также потребность в полученной информации для конечных пользователей (международные и региональные организации, частные компании, научные сообщества и т.д.), принимающих решения по мерам адаптации и смягчению последствий изменения климата.

Необходима оценка имеющихся вычислительных ресурсов для выполнения значительного объема расчетов в соответствии со спецификациями CORDEX – пространственное разрешение региональных моделей, временной период, сценарии изменения климата. Определяется приблизительное количество численных экспериментов, количество исследовательских групп.

Для определения конфигурации домена исследований проводятся численные эксперименты по определению его чувствительности к размерам и пространственному разрешению. Позволяет ли выбор набора физи-

ческих параметров (модели земной поверхности, конвекции, радиации, облачности) более точно моделировать региональный климат. Основываясь на изложенных критериях, определяется домен исследований.

Домен Центральной Азии определен научной группой Science Advisory Team (SAT) и выглядит следующим образом (рис. 2):

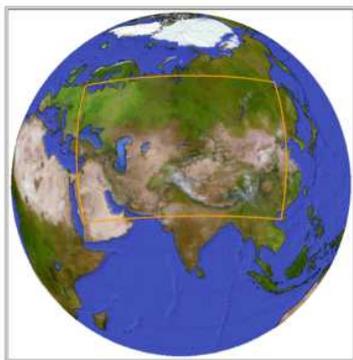


Рис. 2. Домен Центральная Азия.

Территория выбранного региона обширна и занимает огромное пространство суши земной поверхности. Она простирается на тысячи километров по Евразии, содержит большое количество рек и озёр. Рельефность поверхности изменяется от высоких гор до низменностей, лежащих ниже уровнем моря. Включает несколько климатических зон – областей земной поверхности, внутри которых приблизительно однородный климат по всей их протяжённости.

Целью численных экспериментов в настоящем исследовании является оценка того, насколько модель адекватно отражает процессы, происходящие в атмосфере, на суше и водной поверхности, при взаимном влиянии, ошибки воспроизведения данных наблюдений и ограничения модели. Результаты наземных наблюдений и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) обеспечивают модель входными данными и также используются для калибровки и верификации, а моделирование в дальнейшем позволяет получить характеристики сред для неизученных ситуаций. Климатическая модель с оптимально заданными параметрами, позволит провести численные эксперименты по оценке будущего климата в пределах домена Центральная Азия при различных сценариях выбросов парниковых газов.

В настоящей работе рассматриваются 3 различных варианта задания параметров модели WRF. Используется комбинация схемы планетарного пограничного слоя MYJ PBL в сочетании с микрофизикой Томпсона (Thompson microphysics); во втором варианте используется та же микрофизика, но пара-

метры пограничного слоя задаются по схеме YSU PBL; в третьем варианте используется микрофизика WSM6 в комбинации с YSU схемой.

Результаты расчетов приземной температуры для исследуемого домена Центральной Азии показали, что все 3 комбинации схем микрофизики и пограничного слоя адекватно отражают сезонные годовые колебания. На рис. 3 показаны поля приземной температуры, полученные по выходным данным модели и интерполированным в узлы пространственной сетки данным наблюдений CRU – Climate Research Units.

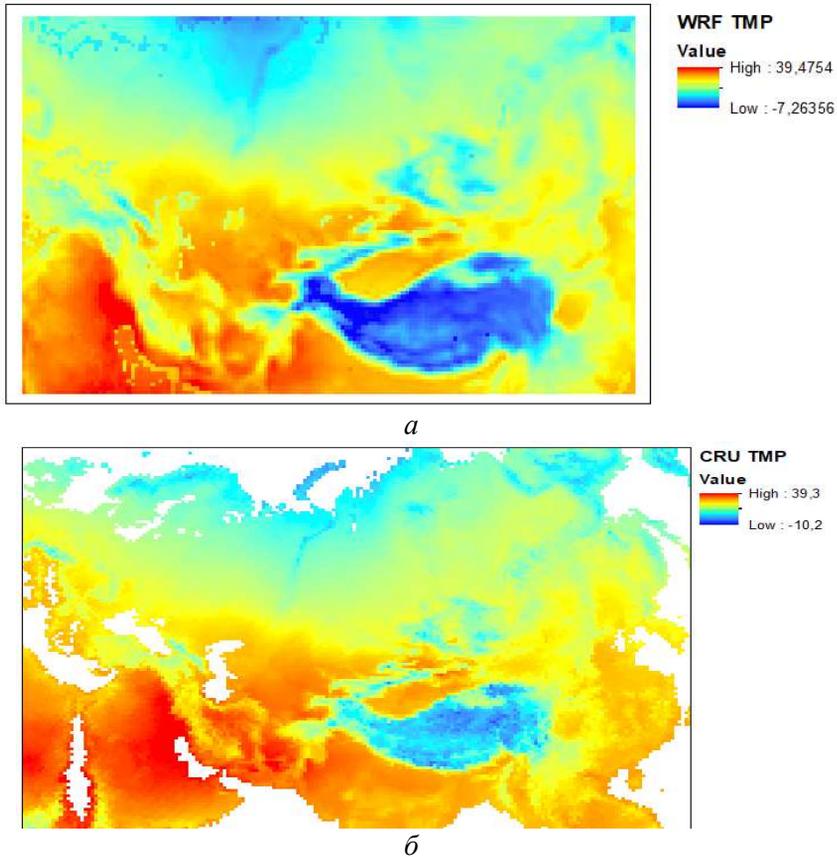


Рис. 3. Поля приземной температуры по данным расчетов (а) и наблюдений (б).

Годовой ход температуры для данных CRU и WRF, приведенный в качестве примера для г. Алматы, показывает хорошее соответствие (рис. 4).

Разница температурных полей между расчетными и наблюдаемыми данными лежит в диапазоне ± 9 °С. Пространственная изменчивость разности температур зависит от сложности рельефа, а также от количества наблюдательных станций и их частоты (рис. 5).

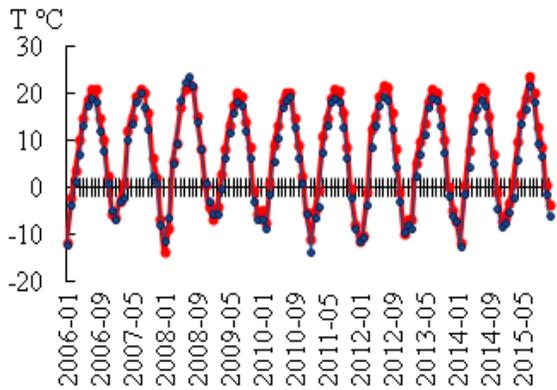


Рис. 4. Годовой ход приземной температуры по данным CRU (красная линия) и WRF (синяя линия).

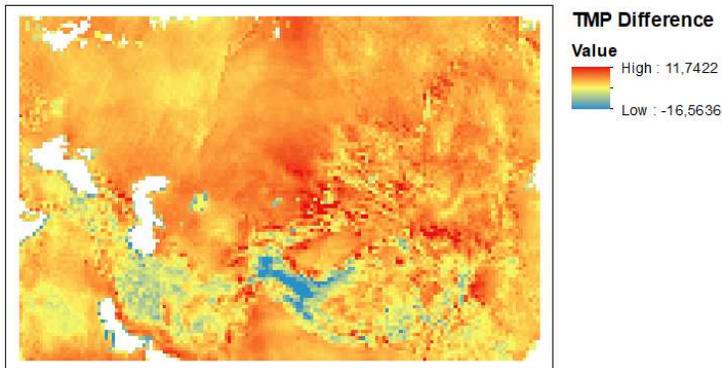


Рис. 5. Разница температур между данными CRU и WRF.

Анализ выходных данных модели показал, что схема с микрофизикой WSM6 в комбинации с YSU схемой завышает отрицательные значения приземной температуры в холодный период (рис. 6).

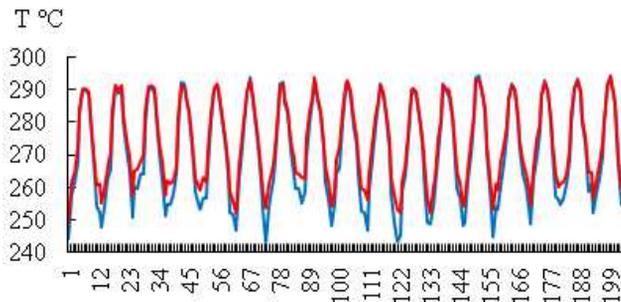


Рис. 6. Годовой многолетний ход температуры с использованием схем MYJ PBL + Thompson (красная линия) и WSM6 + YSU (синяя линия).

Осадки в модели WRF рассчитывались по трем уже упомянутым выше схемам параметризации.

Дождевые осадки для всех схем схожи, однако, для параметризации с заданием WSM6-микрофизика – значительно выше в местах их интенсивного выпадения. Как результат средние за год осадки по схеме WSM6 завышают данные при использовании схемы YSU-Thompson, а для схемы MYJ-Thompson эта величина имеет небольшие отклонения от схемы YSU-Thompson, что говорит о незначительной разнице при использовании различных схем параметризации пограничного слоя.

В исследовании [5] было проведено сравнение данных мульти-спутникового анализа, продукта 3B43 (the TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA)) с данными наземных наблюдений глобального климатического центра осадков (Global Precipitation Climatology Center (GPCC)). Результаты сравнения показали, что сезонные данные 3B43 хорошо согласуются с данными GPCC как в пространственном распределении, так и во временных вариациях. Комбинация TMPA и GPCC позволила повысить точность данных и расширить их пространственный диапазон от 50° с.ш. до 50° ю.ш.

Осадки за период с 1 декабря 2007 г. по 1 декабря 2008 г., полученные по результатам моделирования, сравнивались с данными, полученными по спутниковым наблюдениям TRMM-GPCC. Для оценки результатов моделирования с использованием различных схем параметризации было проведено сравнение годовых сумм осадков с данными космического мониторинга. Моделирование с микрофизикой Томпсона слегка недооценивает общее количество осадков, а значения по схеме WSM6 больше, чем спутниковые наблюдения. Основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод, что данные моделирования с использованием схем параметризации для пограничного слоя MYJ PBL и микрофизики Thompson хорошо согласуются с данными наблюдений за осадками.

В заключение необходимо отметить, что численная региональная модель WRF с подобранными схемами параметризации, по результатам калибровки и верификации, может быть использована для моделирования проекций будущего климата в пределах домена Центральная Азия для различных сценариев содержания парниковых газов в атмосфере (RCP 4.5, RCP 8.5).

Данная работа выполнена при поддержке грантового финансирования научных проектов КН МОН РК № AP05135848 «Моделирование будущего климата Центральной Азии в рамках международного проекта CORDEX (COordinated Regional climate Downscaling Experiment)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шерстюков Б.Г., Салугашвили Р.С. Новые тенденции в изменениях климата Северного полушария Земли в последнее десятилетие // Тр. ГУ ВНИИГМИ-МЦД. – 2010. – Вып. 175. – С. 43-51.
2. Klemp J.B., Skamarock W.C., and Dudhia J. Conservative split-explicit time integration methods for the compressible nonhydrostatic equations *Mon. Wea. Rev.*, 2007:135, 20-36.
3. Michalakes J., Chen S., Dudhia J., Hart L., Klemp J., Middlecoff J. and Skamarock W. Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model. *Developments in Teracomputing: Proceedings of the Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology*. Eds. Walter Zwiefelhofer and Norbert Kreitz // World Scientific. – 2001. – P. 269-275.
4. Michalakes J., Dudhia J., Gill D., Henderson T., Klemp J., Skamarock W., and Wang W. The Weather Research and Forecast Model: Software Architecture and Performance. *Proceedings of the Eleventh ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology*. Eds. Walter Zwiefelhofer and George Mozdzyński // World Scientific. – 2005, P. 156-168.
5. Schneider et al (2017): Evaluating the Hydrological Cycle over Land Using the Newly-Corrected Precipitation Climatology from the Global Precipitation Climatology Centre (GPCC).
6. Skamarock W. et al, A Description of the Advanced Research WRF Version 2, NCAR Technical Memorandum, NCAR/TN-468+STR, 2005.
7. Takle E.S., and Coauthors, 1999: Project to Intercompare Regional Climate Simulations (PIRCS): Description and initial results. *J. Geophys. Res.*, 104 (D16), 19 443–19 461. Tao, W.-K., and J. Simpson, 1989: Modeling study of a tropical squall-type convective line. *J. Atmos. Sci.*, 46, 177–202.
8. Tao, W.-K., and J. Simpson, 1989: Modeling study of a tropical squall-type convective line. *J. Atmos. Sci.*, 46, 177–202.
9. Zhu, J., and X.-Z. Liang, 2005: Regional climate model simulation of U.S. soil temperature and moisture during 1982–2002. *J. Geophys. Res.*, 110, D24110, doi:10.1029/2005JD006472.

Поступила 26.09.2018

	И.В. Каипов
Техн. ғылымд. канд.	Н.Р. Юничева
Геогр. ғылымд. канд.	И.Б. Есеркепова
	К. Бостанбеков

«ОРТАЛЫҚ АЗИЯ» ДОМЕНІНЕ АРНАЛҒАН САНДЫҚ АЙМАҚТЫҚ КЛИМАТТЫҚ МОДЕЛЬДІҢ ОҢТАЙЛЫ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТАҢДАУ

Түйінді сөздер: климат, өңірлік климаттық модель, сандық эксперимент, оңтайлы параметрлер

Аумақтық климаттық моделі негізінде сандық тәжірибелер, климаттық жүйенің жер беті температурасы және жауын-шашын сияқты элементтерін шығаруға тиімді параметрлерді таңдап алуға мүмкіндік берді. Шекаралық және бастапқы шарттар ретінде Еуропалық орталықтың ауа-райының орташа тәуліктік болжауының Era-Interim қайта талдау мәліметтері қолданылды. Тиімді тапсырылған параметрлермен климаттық моделі, Орталық Азия домені шегіндегі парникті газдардың шығарылуының әртүрлі сценарилері бойынша болашақ климат параметрлерін бағалауға мүмкіндік береді.

Kaipov I.V., Yunicheva N.R., Yesserkepova I.B., Bostanbekov K.

SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS OF THE NUMERICAL REGIONAL CLIMATIC MODEL (RCM) FOR THE CENTRAL ASIA DOMAIN

Key words: climate, regional climate model, numerical experiments, optimal parameters

Based on a regional climate model the numerical experiments made it possible to select the optimal ones for reproducing such elements of the climate system as the surface temperature and precipitation. As the boundary and initial conditions the data of the Era-Interim European Center for Medium-Range Forecasts reanalysis were used. The climate model with optimally specified parameters will provide an opportunity to assess the parameters of the future climate within the Central Asia domain under different greenhouse gas emission scenarios.

УДК 551.584.5; 551.582

Канд. техн. наук К.К. Дускаев¹
С.Т. Ахметова¹
А.Р. Сулейменова¹
Г.О. Оракова¹

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ОСАДКОВ В ГОРОДЕ АЛМАТЫ

Ключевые слова: осадки, температура воздуха, аномалии, среднее квадратическое отклонение, дефицит осадков, норма

В данной работе рассмотрены особенности временного распределения основных климатических параметров (температуры воздуха и атмосферных осадков) в городе Алматы за период 1915...2014 годы. Одной из серьезных проблем человечества на сегодняшний день является глобальное изменение климата. Поэтому исследование временного хода температуры и осадков в настоящее время является одной из актуальных задач. Колебания температуры и количества осадков напрямую влияют на сток рек и, в общем, на гидрологический режим. В работе анализируются временной ход температуры воздуха и атмосферных осадков. Сопоставлены средние месячные значения температуры и осадков по десятилетиям. Рассчитаны средние квадратические отклонения температуры воздуха и определены крупные аномалии (величиной $1,5\sigma$). За рассматриваемые сезоны найдены годы с дефицитом осадков и с обильными осадками. Определено, что в последние десятилетия число положительных аномалий температуры увеличилось.

В последние десятилетия отмечается потепление климата, которое проявляется как в глобальном масштабе, так и на всей территории Казахстана. Повышение приземной температуры воздуха происходит также и в Алматы. Изменение климата оказывает влияние на многие природные процессы, в том числе на гидрологический режим рек. Поэтому важно выявить эти изменения и оценить, насколько они обусловлены такими характеристиками климата как температура воздуха и атмосферные осадки [2].

¹ КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

На территории Казахстана неравномерное распределение осадков и изменчивость температуры обусловлены большой широтной протяженностью и физико-географической неоднородностью. Местные резко континентальные условия определяют неустойчивость метеорологических величин, что влияет на многие отрасли экономики, особенно на сельское хозяйство, строительство, нефтегазовую промышленность. Знание тенденций их изменения позволяют выбрать оптимальную стратегию оперативной работы и уменьшить убытки, связанные с опасными перепадами температуры и с дефицитом или переизбытком осадков, а в некоторых случаях иметь ощутимую прибыль. За последнее десятилетие в мировой научной литературе широко обсуждается проблема изменения климата, как для отдельных районов, так и для всего земного шара.

Рельеф земной поверхности играет важную роль в распределении осадков. Характер изменения количества выпадающих осадков с высотой местности, как известно, имеет определенные закономерности, зависящие от экспозиции горных склонов относительно проходящих фронтальных разделов, крутизны склонов, высоты гор и т.д. [3, 5]. Основными факторами, определяющими температурный режим, тип и движение воздушных масс, развитие фронтальных процессов и атмосферных осадков для формирования любого земного климата, являются радиационные и циркуляционные условия. В то же время важно влияние атмосферной циркуляции, проявляющееся в сложном чередовании холодных и теплых воздушных масс, и их взаимодействии в разных сезонах.

Как известно, тепловая энергия лежит в основе всех атмосферных процессов и поэтому температура воздуха является одним из важнейших элементов погоды и климата. Термический режим воздуха формируется под влиянием как макромасштабных, так и местных факторов. К макромасштабным факторам относят атмосферную циркуляцию, радиационный режим и характер подстилающей поверхности, определяемые широтой местности, степенью континентальности и макрорельефом. Кроме них на термический режим оказывают влияние и местные условия: мезо- и микрорельеф, характер растительности и почв, близость водоемов и т. д., что приводит к сложной картине пространственно-временного распределения температуры. Эти факторы приводят к большому разнообразию температурных условий в Казахстане [12].

Город Алматы расположен в центре Евразийского континента, на юго-востоке Республики Казахстан, в предгорьях Илейского (Зайлиско-

го) Алатау. Географические координаты: 77° в.д. и 43° с.ш. Алматы находится на одной параллели с такими известными городами как Гагры и Владивосток. Это такой же предгорный город как Душанбе или Ереван. Общая площадь города около 702 км². Он расположен в долине рек Большая и Малая Алматинка и их притоков, стекающих с ледников. Горные реки и озера – главный источник водоснабжения Алматы. Климат в городе резко-континентальный со значительными колебаниями температуры не только между сезонами, но и в течение суток [4].

Изучением аномалий температуры и осадков на территории Казахстана занимались такие ученые, как Чичасов Г.Н., Турулина Г.К., Боголюбова Е.В. [1, 9, 11]. В данной работе рассмотрен временной ход температуры и атмосферных осадков в г. Алматы за 100 лет. Для исследования взяты среднемесячные значения температуры воздуха и количество осадков для М Алматы за период 1915...2014 гг.

Изменчивость температуры воздуха и осадков является важным фактором. Она характеризуется следующими статистическими параметрами: аномалия, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Статистические характеристики среднемесячных температур исследовались Чичасовым Г.Н. и другими учеными [6, 8]. Одна из основных характеристик изменчивости температуры и осадков – среднее квадратическое отклонение.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x)^2}{n-1}} . \quad (1)$$

Этот показатель более удобен, чем дисперсия, поскольку он определяется средним отклонением. Среднее квадратическое отклонение показывает отклонение от среднеарифметического значения в вариационном ряду [7].

Для определения месяцев с дефицитом и избытком осадков используется общепринятая классификация. Дефицит осадков – (менее 80 %), нормальные условия осадков – (от 80 до 120 %), избыточное увлажнение (выше 120 %). Одной характеристики R_i недостаточно, также нужно знать вероятность события P :

$$P = \frac{R_i}{R} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где R_i – количество выпавших осадков за данный месяц, мм; R – среднее многолетнее количество осадков за данный месяц, мм.

Казахстан расположен в центре материка. Поэтому распределение осадков и температуры имеет свои особенности. Согласно исследованиям Утешева А.С., вынос теплых и холодных воздушных масс и циркуляция атмосферы при их взаимодействии в разных климатических условиях способствуют формированию осадков. Все это приводит к их большому разнообразию. Интенсивность сезонных и межгодовых колебаний температуры и осадков в Казахстане отличается большими суточными и годовыми амплитудами. Орографическое расположение города влияет на интенсивность и продолжительность осадков [10]. В настоящее время вследствие глобального потепления наблюдается изменение количества осадков.

Важным является исследование временного хода температуры. В табл. 1 даны средние значения сезонной температуры воздуха по десятилетиям за 1915...2014 гг.

Таблица 1

Средние значения температуры воздуха и атмосферных осадков по десятилетиям

Период	Зима		Весна		Лето		Осень	
	$t, ^\circ\text{C}$	$R, \text{мм}$						
1915...1924	-5,7	29,2	9,7	83,5	22,1	37,3	10,2	36,8
1925...1934	-6,7	29,4	9,7	77,3	22,1	38,9	9,0	40,0
1935...1944	-5,5	31,0	9,9	80,7	22,6	33,2	9,1	46,3
1945...1954	-5,9	30,8	9,7	89,8	21,7	48,9	8,7	46,0
1955...1964	-4,8	34,0	9,5	104,2	22,1	47,2	9,3	39,8
1965...1974	-5,9	30,9	9,6	96,1	22,0	40,6	9,2	44,6
1975...1984	-4,7	34,9	10,2	91,1	22,6	38,0	9,2	50,4
1985...1994	-3,3	41,6	9,3	95,8	22,2	42,0	9,4	44,7
1995...2004	-2,9	42,1	10,4	93,9	22,8	50,7	10,4	47,9
2005...2014	-4,1	39,8	11,8	93,7	23,7	38,9	11,2	46,3

Согласно табл. 1, в последние десятилетия наблюдалось небольшое повышение температуры, особенно зимой. Например, если средняя температура в период 1925...1934 гг. год была $-6,7 ^\circ\text{C}$, то за последнее десятилетие она менялась от $-2,9 ^\circ\text{C}$ до $-4,1 ^\circ\text{C}$. Такая же тенденция наблюдается и во временном ходе осадков.

Временной ход средней температуры воздуха и атмосферных осадков в г. Алматы за зимний сезон приведены на рис. 1. Средняя температура воздуха в зимнее время в течение 100 лет колебалась от $-2,9 ^\circ\text{C}$ до $-6,7 ^\circ\text{C}$. В результате рассмотрения по десятилетиям мы видим, что в последние годы температура уменьшилась по сравнению с предыдущим десятилетием. Минимальные значения средней температуры воздуха в зим-

ний сезон наблюдались в 1925...1934 годах, а наибольшее значение в 1995...2004 годах. Количество атмосферных осадков менялось аналогично ходу температуры. Повышенным значениям температуры соответствует увеличение количества осадков. Атмосферные осадки колебались в пределах 29,2 и 42,1 мм. На рис. 1 видим, что в последние годы температура воздуха и атмосферные осадки уменьшились.

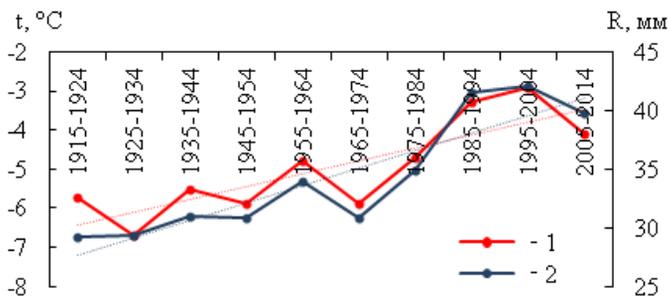


Рис. 1. Средние значения температуры воздуха (1) и атмосферных осадков (2) в зимний период по М Алматы.

На рис. 2 можно увидеть ход средней температуры и атмосферных осадков в г. Алматы за весенний период.

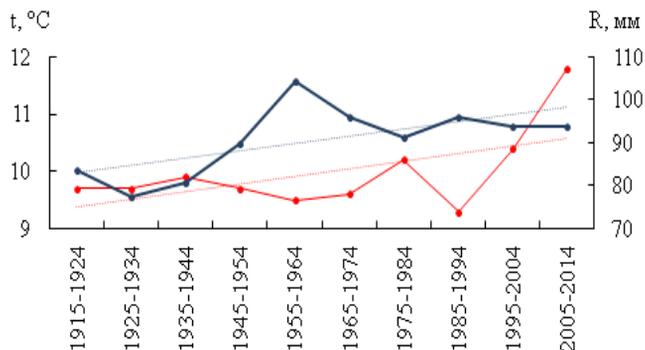


Рис. 2. Средние значения температуры воздуха и атмосферных осадков в весенний период по М Алматы. Усл. обозн. см рис. 1.

Согласно рис. 2, в весеннее время наблюдается увеличение температуры. Средняя температура воздуха весной была равномерно распределена до 6-го десятилетия (9,5...9,9 °C), затем несколько увеличилась в 7-м десятилетии (10,2 °C). Максимальные значения составляли 11,8 °C в 2005...2014 годах, а минимальное значение составляло 9,3 °C в период 1985...1994 годов. В этом десятилетии наблюдалась низкая средняя температура в марте, апреле и мае. Максимальное значение осадков в весеннее время составляло 104,2 мм (1955...1964 гг.). Минимальные значения –

77,3 мм в 1925...1934 гг. В последние 20 лет наблюдается незначительное уменьшение количества осадков.

В результате сравнения средних значений первого десятилетия с результатами последнего, наблюдается значительное повышение температуры.

На рис. 3 показан ход средней температуры и осадков в г. Алматы в летний период.

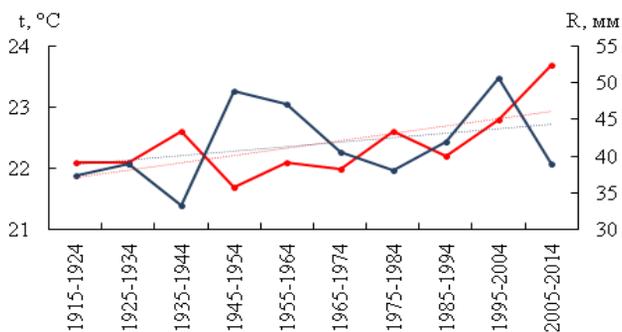


Рис. 3. Средние значения температуры воздуха и атмосферных осадков в летний период по М Алматы. Усл. обозн. см рис. 1.

Судя по средним значениям летнего сезона, температура повысилась, а количество осадков за последнее десятилетие резко сократилось.

Летом средняя температура воздуха изменилась за десятилетия в интервале 21,7...22,8 °С, в последнее десятилетие (2005...2014 гг.) наблюдалась максимальная средняя температура, которая составила 23,7 °С. Среднее минимальное значение температуры воздуха летом отмечалось в период 1945...1954 гг. и составило 21,7 °С. Количество атмосферных осадков выпадало неравномерно. В 1915...1924 гг. наблюдалось минимальное значение, которое составляло 37,3 мм, а максимальное значение в 1995...2004 гг. составляло 50,7 мм. Вероятнее всего, на фоне повышенной температуры воздуха в 2005...2014 гг. количество атмосферных осадков уменьшилось. В 1945...1954 и 1955...1964 годах соотношение между температурой и осадками было противоположным.

В осенний период значительных отклонений во временном ходе средних значений температуры воздуха и атмосферных осадков нет (рис. 4). Средняя температура воздуха изменялась с 8,7 °С (в 4-м десятилетии) до 11,2 °С (за последнее десятилетие). Наблюдается устойчивая тенденция повышения температуры с 1975...1984 гг. Средние значения осадков колеблются в интервале 36,8...50,4 мм. После 1975...1984 годов количество осадков уменьшилось, затем снова наблюдается рост и в последнее десятилетие снова идет спад.

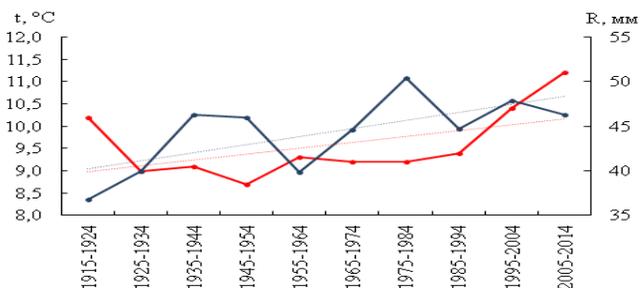


Рис. 4. Средние значения температуры воздуха и атмосферных осадков в осенний период по М Алматы. Усл. обозн. см рис. 1.

Долгосрочное прогнозирование аномалий осадков и температуры является одной из важнейших и сложных задач метеорологии. Аномалиям посвящены многие работы, в которых в основном исследуют синоптические методы долгосрочного прогнозирования.

В табл. 2 приведена повторяемость (число случаев) крупных положительных (N+) и отрицательных (N-) аномалий температуры воздуха для М Алматы.

Таблица 2

Число случаев с крупными положительными (N+) и отрицательными (N-) аномалиями температуры воздуха на М Алматы

Сезон															
зима				весна				лето				осень			
$ A_1 \geq \sigma$		$ A_1 \geq 1,5\sigma$		$ A_1 \geq \sigma$		$ A_1 \geq 1,5\sigma$		$ A_1 \geq \sigma$		$ A_1 \geq 1,5\sigma$		$ A_1 \geq \sigma$		$ A_1 \geq 1,5\sigma$	
+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
45	46	12	24	44	46	25	21	27	25	8	10	42	37	20	18

Крупные аномалии температуры воздуха распределены неравномерно. Самые высокие значения аномалий наблюдаются зимой и весной. Летом число аномалий выше среднеквадратического отклонения составляет 25...27. Если рассматривать по десятилетиям, то в первые десятилетия преобладало количество отрицательных аномалий (1915...1924, 1925...1934, 1935...1944, 1945...1954, 1955...1964), а положительные аномалии преобладали в течение последних десятилетий.

За исследуемый период были рассчитаны статистические характеристики температуры воздуха и осадков. В табл. 3 показаны значения

среднего квадратического отклонения температуры и осадков за исследуемый период, рассчитанные по формуле (1).

Таблица 3
Среднее квадратическое отклонение температуры воздуха и осадков

Месяц	σ_T	σ_R
Январь	2,9	14,1
Февраль	3,5	15,9
Март	2,7	30,8
Апрель	1,9	47,2
Май	1,6	43,9
Июнь	1,4	33,2
Июль	1,2	24,9
Август	1,3	19,5
Сентябрь	1,5	20,1
Октябрь	2,0	34,1
Ноябрь	2,8	24,5
Декабрь	3,5	18,9

Согласно табл. 3, максимальное значение среднего квадратического отклонения температуры в феврале и декабре составило 3,5, а минимальное значение в июле составляло 1,2. Среднее квадратическое отклонение уменьшается от холодного периода к теплomu, что указывает на снижение изменчивости температуры. Максимальное среднее квадратическое отклонение осадков в апреле составляло 47,2, а минимальное значение в январе – 14,1.

Для всех сезонов года по формуле (2) было определено общее количество случаев с дефицитом и избытком осадков (табл. 4).

Таблица 4
Количество избыточно увлажненных и засушливых случаев по сезонам года

Сезон	Дефицит	Избыточное увлажнение
зима	119	69
весна	110	87
лето	119	97
осень	130	89

Из данных табл. 4 видно, что дефицит осадков наблюдается во все сезоны года, особенно осенью. Значение избыточного увлажнения самое высокое летом.

Опираясь на анализ средних многолетних значений температуры и осадков, можно дать достоверный прогноз погоды в будущем.

Температура и осадки являются теми климатическими параметрами, от которых напрямую зависит речной сток. В горных районах за счет

увеличения зимних осадков увеличиваются снегозапасы, что приводит, в условиях повышения температуры воздуха, к увеличению стока в весенний период. Повышение температуры воздуха не столь существенно, чтобы привести к значительно более раннему оттаиванию почвогрунтов и, как следствие, к увеличению потерь стока в период весеннего половодья. В целом можно сказать, что при увеличении осадков и температуры сток рек увеличивается и наоборот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголюбова Е.В., Балтабаева Д.Б. Пространственно-временная статистическая структура поля месячных сумм осадков на территории Казахстана летом // Гидрометеорология и экология. – 2003. – №4. – С. 43-50.
2. Вердиев Р.Г. Водные ресурсы рек Восточного Кавказа в условиях изменения климата. – Баку: 2002. – С. 46-50.
3. Жексенбаева А.К. Статистические характеристики осадков в Северном Казахстане // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2016. – №5. – С. 80-84.
4. Климат Казахстана / под ред. Утешева А.С. – Л.: Гидрометиздат, 1959. – С. 189-289.
5. Кожахметова Э.П. О точности воспроизведения температуры и осадков глобальным климатическим архивом CRU TS 2.1 на территории Казахстана // Вестн. КазНУ. Серия эколог. – 2013. – Т. 1, №2. – С. 78-84.
6. Крышнякова О.С., Малинин В.Н. Анализ трендов температуры воздуха и осадков на Европейской территории России // География: наука и образование в системе «общество – школа – университет»: Матер. междунар. науч.-прак. конф., Санкт-Петербург, Россия, 2007 – Санкт-Петербург, 2007. – С. 240-243.
7. Садоков В.П., Дмитриева Л.Р., Кузнецова Н. Н., Акимов И.В. Анализ временной и пространственной структуры среднего квадратического отклонения количества осадков в Республике Казахстан и прилегающих районах // Тр. Гидрометцентра России. – 2001. – № 336. – С. 94-106.
8. Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н., Федунова Т.М. Многолетние данные по осадкам и атмосферной засушливости для территории Северного Казахстана // Тр. Гидрометцентра России. – 2001. – №336. – С. 107-115.
9. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е. Изменчивость экстремальных температур воздуха на территории Казахстана // Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в

- Республике Казахстан: Матер. междунар. науч.-прак. конф., Алматы, Казахстан, 2010. – Алматы, 2010. – С. 106-112.
10. Чередниченко А.В. Временные ряды температуры и осадков. Статистический анализ. – Алматы, 2013. – С. 36-37
 11. Чичасов Г.Н. О пространственно-временной структуре крупных аномалий термического режима в Казахстане // Тр. КазНИИ. – 1987. – №96. – С.47-63
 12. Cherednichenko A.V. Climate change in the City of Almaty during the past 120 years // Quaternary International journal. [Электрон. ресурс]. – 2015. – URL: <http://www.elsevier.com/locate/quaint> (дата обращения 20.08.2018).

Поступила 12.07.2018

Техн. ғылымд. канд. К.К. Дускаев
 С.Т. Ахметова
 А.Р. Сулейменова
 Г.О. Оракова

АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ БОЙЫНША АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫ МЕН ЖАУЫН-ШАШЫННЫҢ ӨЗГЕРУ ДИНАМИКАСЫ

Түйін сөздер: қарқынды жауын-шашындар, ауа температурасы, ірі аномалия, орташа квадраттық ауытқу, жауын-шашынның тапшылығы, норма

Мақалада Алматы станциясы бойынша ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашынның 1915...2014 жылға дейінгі уақыттық таралу ерекшеліктері қарастырылған. Бүгінде адамзаттың негізгі проблемаларының бірі климаттың жаһандық өзгеруі болып табылады. Сонғы жылдарда бүкіл әлемде байқалған катаклизмдердің динамикасының өсуі ғалымдар, саясаткерлер, кәсіпкерлердің алаңдаушылығын тудырады. Соңдықтан, ауа температурасы мен атмосфералық жауын-шашынның уақыттық жүрісін зерттеу қазіргі таңда жаһандық өзекті міндеттерінің бірі болып табылады. Температураның және жауын-шашынның ауытқуы өзендердің ағыны мен жалпы гидрологиялық режимге тікелей әсер етеді. Бұл жұмыста сонымен қатар, ауа температурасы мен жауын-шашындардың уақыттық жүрістері қарастырылды. Оңжылдықтар бойынша температура мен жауын-шашынның орташа айлық мәндері салыстырылды. Ауа температурасының орташа квадраттық ауытқуы есептелініп, ірі аномалиялары (1,5 σ шамасымен) анықталды. Барлық берілген жыл

мезгілдері бойынша атмосфералық жауын-шашынның тапшы, аса ылғалды жылдары табылды. Соңғы онжылдықтарда ауа температурасының оң таңбалы аномалия жағдайлар саны көбейгені анықталды.

Duskaev K.K., Akhmetova S.T., Suleymenova A.R., Orakova G.O.

DYNAMICS OF CHANGING AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN THE ALMATY CITY

Keywords: precipitation, air temperature, anomalies, standard deviation, precipitation deficit, normal

The article considers the features of the temporal distribution of main climatic characteristics (air temperature and atmospheric precipitation) in the city of Almaty for 1915...2014. Today, one of the major problems of mankind is global climate change. The growth of the dynamics of cataclysms, which has been observed recently in the whole world, causes serious concern of scientists, politicians, businessmen. Therefore, the study of the time course of temperature and precipitation is currently one of the urgent problems. Fluctuations in temperature and precipitation directly affect river flow and, in general, the hydrological regime. Also, the work considers the time course of air and precipitation temperature. Mean monthly values of temperature and precipitation are compared for decades. The mean square deviations of the air temperature are calculated and large anomalies ($1,5 \sigma$) are determined. For all the seasons in question, years have been found with a deficit of rainfall and abundant rainfall. It is determined that in recent decades the number of positive temperature anomalies has increased.

УДК 551.582:551.52/57

Г.Е. Монкаева¹

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ:
КУРОРТНОЙ ЗОНЫ БОРОВОЕ, ВЫСОКОГОРНОГО КАТКА
«МЕДЕУ» И ГОРНОЛЫЖНОГО КУОРТА «ШЫМБУЛАК»**

Ключевые слова: климатические условия, рекреационные ресурсы, изменение климата, воздействие на рекреационные объекты

В статье рассмотрены климатические условия нескольких рекреационных объектов на территории северного и юго-восточного Казахстана. Определены благоприятные и не благоприятные условия для отдыха.

Изменение климата сказывается на окружающей среде, в том числе на рекреационных ресурсах страны. Развитие рекреационных ресурсов и туризма в нынешнем веке актуальный вопрос для экономики в целом, поэтому далее рассмотрим влияние изменения климата на рекреационные объекты, отдых и туризм.

Климат – это природный ресурс, жизненно важный для благосостояния, здоровья и процветания населения любого государства [1].

Изменение климата – это вызываемые деятельностью человека наблюдаемые и прогнозируемые долгосрочные изменения средних климатических показателей, а также изменчивость климата, включая такие аномалии как засухи, сильные штормы и наводнения [3].

Климатическое воздействие – последствия изменения климата для природы, хозяйственных объектов, экономики, общества и безопасности. Влияние изменения климата Казахстана может привести к ухудшению развития рекреационного туризма и отдыха.

Рекреационные ресурсы – это ресурсы, используемые для отдыха, лечения и туризма. Они бывают двух видов – природно-рекреационные и культурно-исторические. К природно-рекреационным ресурсам относятся водоемы, леса, горы, минеральные источники, лечебные грязи, уникальные объекты природы (водопады, пещеры, каньоны и др.). Культурно-исторические ресурсы – это объекты, созданные человеком: древние горо-

¹ Казгидромет, г. Алматы, Казахстан

дища, мавзолеи, крепости, храмы, наскальные рисунки, архитектурные сооружения, музеи. Они составляют культурное наследие страны и привлекают множество туристов [5].

27 июня 2017 г. правительство Казахстана приняло Концепцию развития туристской отрасли до 2023 г., которая предусматривает создание шести региональных культурно-туристских кластеров: «Астана – сердце Евразии», «Алматы – свободная культурная зона Казахстана», «Жемчужина Алтая», «Возрождение Великого Шелкового пути», «Каспийские ворота» и «Единство природы и кочевой культуры» [6]. Беря во внимание Концепцию, и учитывая изменение климата Казахстана, для исследования были отобраны следующие объекты: на юго-востоке высокогорный каток «Медеу» и горно-лыжный курорт мирового класса «Шымбулак», на севере – известная в СНГ курортная зона Боровое. Данные рекреационные объекты привлекают не только казахстанцев, но и иностранных туристов.

Известно, что во всем мире увеличивается глобальная температура воздуха. В будущем это может привести к истощению водных ресурсов земли и нашей страны. Так же в мире увеличивается количество случаев экстремальных явлений, это свойственно и для нашего региона.

При планировании отдыха необходимо учитывать погодные условия, которые определяются климатом. Рассмотрим условия экстремальности климата и его воздействия на здоровье человека. Такие метеорологические условия как: сильная и продолжительная жара, морозы, экстремальные осадки, могут привести не только к испорченному отдыху, но и к ухудшению состояния здоровья. Необходимо учитывать среднегодовые максимальные и минимальные температуры, характерные для того или иного региона, где вы желаете отдохнуть.

В табл. 1 представлен список метеорологических станций (М), расположенных в регионах Казахстана с рассматриваемыми рекреационными объектами.

Таблица 1

Список станций, прилегающих к исследуемым рекреационным объектам

Станция	Область
<i>Курортная зона Щучинск – Боровое</i>	
Кокшетау	Акмолинская
Щучинск	Акмолинская
<i>Высокогорный каток «Медеу» и горно-лыжный курорт «Шымбулак»</i>	
Озеро Улькен Алматы	Алматинская
Мынжылки	Алматинская

Максимальные температуры в рассматриваемом регионе за период 1981...2010 гг. в июле в пределах +22...+25 °С, а минимальные наблюдаются в январе в пределах -22...-24 °С. Средняя многолетняя температура меняется в пределах от -2 до +5 °С.

В настоящее время глобальное потепление – факт, так как это фиксируется практически во всем мире. В Пятом докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) приводятся новые свидетельства изменения климата, полученные в результате множества независимых исследований, основанных на наблюдениях за климатической системой, палеоклиматических данных, теоретических исследованиях климатических процессов и использовании климатических моделей [2, 9].

На рис. 1 представлен ход среднегодовой температуры воздуха за период 1941...2017 гг. Здесь видно, что на М Кокшетау и М Щучинск температура воздуха растет и за последние десятилетия значения температуры воздуха на обеих станциях увеличилось на 1 °С.

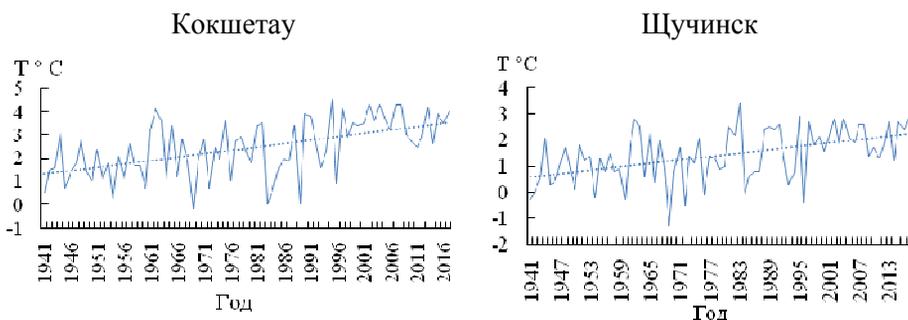


Рис. 1. Многолетний ход температуры воздуха за период 1941...2017 гг. на М Кокшетау и М Щучинск.

Средние многолетние месячные суммы осадков на М Кокшетау и М Щучинск осредненные за период 1981...2010 гг. показали, что максимум осадков наблюдается летом и составляет 150...160 мм, минимум приходится на ноябрь-декабрь, 34...37 мм.

На рис. 2 представлен ход средних многолетних значений осадков за период 1941...2017 гг. для М Кокшетау и М Щучинск. Годовые суммы осадков колеблются в пределах от 200 до 600 мм. В годовых значениях сумм осадков изменения не выявлены, что подтверждается линией тренда.

Средняя годовая скорость ветра на М Кокшетау за период 1981...2010 гг. изменялась в пределах 3,6...4,5 м/с. Максимальные значения зафиксированы в пределах от 24 до 34 м/с, порывы могут достигать 42 м/с. Направление ветра зимой южное и юго-западное, летом – западное, юго-западное и северо-западное (рис. 3).

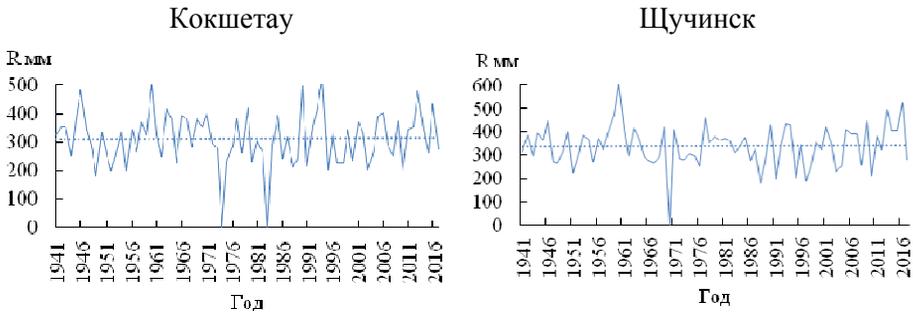


Рис. 2. Многолетний ход сумм осадков за период 1941...2017 гг. на М Кокшетау и М Щучинск.

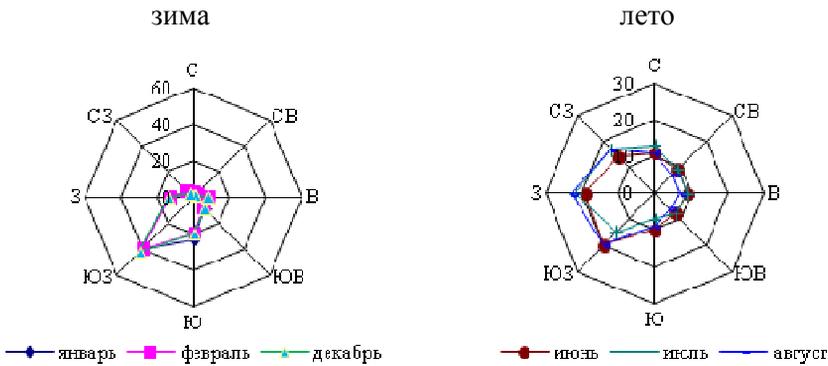


Рис. 3. Повторяемость направления ветров на М Кокшетау зимой и летом, %.

Рассмотрим климатические условия рекреационных объектов, которые находятся на юго-востоке страны: это высокогорный каток «Медеу» и горнолыжный курорт «Шымбулак».

Максимальные температуры на юго-востоке Казахстана в июле варьируют в пределах $+23...+27^{\circ}\text{C}$, минимальные в январе $-18...-21^{\circ}\text{C}$. В горных районах максимальные температуры в июле $+11...+14^{\circ}\text{C}$, минимальные $-13...-15^{\circ}\text{C}$. Средний многолетний ход температуры воздуха за период 1941...2017 гг. приведен на рис. 4. На рисунке видно, что на М Мынжилки и М оз. Улькен Алматы так же, как и на М Кокшетау и М Щучинске средняя годовая температура воздуха увеличивается.

На Мынжилках максимальное количество осадков наблюдается в летние месяцы и составляет $350...390$ мм, минимум осадков приходится на зимние месяцы $-70...90$ мм. Рассмотрев многолетний ход сумм осадков (рис. 5) видим, что изменения в годовых суммах на М Мынжилки и М оз. Улькен Алматы не наблюдаются.

На равнинной территории максимальные суточные осадки варьируют в пределах от 10 до 26 мм. В горных и предгорных районах – от 30 до 50 мм.

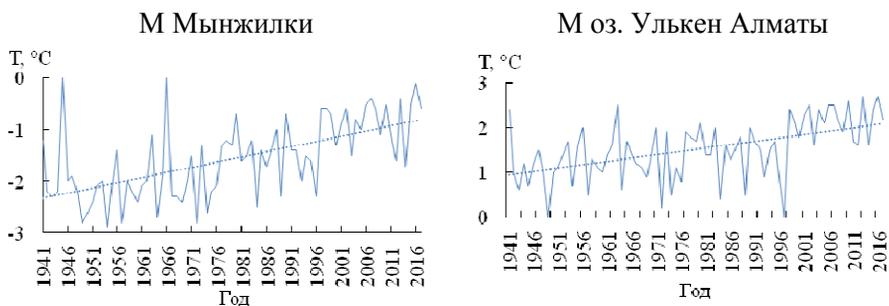


Рис. 4. Средний многолетний ход температуры воздуха за период 1941...2017 гг. на М Мынжилки и М оз. Улькен Алматы.

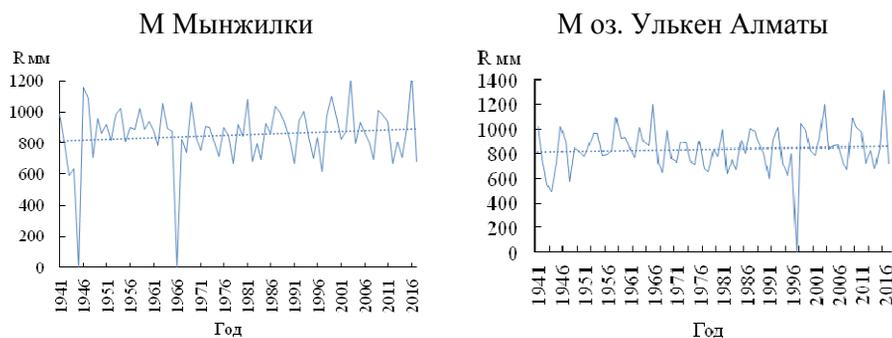


Рис. 5. Средние многолетние суммы осадков за период 1941...2017 гг. на М Мынжилки и М оз. Улькен Алматы.

На М Мынжилки средняя многолетняя скорость ветра зимой составляет 2...3 м/с, данные условия являются благоприятными для посещения туристами данного рекреационного объекта, не только в зимний сезон, но и в летний. Преобладающее направление ветра зимой на М Мынжилки южное и юго-восточное, летом – северное и южное (рис. 6).

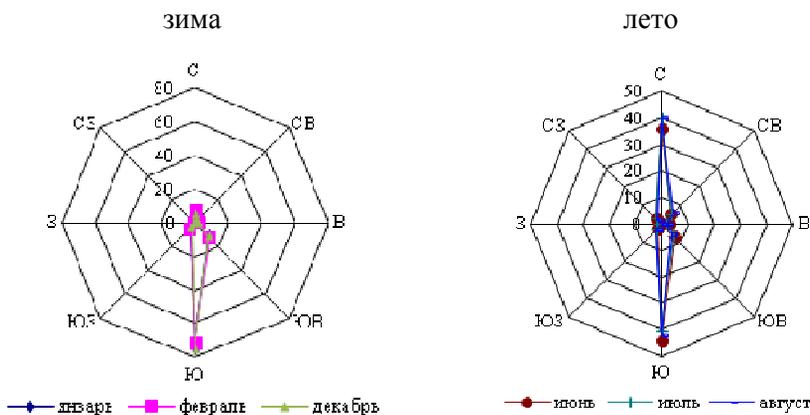


Рис. 2. Повторяемость направления ветра зимой и летом на М Мынжилки, %.

В холодный период года низкая температура воздуха и ветер влияют на тепловое состояние человека, особенно на незащищенные одеждой части тела и органы дыхания. Показателями климатических условий зимой служат индексы дискомфорта. Одним из часто используемых методов оценки суровости погоды – фактора ограничивающего пребывание человека на открытом воздухе и обуславливающего потребность в соответствующей одежде, является метод Бодмана. В соответствии с работой [4] использовалась шкала баллов, по которой в зависимости от температуры воздуха и скорости ветра определяется балл «суровости погоды». В соответствии со шкалой, при:

- $S = 1$ – зима мягкая;
- $S = 1-2$ – зима мало суровая;
- $S = 2...3$ – умеренно суровая;
- $S = 3...4$ – суровая;
- $S = 4...5$ – очень суровая;
- $S = 5...6$ – жестко суровая;
- $S > 6$ – крайне суровая.

В табл. 2 представлены показатели индекса Бодмана для станций, привязанных к рассматриваемым рекреационным объектам.

Таблица 2

Индекс Бодмана, осредненный для рассматриваемых станций за период 1981...2010 гг.

Рекреационный объект	Индекс Бодмана
Курортная зона Щучинск – Боровое	2...3
Высокогорный каток «Медеу»	1...2
Горнолыжный курорт «Шымбулак»	1...2

Согласно данным табл. 2 на М Кокшетау и М Щучинск зима умеренно суровая, а на М оз. Улькен Алматы и М Мынжилки – мягкая, данные условия являются благоприятными для посещения туристами территории рекреационных объектов.

Помимо оценки суровости погоды по методу Бодмана, используют индекс очень жестких морозов «FDm20» [7]. В основе расчета данного индекса лежат такие показатели как суточный минимум температуры, т.е. в ходе расчета считается количество суток, когда минимальные температуры были ниже 20 °С.

Анализ результатов для М Кокшетау и М Щучинск показал, что в период ноябрь - март количество таких дней статистически значимо сокращается примерно на 1 сутки каждые 10 лет. Все чаще бывают годы,

когда таких дней в зимние месяцы случается не более 10. А на станциях М оз. Улькен Алматы и М Мынжилки наблюдается 2...3 таких дня.

Наиболее частое посещение катка «Медеу» и горнолыжного курорта «Шымбулак» приходится на зимний период. Климатические условия данных объектов благоприятны для посещения их не только зимой, но и летом. Рассмотрим воздействие на организм человека таких параметров как температура и влажность воздуха. Для этого используется «индекс жары» («Heat index» HI) [8]. Данный индекс рассчитывается для условий нахождения человека в тени и при легком ветре. Прямой солнечный свет или сухой горячий ветер могут изменить значения индекса на 10 °С в большую сторону. Связь индекса с температурой и влажностью воздуха описаны в работе [8].

В табл. 3 приведены показатели индекса жары, которые были усреднены по рассматриваемым станциям за период 1981...2010 гг. Для объектов Щучинско-Боровской курортной зоны расчет индекса осуществляется с мая по сентябрь, для «Медеу» и «Шымбулак» с апреля по октябрь.

Таблица 3

Индекс жары, рассчитанный за период 1981...2010 гг.

Рекреационный объект	Индекс жары
Курортная зона Щучинск – Боровое	24...25
Высокогорный каток «Медеу»	26...29
Горнолыжный курорт «Шымбулак»	26...29

В табл. 4 представлены характеристики теплового воздействия при различных индексах жары. Для населения и туристов, которые хотели бы посетить рекреационные объекты в северных и южных регионах необходимо учитывать, что при температуре выше +27...+32 °С и относительной влажности воздуха выше 40 %, человек начинает чувствовать переутомление даже при легком ветре и длительном нахождении в тени.

В северном регионе влажность воздуха в теплый период составляет 50...60 %, что примерно на 10...20 единиц выше, чем в южном регионе. Поэтому в северном регионе жаркая погода переносится тяжелее, чем в южных районах Казахстана.

Группой экспертов ВМО разработаны методы расчета климатических индексов [7], в основе которых лежат данные о максимальной температуре. Это индекс жарких суток – количество дней, когда максимальная температура воздуха была выше 25 °С.

Таблица 4

Характер теплового воздействия при различных индексах жары

Категория	Индекс жары, °С	Возможные расстройства здоровья
Экстремальная опасность	≥ 54	Тепловой или солнечный удар.
Опасность	41...54	Солнечный удар, мышечные судороги, спазм сосудов при длительном воздействии и/или физической активности.
Экстремальная осторожность	32...41	Возможны солнечный удар, мышечные судороги, спазм сосудов при длительном воздействии и/или физической активности.
Осторожность	27...32	Переутомление при длительном воздействии и/или физической активности.

Даже незначительные изменения, каких либо метеорологических параметров могут повлиять на посещаемость рекреационных объектов любой страны, поэтому для некоторых рекреационных объектов необходимы определенные меры по минимизации ущерба. Например, при частых случаях экстремального выпадения осадков на горнолыжных курортах или катках, необходимо усилить технические возможности по очистке горнолыжных трасс и катков. При проектировании учитывать экспозицию склонов в районах выпадения осадков. Необходимо учитывать вопросы для активного отдыха туристов, во время неблагоприятных погодных условий. В случае теплой зимы, с малым количеством выпавшего снега, необходимо применять меры по поддержке горнолыжных трасс искусственным снегом. Сегодня уже многие страны подвергнуты условиям изменения климата и применяют меры по адаптации к экстремальным климатическим условиям. Казахстан также имел опыт проведения мероприятий по зимним видам спорта, для которых были проведены специальные мероприятия по поддержанию трасс на курорте «Шымбулак».

В целом климатические условия курортных зон Щучинск – Боровое, горнолыжного курорта «Шымбулак» и высокогорного катка «Медеу» благоприятны для посещения туристами и местными жителями данных регионов, как зимой, так и летом, так как зима здесь умеренно суровая или мало суровая (мягкая). Лето не жаркое, количество жарких дней летом для объекта Щучинск – Боровое может достигать 16...20 дней, хотя летом могут выпадать обильные осадки (150...160 мм/год). Однако Боровое – одна из здравниц, где очень

полезный воздух (для болезней с проблемами дыхания). В горных районах жарких дней может практически не наблюдаться. Данные условия позволяют посещение этих объектов и летом (пешие прогулки в горы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения и состояния климата Казахстана. – Астана: Казгидромет, 2017 – 3 с.
2. Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер / МГЭИК. – Женева, Швейцария, 2014. – 163 с
3. Материалы всемирного банка для учащихся. Изменение климата. [Электрон. ресурс]. – 2018. – URL: <http://www.un.org/ru/youthink/climate.shtml> (дата обращения 17.09.2018).
4. Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. – Томск: Изд. Томского ун-та, 1981. – 86 с.
5. Социально-экономическая география мира. Рекреационные ресурсы. Туризм. Направления мирового туризма. [Электрон. ресурс]. – 2018. – URL: <http://ukrmap.su/ru-g10/153.html> (дата обращения 17.09.2018).
6. Today.kz. 3,6 миллиона туристов посетили Казахстан в январе-июне 2017 года. [Электрон. ресурс]. – 2017. – URL: <http://today.kz/news/turizm/2017-09-25/750905-milliona-turistov-posetili-kazahstan-v-yanvare-iyune-2017-goda/> (дата обращения 17.09.2018).
7. Lisa Alexander, L., N. Herold. Indices and software. ClimPACT User Manual. Sidney: UNSW, 2016. –46 pp. Published online at <https://github.com/ARCCSS-extremes/climpack2>
8. Steadman, R.G., 1979: The Assessment of Sultriness, Part I: A TemperatureHumidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. *Journal of Applied Meteorology*, July 1979
9. Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P. M. (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change // Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. – 1535 pp.*

Поступила 26.09.2018

Г.Е. Монкаева

**«МЕДЕУ» БИІК ТАУЛЫ МҰЗ АЙДЫНЫ МЕН «ШЫМБҰЛАҚ» ТАУ
ШАҢҒЫ ЖӘНЕ БУРАБАЙ КУРОРТТАР АТТЫ РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ
ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ КЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЫ**

Түйін сөздер: климаттық жағдай, рекреация ресурстары, климаттың өзгеруі, рекреациялық объектілерге әсері

Мақалада солтүстік және оңтүстік-шығыс Қазақстанның бірнеше рекреациялық объектілерінің аумағындағы климаттық жағдайы мен демалыс үшін қолайлы және қолайсыз жағдайлар анықталып айтылған, сондай-ақ климаттың өзгеруіне байланысты рекреациялық объектілеріне бейімделу шаралар қарастырылып келтірілген.

Monkayeva G.E.

**CLIMATE CONDITIONS OF RECREATIONAL FACILITIES: THE
RESORT AREA OF BOROVOE, HIGH- MOUNTAIN RINK OF
«MEDEU» AND THE «SYMBULAK» SKI RESORT**

Keywords: climatic conditions, recreational resources, climate change, impact on recreational sites

In the article the climatic conditions of several recreational objects in the territory of northern and southeastern Kazakhstan are considered, conditions favorable and not favorable for rest are determined, and measures for adaptation to climate change at the recreational facilities under consideration are also indicated.

УДК 551.515.532.5.18

Канд. техн. наук И.Г. Гуршев¹**ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЧАСТИЦ ПЕСКА В ПОТОКЕ ПЕСЧАНОЙ БУРИ**

Ключевые слова: песчаные бури, уравнения, частицы, песок, время, существование, воздушно-песчаный поток

Обсуждается возможный теоретический подход к выводу уравнения изменения массы песка в двухфазном потоке во время песчаной бури. Рассматривается частное решение уравнения. Показано, что распределение изменений массы песка в потоке соответствует экспоненциальному распределению случайных величин. Найдено соотношение между скоростью падения частицы песка, высотой её переноса над песчаной поверхностью и временем существования частицы в потоке. Дается числовая оценка массы верхнего слоя песка, поступающего в воздушный поток при появлении критической скорости ветра.

Незакрепленные растительностью песчаные поверхности пустыни представляют постоянную опасность увеличения загрязнения твердым аэрозолем пограничного слоя атмосферы, особенно во время песчаных бурь. Последние характеризуются значительными массами песчаных частиц, поступающих в воздушный поток при достижении в нём критической скорости ветра u_k . Решение задачи о переносе песка связано с задачей об изменении массы песка в двухфазном потоке во время песчаной бури.

На снимках из космоса видны не только районы развития песчаных бурь, но определяются и длина пути переноса частиц [4]. Частицы имеют различные скорости свободного гравитационного падения w_g , которые являются функцией их среднего геометрического размера x_0 . Поэтому частицы, с отличающимися друг от друга размерами x_0 , будут осаждаться из потока в течение различных интервалов времени, т.е. будут существовать в потоке разные отрезки времени.

¹ г. Санкт Петербург, Россия

Выявление связей между характеристиками частиц песка и временем существования частиц в воздушном потоке при возникновении песчаной бури является важной задачей. Для установления таких соотношений необходимо предварительно получить уравнение описывающее изменение массы песка в двухфазном потоке.

Допустим, что лежащие на песчаной поверхности частицы песка при появлении критической скорости ветра имеют вертикальную начальную скорость отрыва от поверхности v_0 . Частицы песка со скоростью отрыва v_0 поступают в воздушный поток, т.е. возникает поток вещества, который можно охарактеризовать величиной массового расхода. В свою очередь массовый расход вещества имеет размерность кг/с [5].

Предварительно отметим, что перенос песка происходит на определённой высоте h . Используя переменные v_0 и h можно получить величину, имеющую размерность обратную времени, т.е. величину $\frac{\alpha \cdot v_0}{h}$, α – безразмерный коэффициент. В этом случае массовый расход q поступающего в воздушный поток песка равен

$$q = \frac{\alpha \cdot v_0 \cdot M}{h}, \quad (1)$$

где M – масса частиц песка, попавших в поток.

Переносимые воздушным потоком частицы будут выпадать на поверхность на некотором расстоянии от источника выноса.

Предположим, что масса осаждающихся из потока частиц пропорциональна массе M попавших в поток частиц, т.е. $\alpha_1 M$, при этом $\alpha_1 < 1$ – безразмерная величина. Соотношение, с размерностью обратной времени, можно образовать из переменных w_g и h , т.е. получить величину $\frac{\alpha_2 \cdot w_g}{h}$. В этой дроби α_2 – безразмерный коэффициент. Таким образом,

получаем равенство для массового расхода q_1 осаждающихся частиц песка

$$q_1 = \frac{\alpha_1 M \alpha_2 w_g}{h} = \frac{b w_g M}{h}, \quad b = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \quad (2)$$

В формулах (1, 2) величины q и q_1 имеют размерность массового расхода кг/с. Бесконечно малое изменение массы песка dM в слое двухфазного потока за бесконечно малый интервал времени dt определяется разностью масс поступающих в поток частиц $q dt$ и массой выпадающих частиц $q_1 dt$, т.е.

$$dM = \frac{av_0}{h} Mdt - \frac{bw_g}{h} Mdt, \quad (3)$$

где t – время.

Обе части равенства (3) имеют размерность массы.

В дальнейшем рассматриваем частный случай уравнения (3). Если двухфазный поток движется над поверхностью, не являющейся источником частиц песка, то тогда $V_0 = 0$ и $w_g \neq 0$ и уравнение (3) имеет такой вид

$$dM = c Mdt, \quad c = \frac{bw_g}{h}. \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает процесс изменения массы песка в потоке за счет выпадения частиц. Необходимо отметить, что параметр c имеет размерность, обратную времени. В первом приближении параметр c можно принять постоянной величиной для данных частиц и метеорологических условий.

Если в момент времени $t = 0$ в воздушный поток поступила постоянная масса частиц $M = M_0$, то из уравнения (4) получаем следующее равенство

$$M = M_0 e^{-ct}. \quad (5)$$

Равенство (5) определяет выпавшую из потока на поверхность массу частиц к моменту времени t . С помощью уравнения (5) определяем не выпавшую из двухфазного потока массу песка M_1 , т.е.

$$M_1 = M_0 - M_0 e^{-ct}. \quad (6)$$

Продифференцировав равенство (6) найдём изменение массы песка сохранившейся в потоке

$$dM_1 = M_0 c e^{-ct} dt, \quad c e^{-ct} = \frac{dM_1}{M_0}. \quad (7)$$

Функция $f(t) = \frac{dM_1}{M_0}$ характеризует безразмерное изменение массы песка в потоке во времени, т.е.

$$f(t) = c e^{-ct}. \quad (8)$$

Таким образом, распределение изменений массы песка в потоке соответствуют экспоненциальному распределению случайных величин с плотностью вероятности, определяемой равенством (8) [1]. С помощью равенства (8) находим среднее время изменения массы песка в потоке. Обозначив среднюю продолжительность изменения в сохранившейся массе песка через, согласно работе [1], получим

$$\tau = \int_0^{\infty} tf(t)dt = c \int_0^{\infty} te^{-ct} dt = \frac{1}{c} \quad (\text{а}), \quad \tau = \frac{h}{bw_g} \quad (\text{б}). \quad (9)$$

Предполагаем, что в формуле (2) коэффициенты α_1 и α_2 имеют порядок $\alpha_1 \sim 10^{-1}$, $\alpha_2 \sim 10^{-1}$. В связи с этим формула (9б) преобразуется в следующую зависимость

$$\tau = \frac{100h}{w_g}. \quad (10)$$

С помощью формулы (9а) преобразуем формулу (5) к такому виду

$$M = M_0 e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (11)$$

Из равенства (11) определяется интервал времени t_1 в течение которого произошло уменьшение массы песка в потоке. Принимая, что $t_1 = \tau$ получаем равенство

$$M = M_0 e^{-1} = 0,3678M_0. \quad (12)$$

Таким образом, величина τ характеризует интервал времени, в течение которого происходит уменьшение первоначальной массы песка M_0 , примерно на один порядок. С помощью равенства (11) находим, что за определённый интервал времени $t_2 = 10\tau$ происходит значительное изменение массы песка. Подставляя в равенство (11) $t = t_2$ получаем

$$M = M_0 e^{-10} = 45 \cdot 10^{-6} M_0. \quad (13)$$

Таким образом, принимаем снижение первоначальной массы песка в потоке за интервал времени

$$t_2 \sim \frac{10^3 h}{w_g}. \quad (14)$$

В дальнейших расчетах для оценки t_2 будем пользоваться формулой (14).

Песчаная буря в Аральском регионе была зафиксирована 29 апреля 2008 года [3]. С помощью равенства (14) находим время существования частиц размером $x_0 = 35$ мкм с $w_g = 0,097$ м/см/с [3, 4] в потоке. В этом случае $t_2 \sim 10,3 \cdot 10^4$ с ($\sim 28,8$ час).

Частицы песка с параметрами $x_0 = 50$ мкм, $w_g = 0,199$ м/с при переносе могут существовать в потоке $t_2 \sim 5 \cdot 10^4$ с ($\sim 13,8$ час).

Полученные результаты коррелируются с приведёнными в работе [4] данными по времени пребывания аэрозолей в атмосфере.

Результаты анализа проб воздуха во время песчаной бури, взятые на высоте $h = 1500$ м над осушившимся дном Арала, показывают, что функция распределения частиц песка по размерам имеет максимумы в точках 3,3 мкм, 8,4 мкм и 40 мкм [2, 4]. В работе [4] отмечается, что в районе Арала, границы переноса песка могут находиться на высотах 400...1000 м.

Рассмотрим вопрос о времени существования песка с параметрами частиц $x_0 = 40$ мкм, $w_g = 0,127$ м/с в потоке на высоте 400 м. По формуле (14) находим $t_2 \sim 3,15 \cdot 10^6$ с. Верхняя граница переноса частиц может быть на высоте $h = 1000$ м. В этом случае для частиц с $w_g = 0,127$ м/с по формуле (14) определяем время существования массы песка в потоке, т.е. получаем $t_2 \sim 8 \cdot 10^6$ с. Переносимые частицы, имеющие размер $x_0 = 40$ мкм были обнаружены на высоте $h = 1500$ м [2, 4]. По формуле (14) находим $t_2 \sim 12 \cdot 10^6$ с. Полученные результаты указывают на достаточно большие интервалы времени существования частиц песка в пограничном слое атмосферы.

В заключение рассмотрим возможность оценки значения M_0 .

Проведём оценку массы верхнего слоя песка, имеющего толщину равную среднему геометрическому размеру частиц и определённую площадь поверхности S . В этом случае объём V верхнего слоя песка, взаимодействующего с воздушным потоком, равен $V = x_0 S$. Тогда масса верхнего слоя песка M_0 определяется по следующей зависимости

$$M_0 = \rho x_0 S, \quad (15)$$

где ρ – объёмная плотность песка.

Плотность ρ составляет по порядку величины следующее значение: $\rho \sim 10^3$ кг/м³.

Ошибка! Закладка не определена. В работе [4] представлены данные о величине среднего геометрического размера частиц подвижных песков x_0 , исследованных в различных регионах Республики Казахстан. Эта величина имеет порядок $x_0 \sim 100$ мкм $\sim 10^{-4}$ м. Проведём числовую оценку значения M_0 по порядку входящих в формулу (15) величин. Используем следующие числовые значения: $x_0 \sim 10^{-4}$ м, $\rho \sim 10^3$ кг/м³, $S =$

$1 \text{ км}^2 = 10^6 \text{ м}^2$. В результате получаем $M_0 \sim 10^5$ кг. Значит, при появлении критической скорости ветра поступление песка в приземный слой атмосферы может составлять несколько сотен тысяч килограммов. Полученное значение массы в первом приближении можно считать начальной массой песка M_0 в воздушном потоке.

Таким образом, поступление в приземный слой атмосферы во время песчаной бури значительной массы песка, а также возможность частиц песка с малой скоростью падения длительное время находиться в воздушных потоках, существенно увеличивают загрязнение пограничного слоя атмосферы твердыми аэрозолями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. – М.: Наука, 1981. – 720 с.
2. Жвалёв В.Ф., Дьяченко Л.Н., Романова Т.С. Изменение прозрачности атмосферы и аэрозольных характеристик в регионе Аральского моря // Мониторинг природной среды в регионе Аральского моря / Под ред. Ю.А. Израэля и Ю.А. Анохина – СПб.: Гидрометеоздат, 1991. – С. 132-143.
3. Каипов И.В., Семёнов О.Е., Шапов А.П. Вынос массы алевритового аэрозоля с осушенной части Арала во время пыльной бури 28-29 апреля 2008 года // Гидрометеорология и экология. – 2012. – №3. – С. 49-71.
4. Семёнов О.Е. Введение в экспериментальную метеорологию и климатологию песчаных бурь. – Алматы: ИП Волкова Н.А., 2011. – 580 с.
5. Чертов А.Г. Физические величины (терминология, определения, обозначения, размерности, единицы) / Справ. пособие – М.: Высшая школа, 1990. – 335 с.

Поступила 23.07.2018

Техн. ғылымд. канд. И.Г. Гуршев

ҚҰМДЫ ДАУЫЛ ТАСҚЫНЫНДАҒЫ ҚҰМ БӨЛШЕКТЕРІНІҢ БАР БОЛУ УАҚЫТЫН БАҒАЛАУ

Түйін сөздер: құмды дауыл, теңдік, құм бөлшектері, құмды ауа тасқынындағы бөлшектердің бар болу уақыты

Құмды дауыл кезіндегі екіфазалық тасқындағы құм массасының өзгеру теңдігін шығару үшін мүмкін теориялық тәсіл талқыланады. Теңдікті жеке шешу қарастырылады. Тасқындағы құм массасының өзгеруінің таралуы кездейсоқ шамалардың экспоненциалды таралуына сәйкес келетіні көрсетілген. Құм

бөлшектерінің құлау жылдамдығымен оның құмды беттер үстімен көшу биіктігі және тасқындағы бөлшектердің бар болу уақытымен ара қатынасы табылды. Желдің өлшемдік жылдамдығы пайда болғандағы ауа тасқынына түсетін құмның беткі қабатының масасының сандық бағасы берілді.

I.G. Gurshev

ESTIMATION OF THE EXISTENCE TIME OF SANDY PARTICLES IN THE STORM FLOW

Keywords: sandstorms, equations, particles, sand, time, existence, air-sand flow

A possible theoretical approach is discussed to derive the equation for the change in the mass of sand in a two-phase flow during a sandstorm. The particular solution of the equation is considered. It is shown that the distribution of changes in the sand mass in the stream corresponds to the exponential distribution of random variables. The relationship between the speed of a sand particle falling, its height above the sandy surface and the lifetime of the particle in the stream is found. A numerical estimate of the mass of the upper sand layer entering the air flow is given when a critical wind speed appears.

УДК 556.048

Канд. геогр. наук
Канд. геогр. наук
Доктор геогр. наук

С.К. Алимкулов¹
А.А. Турсунова¹
С.К. Давлетгалиев²
А.А. Сапарова¹

РЕСУРСЫ РЕЧНОГО СТОКА КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: водные ресурсы, сток реки, водохозяйственный участок, водохозяйственный бассейн, расход воды, норма стока

Работа посвящена оценке ресурсов речного стока Казахстана. Проведена оценка водных ресурсов восьми водохозяйственных бассейнов (ВХБ) территории Казахстана.

Введение. Не остается сомнений, что главной проблемой человечества в 21 веке будет проблема водных ресурсов. «Вода – вопрос жизни и смерти», «Мир истощающихся запасов воды», «Водные ресурсы в состоянии стресса», «Вода всего мира – достаточно ли ее?» – заголовки разделов документов Всемирной метеорологической организации (ВМО) последних лет [4]. В Послании Президента РК Н.А. Назарбаева народу Казахстана «Казахстан-2050» острый дефицит воды назван одним из десяти глобальных вызовов 21 века. «Вода – крайне ограниченный ресурс и борьба за обладание водоисточниками становится важнейшим фактором геополитики, являясь одной из причин напряженности и конфликтов на планете. 2050 год – реальный срок, на который сегодня ориентируется в своем развитии мировое сообщество» [24].

ВМО выделила четыре уровня стресса, связанного с дефицитом воды. По этой градации к четвертому, самому высокому уровню стресса относятся территории, где используется более 40 % имеющихся запасов воды, здесь вода потребляется с интенсивностью, превышающей естественное восполнение [4]. В Казахстане эта градация превышает в пяти из восьми водохозяйственных бассейнах (ВХБ), а в Шу-Таласском и Нура-Сарысуйском ВХБ этот индекс составляет 0,98 и 1, т.е. в употреблении оказывается весь речной сток. Исключительно высокая пространственно-временная изменчивость речного стока и значительность его трансгранич-

¹ ТОО «Институт географии» МОН РК, г. Алматы, Казахстан

² КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

ной составляющей на порядки усугубляет проблему водообеспечения республики. Вследствие невыгодного географического положения в низовьях трансграничных бассейнов рек, Республика Казахстан в значительной степени зависит от водохозяйственной деятельности в сопредельных странах: Китай, Узбекистан, Кыргызстан, Россия (рис. 1).

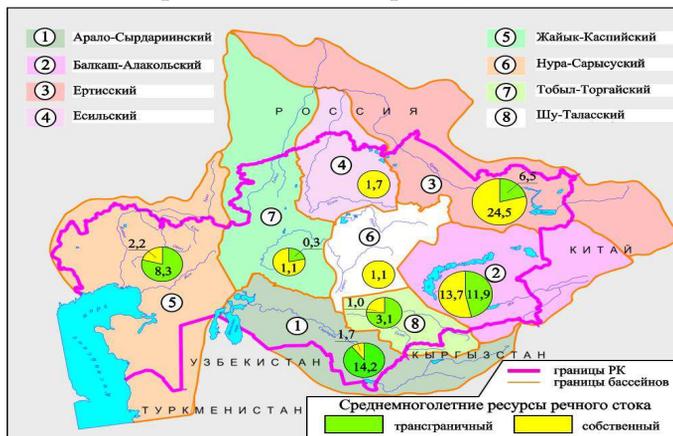


Рис. 1. Водохозяйственные бассейны Казахстана [2, 8, 9, 11].

Согласно Четвертому докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата, в результате потепления климата ожидается изменение атмосферной циркуляции и уменьшение количества осадков. По некоторым сценариям к 2100 г. снижение осадков может достигнуть почти 20 %. Помимо этого, исследования показали, что в зоне формирования стоков Сырдарии и Амударии продолжается интенсивное таяние ледников. За 50 лет объемы ледников уменьшились от 20 до 40 %. В последнее время темпы сокращения составляют около 1 % в год. Исчезнут ледники – исчезнут и несущие жизнь реки [7].

В связи с прогнозируемым снижением речного стока в Казахстане могут произойти заметные изменения величин и структуры водопотребления. Возможно усиление конфликтов и противоречий между отдельными водопотребителями, в том числе увеличение водопотребления на развитие отраслей экономики Казахстана, обострение межгосударственных водных отношений в трансграничных бассейнах. Основными угрозами и вызовами в области водообеспечения являются глобальные и региональные изменения климата, использование водозатратных технологий и несовершенство технических средств водорегулирования и водораспределения воды по отраслям экономики в республике, несогласованность межгосударственных водных отношений. Дефицит водных ресурсов может вызвать обострение межгосударствен-

ных водных противоречий, развитие новых очагов экологической нестабильности, срыв программ социально-экономического развития [8, 15].

Воплощение в жизнь планов в современных условиях требует приложения весьма серьезных усилий. И прежде всего, нужно иметь четкое представление о наличии водных ресурсов. 85 % потребляемых в РК водных ресурсов – это речной сток. Институт географии Казахстана инициировал разработку специализированной научно-технической программы «Оценка ресурсов и прогноз использования природных вод Казахстана в условиях антропогенно и климатически обусловленных изменений» (2010...2013 гг.). В этом исследовании, выполненном целым рядом организаций, дана многосторонняя оценка водных ресурсов республики в разрезе водохозяйственных бассейнов (ВХБ) [2, 8, 9]. Но итоги этого фундаментального труда не обеспечивают практического значения, узко регионального использования, например, в разрезе водохозяйственных участков (ВХУ) и административных районов.

Начиная с 1980-х гг. актуальность надежной оценки водных ресурсов и их прогнозируемых на будущее изменений под влиянием хозяйственной деятельности еще более возросла в связи с реально возникшей проблемой изменений глобальных и региональных климатических характеристик. Эти изменения уже имеют место (во многих регионах весьма существенные) и могут привести к масштабным преобразованиям гидрологического цикла, изменениям водных ресурсов и их использования, распределения во времени и в пространстве, экстремальных характеристик речного стока и их изменчивости [4, 11, 20].

Исходные данные и методы исследования. На современном этапе развития гидрологической науки существуют проблемы методологической и теоретической оценки возобновляемых водных ресурсов, которые не перестают совершенствоваться и быть актуальными, с учетом изменений в климатической системе Земли и факторов антропогенного влияния на речной сток.

На первом этапе были выполнены подготовительные работы: определены методики исследования и расчетов, разработаны рекомендации, собрана и проанализирована исходная информация. Были обработаны ряды фактических наблюдений годового стока по всем имеющимся гидрологическим постам наблюдений для 8 водохозяйственных бассейнов. Они собраны в единую базу данных, и представлены в электронном виде.

Ряды гидрологических наблюдений в Казахстане чаще всего неполные, содержат пропуски, а с 90-х годов гидрометрическая сеть сильно со-

кратилась. Следовательно, очень важной задачей была реконструкция этих рядов. Осуществлен литературный обзор по исследуемой проблеме, включая российские рекомендации и нормативы. Привлечены и углублены оригинальные проработки авторов в части использования ультракоротких рядов для оценки характеристик годового стока [3, 11, 17-23].

Существующие методы расчетов характеристик стока неизученных бассейнов и бассейнов с короткими периодами наблюдений основываются на применении метода гидрологической аналогии. Его ключевым критерием является возможность подбора надежных аналогов к неизученным рекам района.

При формировании речного стока выявлены факторы, наиболее сильно влияющие на речной сток, такие как климат и антропогенное влияние. Как известно, сток нестационарен и при расчетах водных ресурсов необходимо учитывать однородность имеющихся рядов данных, которые рассчитываются по параметрическим критериям.

При использовании ультракоротких гидрологических рядов возможно три варианта расчета нормы стока: 1) на основе допущения равенства модульных коэффициентов стока конкретных лет в «пункте проектирования» и в пункте аналоге; 2) по построенной для каждого года зависимости нормы стока от величины стока данного года по группе постов района; 3) по уравнению регрессии с использованием значения пространственной корреляционной функции [17, 22, 23].

Произведенный анализ с учетом специфических особенностей казахстанских рек привел к выводу, что у нас наиболее перспективен первый метод. Он предполагает синхронность колебаний стока в исследуемом пункте и пункте аналоге, а также равенство коэффициента вариации (C_v) и коэффициента асимметрии (C_s). Точность расчета увеличивается с использованием одновременно 2...3 аналогов.

При отсутствии гидрометрических наблюдений в расчётном створе, норма стока определяется с помощью следующих методов: водного баланса; гидрологической аналогии; построения карт изолиний; построения региональных зависимостей стоковых характеристик от основных физико-географических факторов водосборов.

Наиболее распространенным способом определения среднего годового стока при отсутствии наблюдений является географическая интерполяция между значениями нормы стока в бассейнах изученных рек. В условиях Казахстана, где сеть пунктов с продолжительными наблюдениями редка, применение указанного метода связано с большими трудностями.

В этих условиях для расчета нормы годового стока неизученных рек и створов особое значение приобретает выявление зависимости годового стока от основных стокоформирующих факторов. В горных районах, где зональность указанных факторов нарушается, получил распространение метод расчета стока, основанный на зависимости водности рек (M_0) от средней высоты водосбора (H_{cp}). Зависимость $M_0 = f(H_{cp})$ широко используется и для условий равнинного Казахстана. Указанный метод был рекомендован для расчета нормы стока неизученных рек с площадью водосбора более 3000 км².

Полученные результаты и их анализ. Произведен сбор и критический анализ данных гидрологических наблюдений по территории Арало-Сырдаринского, Шу-Таласского, Иле-Балкашского, Ертисского, Нура-Сарысуского, Тобыл-Торгайского, Жайык-Каспийского и Есильского водохозяйственных бассейнов (ВХБ).

Анализ гидрологической изученности всех ВХБ показал, что она недостаточна для надежной оценки водных ресурсов, их территориального распределения, вывода расчетных зависимостей. Преобладают короткие ряды, до 30...50 % рядов имеют данные не более чем за 10 лет. Но и в более длительных рядах обычно содержатся значительные пропуски. На части постов в некоторые годы наблюдения велись не во все месяцы.

Оценка нормы стока. Выполнен анализ многолетнего хода годового стока по основным рекам. В частности, использованы приёмы: интегральных (кумулятивных) кривых, скользящего осреднения, разностных интегральных кривых. В итоге проведенного анализа подтверждаются выводы климатологов о новой фазе климата с середины 70-х годов. К этому моменту относится начало прогрессирующего потепления глобального климата и направленных изменений объёма водных ресурсов регионов [2, 4, 7-9, 11].

При восстановлении стока рек (с данными наблюдений за стоком более 6 лет) использованы методы гидрологической аналогии и, редко, связи стока и метеорологических элементов (осадков). При выборе пункта-аналога основным критерием является синхронность в колебаниях речного стока расчетного створа и створа-аналога, которая выражается через коэффициент парной или множественной корреляции [17, 22, 23].

По территории Казахстана имеется большое количество рек и пунктов, имеющих период наблюдений менее 6 лет ($n < 6$). Это в основном посты, открытые после 2000 года. Например, на реках Жайык (Урал),

Жем (Эмба), Елек, Караозен, Сарыозен и на многих других реках имеются отрывочные данные наблюдений, произведенные до 1960 г. К малоизученным рекам относят реки с наблюдениями за стоком менее 6 лет. Методы учета кратковременных наблюдений предусматривают предварительное приведение к многолетнему периоду погодичных значений, параметров и квантилей распределения речного стока рек исследуемого района. Определение значений стока за каждый год, норм и квантилей распределения осуществляют по методу отношений, основанному на приблизительном равенстве модульных коэффициентов в пункте с кратковременными наблюдениями и в пунктах-аналогах [17, 22, 23]. Пункты-аналоги с регулярными гидрометрическими наблюдениями при расчетах по методу, основанному на равенстве модульных коэффициентов, обычно выбирают по наименьшему расстоянию между центрами тяжести водосборов расчетного пункта и пункта-аналога. При наличии нескольких пунктов-аналогов расчеты осуществляют последовательно по всем аналогам и результаты усредняют (не более трех аналогов) с учетом случайных средних квадратических погрешностей.

В соответствии с методикой восстановления значений стока по уравнениям регрессии, строят уравнения между всеми наблюдениями за определенный год и последовательно за все остальные годы, в которые имеются наблюдения в пунктах-аналогах, при условии, что количество пунктов должно быть не менее 5...6.

Во всех водохозяйственных бассейнах имеются территории неизученных рек и створов. Наиболее распространенным способом определения среднего годового стока *при отсутствии наблюдений* является географическая интерполяция между значениями нормы стока в бассейнах изученных рек. В условиях Казахстана, где сеть пунктов с продолжительными наблюдениями в некоторых районах редка, применение указанного метода связано с большими трудностями.

В этих условиях для расчета нормы годового стока неизученных рек и створов особое значение приобретает выявление зависимости годового стока от основных стокоформирующих факторов. В горных районах, где зональность указанных факторов нарушается, получил распространение метод расчета стока, основанный на зависимости водности рек $h = f(H_{\text{ср.взв.}})$ от средней высоты водосбора. Зависимость $M_0 = f(F)$ широко используется и для условий равнинного Казахстана. Указанный

метод был рекомендован и для расчета нормы стока неизученных рек с площадью водосбора более 3000 км².

Норму годового стока можно также определить по картам изолиний или по районным зависимостям стока от площади или средней высоты водосбора, значения которых приведены в монографиях «Ресурсы поверхностных вод». Однако материалы 60-х годов прошлого века устарели и нуждаются в уточнении с учётом данных последних десятилетий.

К настоящему времени гидрологическая изученность территории значительно улучшилась. Вместе с этим неизбежно увеличивается дифференциация районных зависимостей. С другой стороны, зависимости, выявленные по ограниченному числу точек (особенно по 2-3-4), видимо, приближенные, но формально они обычно теснее, чем при большем объеме используемой информации.

Рассмотрены возможности расчёта нормы стока неизученных рек Казахстана по карте изолиний модуля годового стока и зависимости этого стока от площади (для равнинных рек) и средней высоты водосбора (для горных рек). Иногда определение нормы стока по зависимости $M_0 = f(F)$ или по карте изолиний приводит к большой погрешности. Например, в Жайык-Каспийском ВХБ: на правобережных притоках р. Жайык в пределах границы РК слой стока изменяется в пределах 30...60 мм и имеет большую погрешность. В данном случае рекомендуется расчет нормы произвести двумя независимыми методами, а именно: с использованием зависимости стока от физико-географических факторов и карты изолиний стока. На взгляд авторов, использование предельной величины площади водосбора 3000 км² в зависимости $M_0 = f(F)$ в [1, 5, 6, 10, 17, 22, 23] – автоматическое перенесение результатов исследований ГТИ на данный район. В рассматриваемом районе увеличение площади водосбора означает увеличение доли равнинных участков с множеством замкнутых понижений и с неблагоприятной для формирования и даже транзита стока геологией. Неслучайно на нижних участках рр. Ыргыз, Торгай, Сарысу Северного Казахстана, потери стока начинают преобладать над притоком, сток уменьшается, и даже совсем теряется. Таким образом, редукция стока по площади «работает» и даже для больших площадей, и, может быть, даже больше, чем для малых. Здесь площадь водосбора является интегральным показателем местных условий формирования стока. С увеличением площади водосбора величина модуля стока должна уменьшаться, и верхнего предела площади в этой зависимости фактически нет.

Норма стока оценена по всем 8 ВХБ, в том числе по коротким рядам по 857 пунктам, тогда как ранее в «Ресурсах...» [18-21] для этого были использованы 420 пунктов.

Норма стока за период (1974...2007 гг.) на реках юга и юго-востока РК увеличилась на 1,7 % (бас. Сырдарии), 5,2 % (бас. Шу-Талас) и 3,0 % (Балкаш-Алакольский бассейн), кроме рек северного побережья оз. Балкаш, где наблюдается некоторое понижение стока [1, 10].

Результаты количественного анализа по водохозяйственным бассейнам показывают, что сток основных рек северной половины Казахстана в последние 10-летия, примерно с 1974 г., снизился. В частности сток Кара Ертиса и крупных рек Западного Алтая, Тобыла, Тогызака, Нуры, Б. Хобды, Ойыла, а также рек Северного Прибалкашья. В то же время на реках с ледниковым питанием (юг и юго-восток РК) отмечена противоположная тенденция – некоторое повышение водности рек. Однако по абсолютному большинству створов уменьшилась межгодовая изменчивость речного стока [1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 14, 27].

Норма стока за последний период в бассейне Верхнего Ертиса ниже многолетней на 6,7 %, в Жайык-Каспийском ВХБ – примерно на 10 % (хотя сток правобережья р. Жайык, напротив, увеличился). Ещё значительнее уменьшение стока в сравнении с величинами, опубликованными в «Ресурсах поверхностных вод». В Центральном Казахстане эта тенденция не прослеживается, а в бассейне р. Сарысу в последнее 10-летие речной сток даже возрос [1, 10].

В рамках исследования выполнены следующие виды работ:

- реконструированы ряды годового стока изученных рек в каждом конкретном створе и представлены корреляционные зависимости и пополненные ряды годового стока; ежегодные данные по стоку в створах гидропостов, включая восстановленные косвенными методами значения;
- выполнена реконструкция рядов годового стока малоизученных рек, включая ультракороткие ряды. Представлены корреляционные зависимости и пополненные ряды годового стока;
- получены полные реконструированные ряды годового стока изученных и малоизученных рек на основе корреляционного анализа;
- разработаны рекомендации для расчёта стока неизученных рек и створов;
- определены основные гидрологические характеристики стока по гидропостам;

– даны рекомендации для расчёта стока неизученных рек и створов.

Оценка водных ресурсов. Возобновляемые водные ресурсы бассейнов обычно слагаются из стока, зафиксированного в замыкающих створах рек, притока воды ниже этих створов, а также стока неизученных рек. Поскольку на нижних участках рек в равнинном Казахстане сток обычно рассеивается, иногда вплоть до полного исчезновения, при расчёте суммарных водных ресурсов использованы данные по створам с максимальным стоком.

Суммарные водные ресурсы оценивались в двух вариантах: на основе наблюдаемого (бытового) и естественного (восстановленного) стока. Кроме того, разделялись значения местного, казахстанского, и стока, поступающего из соседних стран.

Расчет стока по изученным участкам (на основе данных гидропостов). Расчеты проведены с помощью суммирования стока рек замыкающих зону формирования гидропостов (ГП) по водохозяйственным участкам. Подбор ГП осуществлен на основе анализа руслового водного баланса конкретной реки или речного бассейна (когда имелись ГП на нескольких притоках) и сравнения их величин стока. Взяты ГП, имеющие наибольшие среднегодовые расходы воды относительно других (если они имеются) по длине реки или в бассейне частной реки, ниже которых участки отнесены к неизученным, несмотря на имеющиеся здесь ГП. Это связано с тем, что посты иногда расположены ниже участков с естественными потерями стока.

По водохозяйственным бассейнам среднегодовые значения получены путем суммирования аналогичных величин по водохозяйственным участкам, входящим в тот или иной бассейн.

Таким образом, местный сток каждого участка оценивается как сумма составляющих: стока, фиксируемого наблюдениями в створах гидропостов, стока неизученных рек (по выведенным зависимостям и построенным картам стока), стока с межприточных участков. Будучи обычно расположенными в нижних частях речных бассейнов, эти участки значительную часть времени могут быть практически бессточными, но в многоводные годы все-таки образуют сток, хотя и незначительный.

Для каждого ВХБ были определены ресурсы, поступающие на данный участок из других участков – приток. Сумма притока и местных (формирующиеся на территории данного участка в пределах РК) ресурсов дает суммарные ресурсы ВХБ.

В масштабе 8 ВХБ оценены как средние водные ресурсы, так и ресурсы в характерные по водности годы (50, 75, 95 % обеспеченности). Общие водные ресурсы территории РК в годы различной обеспеченности стока определялись суммированием равнообеспеченных значений стока по всем ВХБ (табл.). Настоящие исследования показали, что суммарные ресурсы поверхностных вод, формирующиеся в Казахстане и поступающие с территорий сопредельных государств составляют в среднем 122,0 км³. Водные ресурсы, формирующиеся в пределах Казахстана, составляют 58,0 км³. Приток со стороны сопредельных государств определяется в 67,2 км³, в том числе из Китая поступает около 26 км³, из России 10,6 км³, из Узбекистана – 26,5 км³, Киргизии – 4,1 км³. В итоге, если в 50-е годы прошлого тысячелетия ресурсы поверхностного стока казахстанских рек оценивались в 150 км³/год [13, 16], в 70-80-е – в 115...125 км³/год [12, 25], то, как следует из вышеприведенных данных – они еще уменьшились. А на уровне 2020 г., с учетом увеличивающихся водозаборов из трансграничных рек, некоторыми компетентными авторами [2, 8, 9, 11, 12] прогнозируется 75 км³, с неизбежным дефицитом даже в средние по водности годы. В маловодные годы дефицит может быть много острее, и немаловажную роль в этом плане имеет тот факт, что равнинный Казахстан характеризуется рекордной для континента изменчивостью годового стока [25] и крайне неравномерным внутригодовым его распределением.

Таблица

Естественные ресурсы различной обеспеченности по ВХБ Казахстана

Ресурсы	W, км ³	C _v	Расходы воды различной обеспеченности, км ³				
			5 %	25 %	50 %	75 %	95 %
Арало-Сырдаринский ВХБ							
Приток в ВХБ	26,5	0,23	37,3	30,4	26,0	22,2	17,4
Местные ресурсы в пределах ВХБ	3,28	0,31	4,98	3,87	3,19	2,60	1,91
Суммарные ресурсы по ВХБ	29,4	0,24	41,7	33,8	28,8	24,5	19,1
Шу-Таласский ВХБ							
Приток в ВХБ	4,10	0,17	5,31	4,54	4,05	3,60	3,03
Местные ресурсы в пределах ВХБ	1,29	0,42	2,20	1,58	1,23	0,93	0,61
Суммарные ресурсы по ВХБ	5,39	0,30	7,50	6,11	5,28	4,54	3,64
Балкаш-Алакольский ВХБ							
Приток в ВХБ	15,7*	0,84	26,0	17,4	15,5	13,7	11,5
Местные ресурсы в пределах ВХБ	16,8	0,25	24,2	19,4	16,4	13,8	10,7
Суммарные ресурсы по ВХБ	31,6	0,43	49,0	35,8	30,9	26,7	21,6
Жайык-Каспийский ВХБ							
Приток в ВХБ	10,2	0,53	20,3	13,2	9,22	6,21	3,21
Местные ресурсы в пределах ВХБ	5,19	0,59	11,0	6,77	4,57	2,98	1,49

Ресурсы	W, км ³	C _v	Расходы воды различной обеспеченности, км ³				
			5 %	25 %	50 %	75 %	95 %
Суммарные ресурсы по ВХБ	14,5	0,58	29,6	18,9	13,1	8,74	4,50
Бассейн р. Есиль							
Приток в ВХБ	-	-	-	-	-	-	-
Местные ресурсы в пределах ВХБ	2,21	0,83	5,57	3,02	1,78	0,96	0,32
Суммарные ресурсы по ВХБ	2,21	0,83	5,57	3,02	1,78	0,96	0,32
Тобыл-Торгайский ВХБ							
Приток в ВХБ	0,44	0,90	1,20	0,60	0,33	0,17	0,066
Местные ресурсы в пределах ВХБ	1,71	0,81	4,25	2,32	1,39	0,77	0,29
Суммарные ресурсы по ВХБ	2,15	0,85	5,44	2,92	1,72	0,94	0,36
Нура-Сарыуский ВХБ							
Местные ресурсы в пределах ВХБ	1,15	0,73	2,79	1,57	0,96	0,54	0,20
Суммарные ресурсы по ВХБ	1,15	0,73	2,79	1,57	0,96	0,54	0,20
Ертысский ВХБ							
Приток в ВХБ	10,3	0,22	21,6	19,6	18,3	17,2	15,8
Местные ресурсы в пределах ВХБ	26,4	0,22	39,8	30,8	25,6	21,1	15,9
Суммарные ресурсы по ВХБ	35,2**	0,24	59,1	48,6	42,4	37,1	30,9
Суммарный приток по РК	67,2	0,40	110,5	85,1	73,1	62,8	50,9
Местные ресурсы в пределах РК	58,0	0,52	94,8	69,3	55,1	43,7	31,5
Суммарные ресурсы по РК	122	0,38	199	150	125	104	80,6

Примечание: * – приток в ВХБ по р. Иле – 15,4 км³, по р. Емель – 0,31 км³, который учитывает отток по р. Текес в КНР в объеме 0,93 км³ во избежание их двойного учета, т.к. они формируются на территории РК, затем оттекают на территорию КНР, а затем учитываются как приток в ВХБ; ** – при подсчете суммарных водных ресурсов бассейна не был учтен сток рек р. Ак Коба и р. Кара Коба – 1,47 км³ они формируются на территории РК, во избежание их двойного учета.

На рис. 2 представлена динамика изменения водных ресурсов Казахстана. Здесь необходимо отметить следующее: 1) на графике приводятся данные из литературных источников на уровень выхода их в печать; 2) оценка водных ресурсов производилась различными группами авторов в разное время с 1965 по 2018 гг. Показатели речного стока осреднялись за различные периоды с начала наблюдений и до 2015 гг.; 3) в настоящих исследованиях приведена оценки водных ресурсов по состоянию на многолетний период. Были уточнены величины речного стока по неизученным территориям и удлинены ультракороткие ряды, чего не было в ранее проведенных работах [2, 8, 9, 11], в том числе по коротким рядам по 857 пунктам. Ранее в «Ресурсах...» [18-21] для этого использованы 420 пунктов; 4) в оценке водных ресурсов, выполненных институтом географии в 2010 г. [2, 8, 9, 11] приводятся сведения об определении нормы стока за период до 2007 г.. Далее наступила многоводная фаза в режиме речного стока, что также существенно отразилось

на повышении значений водных ресурсов почти на 10...12 %; 5) прогнозные оценки водных ресурсов на перспективу 2020 и 2030 гг. даны на основе связи речного стока с климатическими характеристиками и выполнены на основе климатических прогнозов.

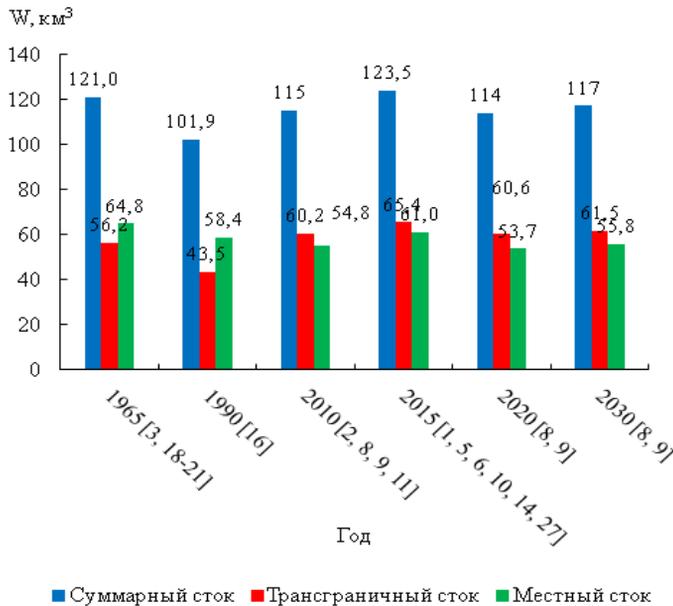


Рис. 2. Водные ресурсы Казахстана по оценкам различных авторов.

Заключение. Таким образом, получена методическая основа для реконструкции стоковых рядов, включая вопросы использования коротких и ультракоротких рядов, а также методическая основа для определения гидрологических характеристик неизученных рек. На основе практически всей накопленной гидрометрической информации с использованием современной методологии и статистических приемов оценены водные ресурсы 8 ВХБ территории Казахстана: бытовой (наблюдаемый) и естественный (климатический) сток, суммарный и местный сток. Все это получено для расчетных периодов: многолетнего с 30-х годов. Эти материалы можно рассматривать как обновленные данные изданных «Ресурсов поверхностных вод...» 50...70-х годов. Они учитывают накопленную за 40...50-летний период информацию. Данные найдут применение при решении стратегических и текущих вопросов, связанных с использованием водных ресурсов, их количественным и качественным управлением.

При расчете водных ресурсов отдельных ВХБ так же участвовали сотрудники лаборатории Водных ресурсов ТОО «Институт географии»: Мырзахметов А.Б., Кулебаев К.М., Загидуллина А.Р., Баспакова Г.Р. Исследова-

ния выполнены в рамках проекта «Рациональное использование водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года», по программе «Научно-технологическое обоснование по рациональному использованию водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года». Мероприятие «Оценка и прогноз ежегодно возобновляемых водных ресурсов возможных к использованию для целей орошения по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан (КазНИИВХ РК по договору № 1/1 с Институтом географии от 14 сентября 2018 г.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимкулов С.К., Турсунова А.А, Сапарова А.А., Загидуллина А.Р., Кулебаев К.М. Закономерности территориального распределения ресурсов речного стока юга и юго-востока Казахстана в современных условиях развития географической среды // Вопросы географии и геоэкологии. – 2016. – № 1. – С. 23-30.
2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. – Т. VII. Ресурсы речного стока Казахстана. – Кн. 1. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана (монография) / Под науч. ред. Р.И. Гальперина. – Алматы: 2012. – 684 с.
3. Водные ресурсы России и их использование. – СПб.: ГГИ, 2008. – 600 с.
4. Всемирная Метеорологическая Организация [Электрон. ресурс] – URL: <https://public/wmo.int/ru> (дата обращения: 20.07.2018)
5. Давлетгалиев С.К. Оценка характеристик годового стока неизученных рек Жайык-Каспийского водохозяйственного бассейна // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №1. – С. 60-66.
6. Давлетгалиев С.К. Прогноз водных ресурсов Урало-Каспийского бассейна // Гидрометеорология и экология. – 2015. – №1. – С. 115-120.
7. Диагностический доклад для подготовки региональной стратегии рационального и эффективного использования водных ресурсов. Проектная рабочая группа по энергетическим и водным ресурсам – ООН, ЕЭК, февраль 2002. – 83 с.
8. Достай Ж.Д. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (монография). – Алматы: 2012. – Т. 2. – 330 с.

9. Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Сапарова А.А. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Ресурсы речного стока. Возобновляемые ресурсы поверхностных вод юга и юго-востока Казахстана. – Алматы: 2012. – Т. VII, кн. 2. – 360 с.
10. Достай Ж.Д., Алимкулов С.К., Турсунова А.А., Сапарова А.А. Оценка ресурсов поверхностных вод Южного Казахстана на перспективу // II Всероссийская научная конференция с международным участием. «Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии». – Барнаул, 2014. – Т. 1. – С. 102-109.
11. Достай Ж.Д., Гальперин Р.И., Давлетгалиев С.К., Алимкулов С.А. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз // Вопросы географии и геоэкологии. – 2012. – № 4. – С. 18-24.
12. Кеншимов А.К., Ибатуллин С.Р., Заурбек А.К. Проблемы использования водных ресурсов в Республике Казахстан // Водное хозяйство Казахстана. – 2005. – № 4. – С. 229-233.
13. Лаврентьев П.Ф., Лаврентьева Л.Д. Водные ресурсы Казахстана // Физическая география частей света. – М.: Учпедгиздат, 1961. – 588 с.
14. Молдахметов М.М., Махмудова Л.К., Камбарбеков Г.М. Торғай және Ырғыз өзендері ағындысының кеністіктік-уақыттық таралу заңдылығының ерекшеліктері // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 2. – С. 86-94.
15. Нысанбаев Е.Н., Медеу А.Р., Турсунова А.А. Водные ресурсы Центральной Азии: вызовы и угрозы, проблемы использования // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Матер. междунар. научно-практ. конф. «Вода для жизни», Алматы, Казахстан, 2016. – ТОО «Институт географии», 2016. – кн. 1. – С. 4-8.
16. Пальгов Н.Н. Реки Казахстана. – Алма-Ата: Изд.АН КазССР, 1959. – 100 с.
17. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 448 с.
18. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Бассейны оз. Иссык-Куль, рек Чу, Талас и Тарим. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – Т. 14, вып. 2. – 308 с.
19. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – Т. 12-15, вып. 2. – 646 с.
20. Ресурсы поверхностных вод СССР. Средняя Азия. Бассейн р. Сыр-Дарьи. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – Т. 14, вып. 1. – 512 с.
21. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – Т. 13, вып. 2. – 646 с.

22. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1983. – 36 с.
23. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 73 с.
24. Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства: Послание Президента Республики Казахстан – Лидера нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана. – Астана, 14 декабря 2012 г.
25. Тепляков И.Н., Лаврентьев П.Ф., Абдильдин С.А. Водные ресурсы Казахстана и их использование (аналитический обзор). – Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1978. – 588 с.
26. Шикломанов А.И. Мировые водные ресурсы // Природа и ресурсы. – 1991. – Т. 27. – №1-2. – С. 81-91.
27. Moldakhmetov M.M., Makhmudova L.K., Chigrinets A.G. Evaluation of the water resources of the rivers in North, Central and Eastern Kazakhstan, based forecasting meteorological characteristics // Materials of International Conference «Science: Integrating Theory and Practice». February 23-24, 2014. ICET, Bozeman, MT, USA, 2014. – P. 281-284.

Поступила 27.09.2018

Геогр. ғылымд. канд.	С.К. Алимкулов
Геогр. ғылымд. канд.	А.А. Турсунова
Геогр. ғылымд. докторы	С.К. Давлетғалиев
	А.А. Сапарова

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ӨЗЕН АҒЫНДЫСЫНЫҢ РЕСУРСТАРЫ

Түйінді сөздер: су ресурстары, өзен ағындысы, сушаруашылық телім, сушаруашылық алап, су шығыны, ағынды нормасы

Жұмыс Қазақстанның өзен ағындысын бағалау арналған.

Сегіз США және Қазақстан аумағының су ресурстарын бағалау беріп жасалған.

Alimkulov S.K., Tursunova A.A., Davletkaliev S.K., Saparova A.A.

KAZAKHSTAN RIVER FLOW RESOURCES

Keywords: water resources, river runoff, water sector, water basin, water flow, drainage rate

The work is dedicated to the assessment of resources of river runoff in Kazakhstan. The assessment of water resources eight WMB and Kazakhstan.

УДК 504.453; 004.94; 614.87

Доктор геогр. наук
Доктор геогр. наукФ.Ж. Акиянова¹
Н.Л. Фролова²
Е.М. Каракулов¹
А.Ж. Кенжебаева¹
А. Шаймерденова¹**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА НАВОДНЕНИЙ НА
РЕКАХ ЕСИЛЬ И НУРА В ПРЕДЕЛАХ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ
ГОРОДА АСТАНА**

Ключевые слова: весеннее половодье, р. Есиль, р. Нура, затопление, пригородная зона г. Астаны

Изучены традиционные и инновационные методы оценки риска наводнений, вызванных паводками на примере рек Есиль и Нура. Показана необходимость анализа большого объема данных мониторинга, картографических и полевых измерений, цифровых космических снимков и детальной аэрофотосъемки для получения достоверных результатов моделирования паводков.

Наводнения на реках, вызванные паводками – чрезвычайно опасные бедствия, создающие социальный стресс, приносящие значительный природный и экономический ущерб. За последние 15 лет в Казахстане произошло более 300 наводнений различного происхождения, из них 70 % вызваны весенним половодьем [7]. Причинами возрастания повторяемости наводнений является увеличение численности и плотности населения, проживающего на берегах рек; прокладка инфраструктурных (транспорт, энергия, связь, вода) объектов вдоль рек; зарегулированность рек и состояние гидротехнических сооружений, а также изменение климата, с которым связано увеличение аномалий среднегодовых температур воздуха и годовых сумм атмосферных осадков [8-10, 23].

В последние годы повысилась частота проявлений опасных паводковых ситуаций в пределах речных долин, что связано с их пространственной освоенностью, как объектов с непосредственным доступом к вод-

¹ Институт географии и природопользования Международного научного комплекса «Астана», г. Астана Казахстан;

² МГУ им. М. Ломоносова, г. Москва, Россия

ным и биологическим ресурсам, транспортным и рекреационным возможностям, благоприятным и аттрактивным ландшафтам. Риск затопления существует и для столичного региона, для населенных пунктов пригородной зоны г. Астаны. Быстрый рост численности населения, беспорядочная застройка объектов в пределах водоохранных зон рек значительно повысили риск воздействия паводковых наводнений. Например, в 2014 г ущерб от весенних паводков в Акмолинской области составил свыше 10 млрд. тенге, в 2015 г. – 8...9 млрд. тенге (было подтоплено 245 домов), в 2017 г. на борьбу с паводками было предусмотрено 900 млн. тенге, ущерб составил 24 млн. тенге [12, 18, 20].

Исследования проведены в пределах долин рек Есиль и Нура, входящих в пригородную зону Астаны, расположенную в часовой доступности от границ города и составляющую с ним единую социальную и природно-хозяйственную территорию. В связи с тем, что риск воздействия паводковых наводнений на селитебные объекты и инфраструктуру повышается при приближении к руслам и поймам рек, проведен анализ местоположения данных объектов в пределах водоохранных зон, составляющих для рек Есиль и Нура 2 км. В пределах водоохранной зоны р. Есиль расположено 19 населенных пунктов с численностью населения 44 852 человек (рис. 1, табл. 1).

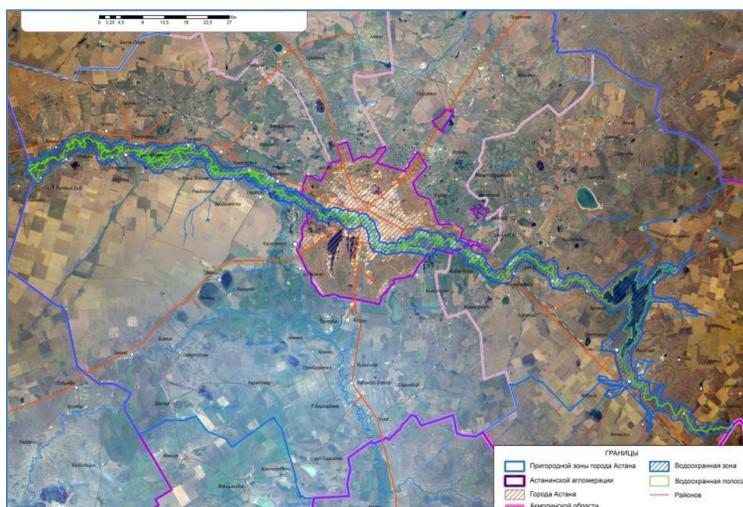


Рис. 1. Селитебные и инфраструктурные объекты пригородной зоны г. Астаны, расположенные в пределах водоохранной зоны р. Есиль.

В пределах границы водоохранной зоны р. Нуры в пригородной зоне г. Астаны расположено 6 сельских населенных пунктов с общей численностью населения 10 316 человек (рис. 2, табл. 2).

Таким образом, всего в зоне риска рек Есиль и Нура расположено 25 населенных пунктов и 55 168 человек, без учета населения г. Астаны.

Таблица 1

Перечень населенных пунктов, расположенных в пределах водоохранной зоны р. Есиль

Район	Сельский округ	Населенный пункт	Численность населения, чел.
Аршалынский	Аршалынский	п. Аршалы	6710
Аршалынский	Ижевский	с. Ижевское	2044
Аршалынский	Михайловский	с. Михайловка	1141
Аршалынский	Арнасай	с. Арнасай	946
Аршалынский	Волгодоновский	с. Волгодоновка	1080
Аршалынский	Волгодоновский	разъезд42	237
Аршалынский	Жибек жолы	с. Жибек жолы	6265
Целиноградский	Талапкерский	с. Талапкер	13800
Целиноградский	Талапкерский	с. Кажымукана	2750
Целиноградский	Максимовский	с. Тонкерис	1195
Целиноградский	Нуресильский	с. Раздольное	362
Целиноградский	Нуресильский	с. Жана Жайнак	635
Целиноградский	Новоишимка	с. Новоишимка	2204
Целиноградский	Родина	с. Садовое	353
Целиноградский	Родина	с. Родина	1105
Целиноградский	Родина	с. Зеленый Гай	267
Целиноградский	Максимовский	Максимовка	2309
Целиноградский	Новоишимка	Семёновка	1016
Целиноградский	Тасты	Акмешит	433
Итого:	12	19	44852

Примечание: Данные из паспортов сельских округов на 01.01. 2017 г.

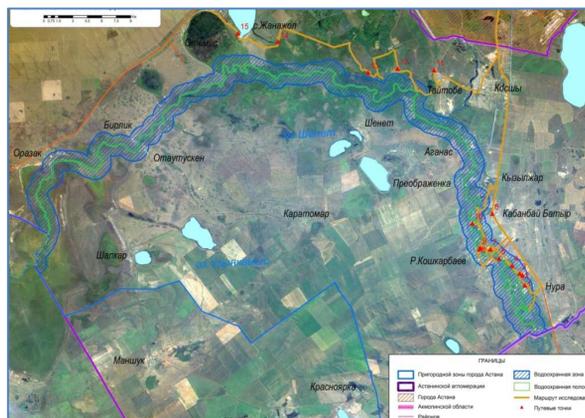


Рис. 2. Селитебные и инфраструктурные объекты пригородной зоны г. Астаны, расположенные в пределах водоохранной зоны р. Нуры.

Таблица 2

Перечень населенных пунктов пригородной зоны г. Астаны,
расположенных в пределах водоохранной зоны р. Нуры

Район	Сельские округа	Населенный пункт	Численность населения, чел.
Целиноградский	им. Р. Кошкарбаева	с. им. Р. Кошкарбаева	1726
Целиноградский	Кабанбай Батыра	с. Кабанбай Батыр	5989
Целиноградский	им. Р. Кошкарбаева	с. Преображенка	140
Целиноградский	Оразакский	с. Бирлик	316
Целиноградский	Шалкарский	с. Отаутускен	301
Целиноградский	Оразакский	с. Оразак	1844
Итого:	5	6	10316

Примечание: Данные из паспортов сельских округов на 01.01.2017 г.

Для минимизации риска подверженности территорий затоплениям и подтоплениям, предупреждения чрезвычайных ситуаций приоритетными должны стать «научные исследования, прогнозирование и оценка опасности возможных чрезвычайных ситуаций, а также их социально-экономических последствий» [11].

Исходные данные и методы исследований. В основу анализа легли данные регулярных мониторинговых гидрологических наблюдений РГП «Казгидромет» МЭ РК за среднемесячными уровнями и расходами воды по 8 гидропостам на р. Есиль (с. Приишимское, с. Турген, с. Волгодоновка, м-н Коктал, с. Новошимка, п. Тельмана, г. Астана), на вдхр. Астанинское (с. Арнасай) и 1 гидропосту на р. Нура (с. им. Р. Кошкарбаева (Романовское)) за 2010...2016 гг. Для анализа климатических характеристик использованы данные наблюдений РГП «Казгидромет» МЭ РК по метеостанциям г. Астана (г. Акмолинск, Целиноград), с. Аршалы, с. Акколь.

В связи с тем, что значительное влияние на гидрологический режим исследованных рек оказывает их зарегулированность, проведен анализ статистических и картографических данных, плана мероприятий по подготовке и проведению паводкового периода 2018 года по водохозяйственным объектам Акмолинского филиала РГП «Казводхоз» и ГКП «Астана Су Арнасы, РГУ Есильская бассейновая инспекция по регулированию использования и охране водных ресурсов КВР МСХ РК.

Изучены методы моделирования затоплений на основе геометрического (топографического) и гидродинамического подходов. При первом методе зоны затоплений определяются на основе сопоставления существующего уровня воды и уровня подъема воды при наводнениях. При гид-

родинамическом подходе определяются потоки движения воды в пространстве и времени [19].

Основные геоморфологические факторы, влияющие на гидрологический режим половодья рек Есиль и Нура, изучены на основе анализа карт, полевых наблюдений, геоинформационных методов картографирования. Основой для оценки современных изменений строения долин рек послужили собранные и обработанные оптические снимки Landsat-8, Sentinel-2 за 2015...2017 гг., радарные снимки Sentinel-1 за 2016...2017 гг., находящиеся в свободном доступе [17].

В пределах пригородной зоны г. Астаны, для изучения современного состояния русел и пойменных уровней рек Есиль и Нура, выполнена аэросъемка с помощью многовинтового БПЛА Phantom 4. Она позволила получить снимки с разрешением до 10 см. Съемка произведена по заранее проложенному треку с перекрытием 70 % с высоты 150 м. Управление и планирование миссии выполнялось с помощью мобильного приложения (рис. 3). Применение данных параметров съемки связано с необходимостью получения цифровых снимков высокой точности как для пространственного двухмерного (2Д) и трехмерного (3Д) анализа территории.



Рис. 3. Планирование миссий полета аэросъемка БПЛА Phantom 4.

Результаты и их обсуждение. Объект исследований расположен в пределах двух водохозяйственных бассейнов Казахстана: Есильского (р. Есиль), Нура-Сарысуйского (р. Нура) и характеризуется слабо выраженными в рельефе водораздельными территориями.

Физико-географические условия бассейнов формируют основной гидрологический режим рек. Район характеризуется континентальным климатом со значительными колебаниями годовой температуры воздуха и

дефицитом осадков. Наиболее холодный месяц – январь, средняя температура $-17...-18^{\circ}\text{C}$, наиболее теплый – июль, средняя температура $+19...+21^{\circ}\text{C}$. Средняя годовая амплитуда температуры воздуха достигает 38°C , годовая сумма осадков колеблется от 200 до 300 мм, в целом это район недостаточного увлажнения, подзона сухих степей.

Среднегодовая и сезонные аномалии температуры воздуха (отклонение от средних за 1961...1990 гг.) в 2016 году по территории Акмолинской области составили $1,08^{\circ}\text{C}$, зимой – $4,29$, весной – $3,66$, летом – $-0,99$, осенью – $-1,59$. В 2015 году среднемесячные нормы температуры воздуха превышали нормы за период 1961...1990 гг. в октябре – ноябре, апреле – июне [10, 14]. Среднегодовая и сезонные аномалии количества осадков (отклонение от средних за 1961...1990 гг.) в 2016 году по территории Акмолинской области составили $115,4$ мм, зимой – $25,6$, весной – $8,1$, летом – $43,5$, осенью – $24,8$. Месячные суммы осадков 2015 г. превышают климатические нормы за период 1961...1990 гг. в октябре – январе, марте – июне [10, 14].

Влияние на режим р. Есиль оказало строительство Астанинского (Вячеславского) водохранилища многолетнего регулирования (1968 г.), водозабор и сбросы водохранилища, водозабор в канал Нура-Есиль.

Для оценки риска воздействия паводковых наводнений необходимо детальное исследование гидрологических и геоморфологических факторов [1]. Рельеф территории исследований в целом характеризуется слабой расчлененностью, с общим уклоном поверхности с юго-востока на северо-запад от 425 до 320 метров и разнообразием морфогенетических типов и форм. В восточной и северной частях района он представлен денудационными цокольными равнинами с участками низкого эрозионно-тектонического водораздельного и денудационного приречного мелкосопочника. В юго-западной и участками в северо-восточной части развиты аккумулятивные озерно-аллювиальные, озерные и делювиально-пролювиальные равнины четвертичного возраста. Небольшими участками на палеогеновых и неогеновых отложениях наблюдается развитие слабоволнистых пластовых равнин. Региональные особенности рельефа пригородной зоны в пределах долин рек Есиль и Нура характеризуются совокупностью пойменных и надпойменных террас. Рельеф водоразделов представлен высокими денудационными равнинами с участками мелкосопочного рельефа.

Исследуемые реки по режиму относятся к казахстанскому типу и характеризуются исключительно резкой внутригодовой неравномерностью распределения стока. Питание большей частью снеговое, преимуще-

ственное значение в питании рек имеют талые воды. Основная фаза водного режима – весеннее половодье (апрель-май), продолжающееся от 30 до 80 суток, на которые приходится 95...98 % годового стока. Межень – летне-осенняя и зимняя [4].

Характеристики весеннего половодья:

– р. Есиль – г. Акмолинск (нуль графика 343,00 м абс.) за период 1933...1956 гг.: средний высший уровень – 411 см, средняя дата начала весеннего половодья – 11 апреля, высшего уровня – 16 апреля, конца – 23 мая;

– р. Нура – с. Романовское (нуль графика 349,80 м абс.) за период 1933...1956 гг.: средний из высших уровень – 621 см, средняя дата начала весеннего половодья – 11 апреля, высшего уровня – 18 апреля, конца – 1 июня.

Таблица 3.

Средний и максимальный (с датой) расход воды, м³/с

Год					
2011	2012	2013	2014	2015	2016
р. Есиль – с. Приишимское (период осреднения 11.03...10.05)					
нб / 9,15 (07.04)	0,65 / 6,29 (05.04)	нб / 6,98 (09.04)	нб / 41,8 (01.04)	нб / 110 (12.04)	нб / 7,58 (02.04)
р. Есиль – с. Тургень (период осреднения 11.03...10.05)					
7,94 / 67,2 (11.04)	10,76 / 128 (06.04)	нб / 96,3 (11.04)	34,96 / 476 (01.04)	67,34 / 526 (13.04)	33,13 / 211 (03.04)
р. Есиль – с. Волгодоновка (период осреднения 1.03...10.05)					
0,51 / 3,37 (02.04)	0,34 / 1,92 (05.04)	нб / 3,56 (07.04)	16,27 / 158 (03.04)	24,93 / 176 (14.04)	9,15 / 76,7 (09.04)
р. Нура – с. Р. Кошкарбаева (период осреднения 01.04...31.05)					
27,20 / 130 (10.04)	15,80 / 94,4 (05.04)	60,48 / 216 (06.04)	17,17 / 25 (05.04)	74,41 / 275 (19.04)	– *

Примечание: нб – наблюдалось отсутствие стока в период осреднения; * – наблюдения не проводились.

Продолжительность весеннего половодья зависит от площади водосбора реки: на средних реках (3000...30 000 км²), к которым относится Есиль в створе гидропоста Астаны (7400 км²), составляет от 30 до 80 суток; на реках с расходом более 40 000 км², к которым относится р. Нура в створе гидропоста с. Кошкарбаева (с. Романовское) (48 100 км²), продолжительность весеннего половодья 50 суток и более. Половодье однопиковое, т.е. проходит одной волной, в годы со значительными дождевыми осадками в весенний период осложняется прохождением паводков. Затопленные явления для рек данной территории почти не характерны. Исходя из анализа основных характеристик стока воды р. Есиль за весенний период

определено, что 2014...2015 гг. являются периодом повышенной водности. Значение максимального уровня воды 2015 г. превысило соответствующее значение 2012 г. в 6 раз (рис. 3)

На р. Нура значение максимального уровня воды 2015 г. в 2 раза выше значения 2012 г. В целом, для данного водного объекта характерно равномерное увеличение показателя максимального уровня воды за 2011...2015 гг. (рис. 4).

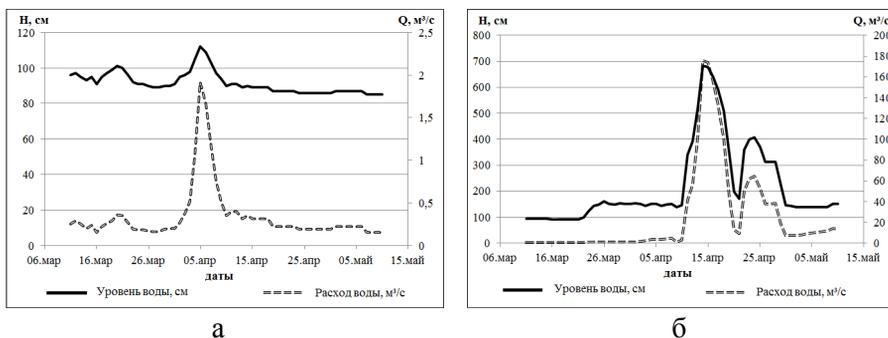


Рис. 3. Ход уровня и расхода воды р. Есиль – с. Волгодоновна за весенний период: а – 2012 г., б – 2015 г.

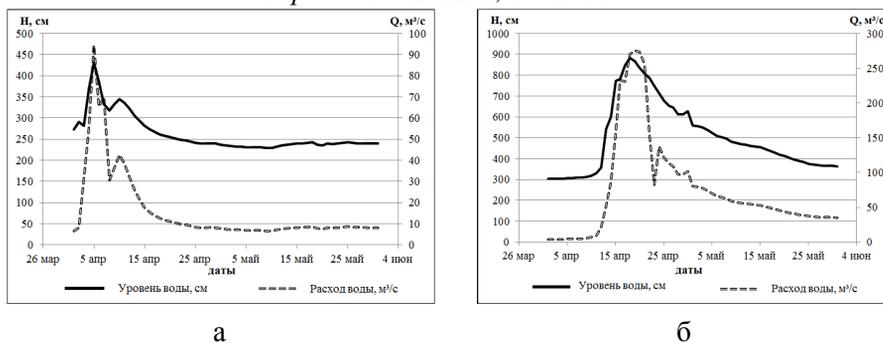


Рис. 4. Ход уровня и расхода воды р. Нура – а. Кошкарбаева за весенний период: а – 2012 г., б – 2015 г.

Характерной чертой для Нуры является бифуркация. Это обусловлено слабо выраженными водоразделами междуречья Есиль – Нура, и наличием общего уклона в сторону р. Есиль с величиной падения 12,5 м. В связи с этим помимо соединения этих двух рек, происходит перетекание части воды.

В геоморфологическом плане риск воздействия половодья высок для поверхностей высокой поймы и первой надпойменной террасы рек Есиль и Нура, повышен для второй надпойменной террасы и озерно-аллювиальной плоской и слабоволнистой равнины междуречья с многочисленными озерными котловинами. Руслу рек меандрируют, состоят из плесов и перекатов, глубина изменяется от 0,5 до 5 м. Высокая пойма рек

Есиль и Нура четко выражена в рельефе, ее ширина изменяется от нескольких метров до километра. Высота низкой поймы до 1,0...1,2 м, высота поверхности высокой поймы варьирует в пределах 2,5...3,0 м. Первая надпойменная терраса развита практически повсеместно, ширина изменяется от нескольких сотен метров до 1,5 км, слабонаклонная. Над средне-многолетним урезом вода возвышается от 4 до 6 м, на поверхности наблюдаются многочисленные следы староречий. Вторая надпойменная терраса фрагментарная, ширина на некоторых участках достигает 3...4 км, уступ выражен отчетливо, превышение над урезом варьирует от 6 до 8 м.

Выводы и рекомендации. Основным методом гидрологического анализа явился метод оценки риска наводнений с выбором гидрологических показателей затопления [13].

В основу математических моделей движения водных потоков, являющихся ядром многих прогнозных комплексов, положено решение системы уравнений Сен-Венана, которые являются базовыми в вычислительной гидравлике открытых потоков [5, 16]. В зависимости от детальности исходных данных и решаемой задачи применяются одномерные и двумерные модели движения водного потока. Водный поток, при записи системы уравнений Сен-Венана, может быть представлен в одномерной (характеристики потока осреднены по поперечному сечению) и двумерной (осреднение по глубине) схематизации.

Одномерные модели могут использоваться для расчетов на протяженных участках, на основе данных о морфометрических характеристиках речных долин, представленных в виде отдельных поперечных профилей, расположенных на значительном расстоянии друг от друга (рис. 5). Для спокойных потоков (при числе Фруда $Fr < 1$) входными данными для расчета являются гидрографы (хронологические графики изменения расхода воды) на верхней границе моделируемого участка и ход уровней на его нижней границе. В некоторых моделях последнее условие может быть заменено зависимостью уровней воды от расхода. Результатами расчетов являются изменения уровней водной поверхности и расходов воды по времени на каждом поперечнике в пределах расчетного участка (рис. 6). При этом расчет перекоса водной поверхности на поперечниках, как правило, не производится, и отметки уровня воды принимаются едиными для каждого из поперечников.

Использование одномерных моделей более целесообразно при выполнении моделирования протяженных участков рек, когда их длина на порядок и более превышает ширину зоны возможного затопления. При

этом одномерные модели в принципе не могут учесть эффекты, связанные с перемещением динамической оси потока по ширине долины.

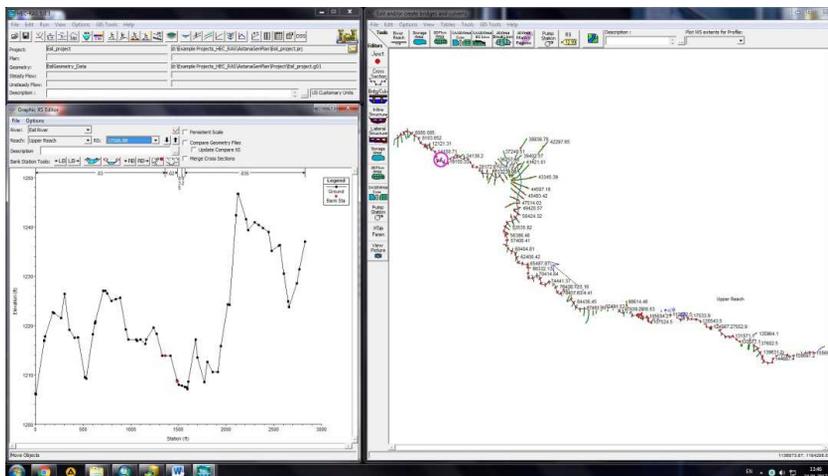


Рис. 5. Задание схемы участка р. Есиль для одномерной модели HEC-RAS.

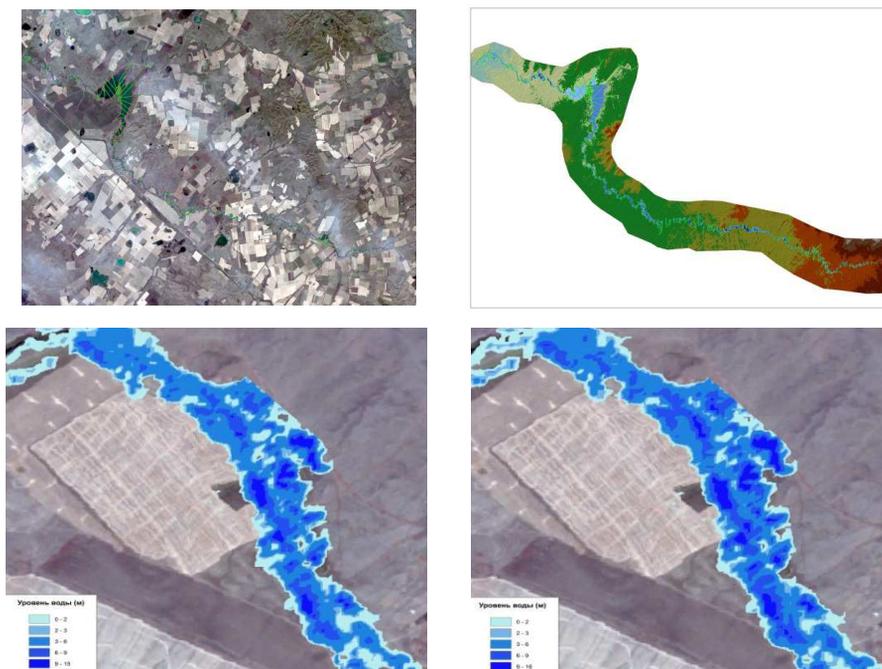


Рис. 6. Визуализация результатов расчета по модели HEC-RAS.

Двумерные модели требуют более детальной информации о морфометрии речных долин, в первую очередь о рельефе территории потенциального затопления, представленном в виде поля точек в декартовой системе координат (x, y, z) . В результате они позволяют получить пла-

новую картину распределения скоростей течения, уровней водной поверхности и глубин воды в пределах расчетной области.

Реализация численных методов решения системы Сен-Венана является основой компьютерных моделей движения водных потоков. В связи с развитием быстродействующей вычислительной техники к настоящему времени в разных странах разработано и применяется в практических расчетах большое количество моделей: российские программные комплексы River-1D и Stream-2D, разработанные В.В. Беликовым и др. [6], Mike 11, Mike 21 Датского гидрологического института [21], Delft 3D (многослойная двумерная модель) Института Deltares г. Дельфт (Нидерланды) [25], американские HEC-RAS Американского корпуса военных инженеров [22], FLO-2D [24], французский TELEMAC и др. Модели отличаются, в основном, способами схематизации расчетной области (треугольные, четырехугольные и смешанные сетки), применяемыми расчетными схемами и методами (конечных разностей, конечных элементов), набором дополнительных блоков (распространение примесей, транспорт наносов и т.п.). В России наибольшее распространение получила двумерная модель STREAM_2D и одномерная модель тех же авторов River_1D [2, 3, 24]. Разработчиками созданы оригинальные методики построения нерегулярных расчетных сеток, наилучшим образом описывающих сложные по конфигурации русла и сооружения на поймах. Модели включают блоки транспорта взвешенных наносов, моделирования повышения уровней воды при ледовых заторах. Преимуществом данных моделей также является доступность программного кода и возможность их внедрения в различные интерфейсы. Программные комплексы RIVER_1D и STREAM_2D (и их предшествующие версии River и Flood) использовались при решении многочисленных задач, связанных с наводнениями на реках и в устьевых областях рек Сев. Двина, Волга, Лена, р. Москва, Дон и т.д., и техногенным затоплением территории в случае аварий на гидротехнических сооружениях (расчета волн прорыва при аварийных ситуациях на Красноярском, Саратовском, Сызранском, Угличском, Рыбинском, Краснодарском, Новосибирском, Камском, Пироговском, Цимлянском и др. гидроузлах).

Заключение. Рост численности населения г. Астаны и населенных пунктов пригородной зоны, беспорядочная застройка, неудовлетворительное состояние большинства гидротехнических сооружений обуславливают высокий риск воздействия вод половодья. Это приводит к экономическому ущербу и усилению социальной напряженности.

В зависимости от детальности исходных данных и решаемой задачи для исследования наводнений применяются как одномерные, так и двумерные модели движения водного потока. Они позволяют получить плановую картину затопления в пределах расчетной территории. Полученные в результате моделирования характеристики используются для зонирования пониженных участков речных долин по степени потенциальной опасности в случае наводнений, а в совокупности с социально-экономическими данными – для оценки возможных ущербов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акиянова Ф.Ж., Кенжебаева А.Ж., Зинабдин Н.Б., Каракулов Е.М. Геоморфологические и гидрологические факторы риска воздействия половодья рек Нура и Есиль на населенные пункты зоны градостроительного регулирования города Астаны // Рациональное использование и охрана водных ресурсов: Всерос. научно-практ. конф. с междуна. уч. (г. Барнаул, 14-16. 09. 2017 г.). – Барнаул, 2017 – С. 11-16.
2. Алабян А.М. Информационные технологии в гидрологии // В сб. Гидроэкология: теория и практика. / Проблемы гидрологии и гидроэкологии. – 2004. – Вып. 2. – С. 476-482.
3. Алабян А.М., Алексеевский Н.И., Евсеева Л.С., Жук В.А., Иванов В.В., Сурков В.В., Фролова Н.Л., Чалов Р.С. Чернов А.В. Генетический анализ причин весеннего затопления долины Малой Северной Двины в районе г. Великого Устюга // Эрозия почв и русловые процессы (Изд-во МГУ). – 2003. – Вып. 14. – С. 105-131.
4. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций Республики Казахстан. – Алматы: 2010. – 264 с.
5. Беликов В.В. Совершенствование методов и технологий прикладного численного моделирования и в гидравлике открытых потоков: Диссер. ... доктор техн. наук. – М., 2005. – 358 с.
6. Беликов В.В., Милитеев А.Н., Прудовский А.М., Родионов В.Б. Компьютерная гидравлическая модель речного бассейна – основа определения ущербов народному хозяйству от наводнений. // В сб. «Безопасность энергетических сооружений». – 2003. – Вып. 11. – С. 132-148.
7. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Калинин М.Ю. Гидрологические стихийные явления (мировые тенденции, хроника Беларуси и Казахстана) // Матер. междуна. научно-практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». / «Водные

- ресурсы Центральной Азии и их использование», Книга 2 – Алматы, Казахстан, 22-24 сентября 2016 г. – С. 372-377.
8. Гальперин Р.И. О водных опасностях в Казахстане // Матер. междунар. научно-практ. конф., посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». / «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование», Книга 2 – Алматы, Казахстан, 22-24 сентября 2016 г. – С. 378-386.
 9. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения и состояния климата Казахстана: 2015 г. – Астана: МЭ РК РГП «Казгидромет», 2016. – 39 с.
 10. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2016 год. – Астана: МЭ РК РГП «Казгидромет», 2017. – 58 с.
 11. Закон Республики Казахстан. О гражданской защите: от 11 апреля 2014 года, № 188-V (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.07.2018 г.).
 12. Интерфакс Казахстан. Информационное агентство. [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: https://www.interfax.kz/?lang=rus&int_id=10&function=view&news_id=9440 (дата обращения 9.10.2018)
 13. Киреева М.Б., Фролова Н.Л. Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона // Водное хозяйство России – 2013. – №1. – С. 60-76.
 14. Космические снимки Landsat-8, Sentinel-2 за 2015-2017 гг., радарные снимки Sentinel-1 за 2016-2017 гг. [Электронный ресурс]. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 9.09.2018)
 15. Крыленко И.Н. Опыт применения космических снимков для компьютерного моделирования затопления территории при наводнениях на реках // Земля из космоса – наиболее эффективные решения: Тезисы докладов II междунар. конфер. – Москва, 2005. – С. 104-106.
 16. Кюнж Ж.А., Холли Ф.М., Вервей А. Численные методы в задачах речной гидравлики – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 255 с.
 17. Митюкович С. Моделирование затопления территорий и ArcGIS. [Электронный ресурс]. – URL: http://esricis.ru/blogs/?page=post&blog=arcgis&post_id=modelirovanie-zatopleniya-tek-i-arcgis (дата обращения 9.09.2018).
 18. Новостной портал агентства «Хабар». [Электронный ресурс]. – URL: <http://24.kz/ru/news/social/item/169513-na-borbu-s-pavodkami-v-akmolinskoj-obl> (дата обращения 9.09.2018).

19. Расписание погоды. Архив погоды. [Электронный ресурс]. – 2004...2018. – URL: <http://rp5.kz/> (дата обращения 9.09.2018).
20. Dixinews.kz. Информационный сайт. [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: <http://dixinews.kz/articles/zhizn/14322/> (дата обращения 9.09.2018).
21. Modeling the World of Water. DHI Water & Environment. [Электронный ресурс]. – URL: 2005. <https://www.dhigroup.com> (дата обращения 9.09.2018).
22. HEC-RAS river analysis system User's Manual. 2002. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf> (дата обращения 9.09.2018).
23. Preventing the flooding of the Seine in the Paris – Ile de France region. Progress made and future challenges. OECD High Level Risk Forum Public Governance Directorate. Report. [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <http://www.oecd.org/gov/risk/preventing-the-flooding-of-the-seine-2018.htm> (дата обращения 9.09.2018).
24. FLO-2D. Version 2006.01 User Manual [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.flo-2d.com> (дата обращения 9.09.2018).
25. Delft3D-FLOW Version 3.06 User Manual. WL | Delft hydraulics. 2018. [Электронный ресурс]. – URL: https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf (дата обращения 9.09.2018).

Поступила 29.09.2018

Геогр. ғылымд. докторы	Ф.Ж. Акиянова
Геогр. ғылымд. докторы	Н.Л. Фролова
	Е.М. Каракулов
	А.Ж. Кенжебаева
	А. Шаймерденова

АСТАНА ҚАЛАСЫНЫҢ МАҢЫНДАҒЫ АУДАНДАРДЫҢ ЕСІЛ ЖӘНЕ НҰРА ӨЗЕНДЕРІНІҢ ТАСҚЫН ТӘУЕКЕЛ БАҒАЛАУДЫҢ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Түйінді сөздер: көктемгі су тасқыны, Есіл өзені, Нұра өзені, су тасқыны, Астана қаласының маңындағы ауданы

Есіл мен Нұра өзендері мысалында жазықтағы өзендердің тасқын су басу қаупін бағалаудың дәстүрлі және инновациялық әдістері зерттелді. Су тасқынын үлгілеудің анық нәтижелерін алу үшін мониторингтік, картографиялық деректер мен далалық өлшеулер, цифрлық ғарыштық суреттер мен аэрофотосуреттер сияқты көптеген деректерді талдау қажеттілігі көрсетілді.

Akiyanova F.Zh., Frolova N.L., Karakulov Y.M., Shaimerdenova A.M.

MATERIALS AND METHODS OF FLOODS RISK ASSESMENT ON THE ESIL AND NURA RIVERS WITHIN ASTANA SUBURBAN AREA

Key words: floods, Esil River, Nura River, flooding, Astana suburban area

Traditional and innovative methods of flooding risk assessment within lowland rivers using the example of Esil and Nura Rivers were studied. The necessity of big amount of monitoring, map data and field measurements, digital satellite images and detailed aerial photography for credible floods modelling results getting was showed.

УДК 556.3.013;556.3.072

А.А. Болатова¹
Т.А. Тілләкәрім¹
М.Н. Раимжанова¹
Н.Т. Серікбай¹
Б.Е. Багитова¹
К.М. Болатов¹

РЕЗУЛЬТАТЫ КАЛИБРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ HBV ДЛЯ ГОРНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: параметры модели, ГИС, цифровая модель рельефа, сток весеннего половодья, моделирование

В статье приводится краткое описание модели HBV-light и её основных параметров. Даны этапы предварительной работы с цифровой моделью рельефа и результаты автоматического калибрования для 15 горных водосборов Казахстана.

В настоящее время в гидрологии наиболее важной задачей является оценка режима паводков и наводнений. Овладение методологическим аппаратом новейшего направления и технологиями, позволяют использовать гидрологические модели во всех речных бассейнах, в том числе в неизученных. Также одной из важнейших задач является перспективный прогноз изменений гидрологического режима при ожидаемых изменениях климата и ландшафтов. Математическое моделирование процессов формирования речного стока есть базовый исследовательский и инженерный инструмент современной гидрологии. Количество различных моделей стока исчисляется многими десятками – от простейших до самых сложных [1, 3, 7].

Объекты исследования. В данной работе исследуются горные реки южного, юго-восточного и восточного Казахстана, последние из которых по геологическому строению относятся к молодым рекам, проходящим раннюю стадию своего развития. Горные районы Казахстана отличаются густотой речной сети, так как в горах Алтая, Жетысуйского Алатау и Тянь-Шаня выпадают обильные осадки.

Рассматриваемым рекам характерны весенние и весенне-летние половодья, продолжительность которых зависит от средней высоты, пло-

¹ КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

щадии водосбора, рельефа, а также от климатических и различных гидрогеологических условий.

Река Шарын – крупнейший приток р. Или. В верхнем течении носит название Чалкудысу, а в среднем Кегень. Площадь бассейна реки (F) 7720 км², длина (L) 427 км.

Река Шелек – второй по величине приток р. Или. Она образуется от слияния рек Жангырык, юго-восточный Талгар и Южный Иссык, берущих начало на высотах 3300...3500 м от ледников Жангырык, Богатырь, Корженевского на хребтах Заилийского и Кунгей-Алатау. Длина реки 245 км, площадь бассейна 4980 км².

Река Осек ($F = 1970$ км², $L = 164$ км) образуется при слияния рек Малого и Большого Осека и после слияния выходит на предгорную равнину, где образует обширное болото Омба. Выйдя из болота, река течет в западном направлении и впадает в р. Иле.

Река Коксу – приток р. Каратал – берет начало у основания ледниковых морен на высоте около 3500 м. По площади водосбора (4670 км²) и протяженности (205 км) она больше р. Каратал.

Река Лепсы в бассейне оз. Балхаш занимает по водности третье место. Её длина 417 км, площадь водосбора 8110 км². Истоки р. Лепсы находятся на высоте более 3000 м – в области ледников северного склона хребта Жетысуйского Алатау. С северных склонов Жетысуйского Алатау в сторону оз. Балхаш текут реки Сарканд, Баскан, Биен, Кызылагаш и ряд более мелких водотоков. *Река Баскан* – горный водоток с истоками в ледниках и снежинках. *Река Емель* берет начало на высотах около 3000 м, на склонах хребтов Тарбагатай и Уркашар, за пределами Казахстана. Площадь ее водосбора 21 800 км². На территории Казахстана река пересекает песчаную равнину и впадает в оз. Алаколь [6].

Реки Восточного Казахстана относятся к бассейну Карского моря. Гидрографическое строение речной сети Верхнего Иртыша обусловлено сложным рельефом и разнообразными климатическими условиями. Основной фазой этих бассейнов является половодье, в период которого осуществляется большая часть годового стока, наблюдаются максимальные расходы и наибольшие уровни воды [4].

Река Улькен Бокен – одна из крупных левобережных притоков Иртыша, впадающая в Бухтарминское водохранилище. Истоки реки располагаются на южных склонах хр. Калба, северо-восточнее гор Байбура, на

высотах 1400...1500 м. Длина реки 161 км, площадь водосбора 3390 км². Средний многолетний расход воды составляет 7,82 м³/с.

Река Буктырма берет начало из небольшого озера на склоне Южного Алтая и до впадения в Бухтарминское водохранилище принимает ряд притоков – Ак Берель, Черновая, Сарымсакты, Белая, Черемошка, Хамир, Березовка. Длина реки 336 км, площадь водосбора 12 660 км². Средний многолетний расход воды составляет 218 м³/с.

Река Ульби образуется слиянием рек Тихая ($F = 681 \text{ км}^2$, $L = 25 \text{ км}$) и Громотуха ($F = 451 \text{ км}^2$, $L = 34 \text{ км}$), которые берут начало в Ивановском и Убинском хребтах (Рудный Алтай). В районе г. Усть-Каменогорска Ульби впадает в р. Иртыш (Ертис), являясь ее правым притоком. Длина реки 100 км, площадь водосбора 4990 км². Среднемноголетний расход воды составляет 96,8 м³/с.

Река Оба – одна из самых полноводных правобережных притоков р. Ертис, образуется от слияния рек Белая Оба ($F = 806 \text{ км}^2$, $L = 58 \text{ км}$) и Черная Оба ($F = 691 \text{ км}^2$, $L = 70 \text{ км}$), берущих начало с Корганских Белков в зоне вечных снегов. Верховья реки с северо-востока и запада сжаты Тигирецким, Коксуйским и Убинским хребтами. Длина реки 278 км, площадь водосбора 9 850 км². Среднемноголетний расход – 173 м³/с [2].

Реки Арысь и Келес по гидрологическому районированию территории бассейна Сырдарьи относятся к северо-западному району, где объединена вся низкогорная область северо-западной части бассейна Сырдарьи, т.е. западная периферия отрогов Таласского Алатау и юго-западные склоны хр. Каратау. По классификации В.Л. Шульца, реки относятся к типу снего-дождевого питания. Гребень волны половодья, рек этого района проходит большей частью в апреле-мае. *Река Арысь* образуется на стыке хребтов Таласского и Каратау. Общая длина составляет 378 км, а площадь водосбора 14 200 км². Особенностью бассейна является то, что заборы воды на орошение производятся на всем протяжении рек, начиная с верховьев. *Река Келес* правый приток реки Сырдарьи, берет начало на горном хребте Каржантау. Длина реки 241 км, площадь водосбора 3260 км² [5].

Описание модели HBV. Модель HBV, разработанная Бергстрёмом в Шведском метеорологическом и гидрологическом институте, представляет собой концептуальную модель водосбора, которая преобразует осадки, температуру воздуха и потенциальное суммарное испарение либо в снеготаяние, либо в сток или приток в водохранилище [8]. Модель была неоднократно модифицирована, и ее различные версии существуют во

многих странах. В данном исследовании применялась версия HBV light 2.0. Модель описывает общий баланс реки следующим образом:

$$P - E - Q = \frac{d}{dt} [SP + SM + UZ + LZ + VL], \quad (1)$$

где P – осадки; E – суммарное испарение; Q – сток; SP – снежный покров; SM – влажность почвы; UZ – верхняя зона подземных вод; LZ – нижняя зона подземных вод и VL – объем озер.

Модель HBV можно рассматривать как модель с полураспределёнными параметрами; водосбор разбивается на частные водосборы, также применяется метод высотного районирования. Модель включает следующие подпрограммы для интерполяции: расчет накопления снега и снеготаяние, суммарного испарения, влажности почвы, обобщения стока для расчета трансформации движения воды по рекам и через озера. Для водосборов определенного высотного положения осуществляется дополнительное деление на высотные зоны. Каждую высотную зону можно разделить на подзоны по типу растительности, например лесные и не лесные территории.

Модель HBV применяется для заполнения пропусков в рядах данных стока, для контроля качества данных, для изучения водного баланса, для расчета проектных паводков, для обеспечения безопасности плотин, для исследования последствий изменения стока в водосборном бассейне, а также для прогнозирования стока [10].

Для высотного анализа бассейнов использовались трехмерные снимки SRTM (Shuttle radar topography mission). Последующая обработка трехмерного снимка производится в модулях ESRI ArcGIS Desktop. На основе данных SRTM подготовлены 15 цифровых моделей рельефа (ЦМР) бассейнов горных рек с расширением пикселя 30×30 м. Проведен анализ рельефа каждого бассейна (направление потока, локальное понижение, заполнение, общий суммарный сток, идентификация, порядок водотоков, привязка точек устьев), классификация площади бассейнов по высотным зонам и выделены склоны различных экспозиций – северной, южной, западной, восточной. Также использовались данные ледниковых составляющих, при их наличии. В качестве примера на рис. 1 представлена карта ЦМР бассейна р. Ульби – с. Ульби Перевалочная. Аналогичные карты построены в ГИС для всех исследуемых водосборов.

Результаты.

Калибровка параметров модели. Надежность результатов гидрологических моделей водосбора напрямую зависит от процедуры калиб-

рования, которая обычно является поиском одного оптимального набора параметров для исследуемой территории.

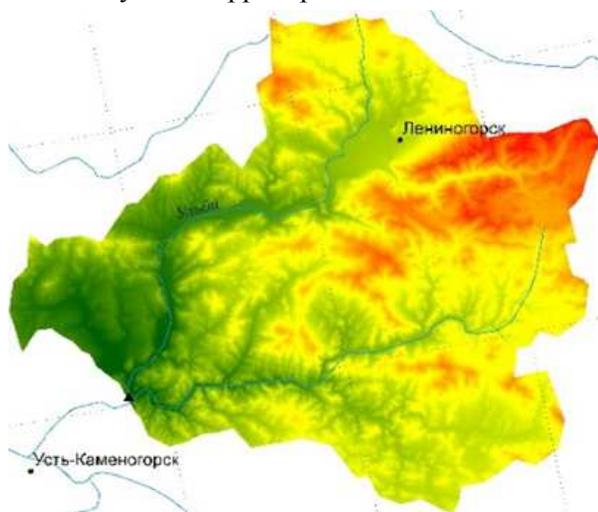


Рис. 1. Цифровая модель рельефа р. Ульби – с. Ульби Перевалочная.

Метод автоматической калибровки для модели HBV позволяет использовать различные критерии. Значения параметров выбираются случайным образом в пределах заданного диапазона, и модель запускается с использованием этих параметров. В табл. 1 представлены допустимые для модели HBV диапазоны параметров [11].

Обычно для калибровки требуются синхронные ряды стока и метеорологических данных за 3...5 или 5...10 лет. Период калибровки должен включать различные гидрологические годы, как многоводный так и маловодный.

Таблица 1

Допустимые диапазоны параметров модели

Параметр	Пояснение	СИ	Нижний предел	Верхний предел
Режим снега				
TT	Пороговая температура	°C	-1,5	2,5
CFMA	Фактор градус-день	mm °C ⁻¹ d ⁻¹	1	10
SFCF	Поправка к снегу	-	0,5	1,2
CWH	Влагоемкость	-	0	0,2
CFR	Коэффициент повторно-го замораживания	-	0	0,1
Режим почв				
FC	Максимум SM (накопленные влаги в почве)	mm	50	500

Параметр	Пояснение	СИ	Нижний предел	Верхний предел
LP	Порог для уменьшения испарения (SM/FC)	-	0,3	1
BETA	Share коэффициент	-	1	6
Генерация стока				
K ₀	Коэффициент рецессии	d ⁻¹	0,1	0,5
K ₁	Коэффициент рецессии	d ⁻¹	0,05	0,3
K ₂	Коэффициент рецессии (lower storage)	d ⁻¹	0,001	0,1
UZL	Порог для K ₀ -outflow	mm	0	50
PERC	Максимальный сток проходящий от верхнего к нижнему слою почвы	mm d ⁻¹	0	4
MAXBAS	Трансформация стока, длина весовой функции	d	1	7

В данной работе калибрование модели выполнено по 15 горным рекам Туркестанской, Восточно-Казахстанской, Алматинской областей и г. Алматы с использованием алгоритма оптимизации GAP optimization. В результате автоматического калибрования модели HBV для каждого водного объекта определены наилучшие наборы параметров, в зависимости от климатических, гидрологических и геологических условий (табл. 2).

Таблица 2

Параметры модели HBV, сгенерированные при автокалибровании модели

Режим снега			Режим почвы и испарения				Режим подземных вод и чувствительности модели			
ТТ, °C	CFMAX, mm °C ⁻¹ d ⁻¹	SFCF	FC, mm	LP	BETA	Alpha	K1, d ⁻¹	K2, d ⁻¹	PERC, mm d ⁻¹	MAXBAS, d
<i>р. Арысь – жд. ст. Арысь</i>										
-0,3	7,6	0,5	292	0,7	2,9	0,3	0,2	9,9	1,6	6,7
<i>р. Келес – устье</i>										
-1,5	4,4	0,7	496	0,6	2,2	0,2	0,2	0,1	0,5	4,3
<i>р. Лепсы – г. Лепсы</i>										
-0,8	8,0	0,6	371	0,4	1,4	5,7	5,0	6,3	3,0	1,0
<i>р. Осек – п. Талды</i>										
1,1	3,6	1,1	198	0,3	5,7	0,0	0,1	4,6	3,9	3,8
<i>р. Баска – с. Екиаша</i>										
-1,0	3,3	0,9	293	0,6	6,0	3,0	8,7	0,0	4,9	6,2

Режим снега			Режим почвы и испарения				Режим подземных вод и чувствительности модели			
ТТ, °С	CFMAX, mm °C ⁻¹ d ⁻¹	SFCF	FC, mm	LP	BETA	Alpha	K1, d ⁻¹	K2, d ⁻¹	PERC, mm d ⁻¹	MAXBAS, d
-1,5	8,8	0,5	400	0,6	1,5	0,4	0,3	7,6	1,8	7,0
<i>р. Емель – Кзылту</i>										
-1,4	9,0	0,8	114	0,7	0,5	0,2	6,2	1,4	0,6	1,8
<i>Приток в Бестюбинское водхр.</i>										
-1,3	10,0	0,8	290	0,5	2,0	0,4	0,1	5,7	3,7	1,2
<i>р. Шары – п. Сарытогай</i>										
-0,1	10,0	0,6	500	0,3	3,6	0,2	0,1	5,4	2,7	2,0
<i>р. Шелек – п. Бартогай</i>										
1,6	9,0	1,2	231	0,3	1,1	7,0	6,9	1,5	1,8	2,6
<i>р. Шелек – с. Малыбай</i>										
0,9	3,1	1,5	150	0,9	1,1	0,9	7,1	0,1	2,4	1,2
<i>р. Оба – г. Шемонаиха</i>										
1,7	5,0	0,9	232	0,6	3,6	7,9	0,1	6,7	0,2	2,1
<i>р. Ульби – Перевалочная</i>										
1,1	5,2	1,2	50	1,0	1,0	5,4	8,7	0,1	1,3	2,3
<i>р. Бухтарма – с. Лесная пристань</i>										
2,1	4,5	1,2	170	1,0	2,5	5,2	0,1	3,8	2,7	3,4
<i>р. Коксу – с. Коксу</i>										
2,1	9,5	1,2	50	1,0	1,0	0,1	6,1	9,9	0,3	5,4
<i>р. Улькен Бокен – с. Джумба</i>										

Калибрование модели производилось автоматическим методом, основанным на большом количестве ручных калибровок (10 000 генераций случайных чисел). В ходе колебровок соответствующие значения параметров изменяются до тех пор, пока не будет получена наилучшая связь с наблюдаемыми данными.

HBV моделирует ежедневные значения стока в половодье с использованием суммы осадков, температуры воздуха и потенциального испарения. В зависимости от значения пороговой температуры ТТ [°С], выпавшие осадки классифицируются либо в твердые осадки (фактическая температура воздуха ниже порогового значения), либо в жидкие осадки (фактическая температура воздуха выше порогового значения). Все осадки, формирующие снег умножаются на поправочный коэффициент снегопада, SFCF. Таяние снега рассчитывается по методу градусо-дня.

Талая вода и осадки сохраняются в снежном покрове до тех пор, пока они не превысят определенную долю, CWH, водного эквивалента снега. Дождевые осадки и снеготаяние распределяются на влагу, наполняющую слой почвы и на подпитку грунтовых вод, в зависимости от соотношения между содержанием воды в почвенном слое (SM [mm]) и его максимальным значением (FC [mm]) [10].

К параметрам снежного покрова («snow routine»), которые рассчитываются в модели HBV-light, относятся пороговая температура (TT), фактор градус-дня (CFMAX) и поправочный коэффициент снегопада (SFCF).

Фактор градус-дня (CFMAX) основан на предполагаемой взаимосвязи между абляцией и температурой воздуха, обычно этот параметр выражается в виде суммы положительных температур воздуха, т.е. количества растаявшего льда или снега (мм), в определенный Δt интервал времени в дни с положительными температурами. По результатам расчета модели (табл. 2) количество растаявшего льда или снега в исследуемых бассейнах изменяются в пределах 3,1...10,0 мм. Максимальное количество растаявшего снега или льда наблюдается на р. Шелек – п. Бартогай и р. Шарын – п. Сарытогай. Поправочный коэффициент снегопада (SFCF) изменяется в пределах от 0,51 до 1,50.

Процедура учета влажности почвы является основной частью контроля образования стока. Эта процедура основана на трех параметрах: максимальном хранении влаги в почве (FC), индексе распределения влажности почвы (BETA), значении влажности почвы, выше которого эвапотранспирация достигает своего потенциального значения (LP). Вклад в сток от дождя или таяния снега является небольшим, когда почва сухая и велик при увлажненной почве. Соответственно, коэффициент стока зависит от влажности почвы [9]. Максимальное количество увлажненности почвы, рассчитанной по модели на реках Туркестанской области варьируются в пределах от 292 до 496 мм, на реках г. Алматы – от 114 до 500 мм, на реках Алматинской области – от 170 до 371 мм, а на реках Восточно-Казахстанской области изменяется от 50 до 400 мм (табл. 2). Значение влажности почвы, выше которого эвапотранспирация достигает своего потенциального значения на рассматриваемой территории варьирует от минимального до максимального значения, т.е. от 0,3 до 1,0. Индекс распределения влажности почвы изменяется от 1,00 до 5,97.

Следующая подпрограмма «генерация стока» («response routine») представляет собой функцию «ответа», которая преобразует избыток вла-

ги из зоны увлажненной почвы в сток. Избыток влаги из зоны увлажненной почвы накапливается в так называемом «верхнем резервуаре» (верхний почвенный слой). Пока в верхнем резервуаре есть влага, она постепенно просачивается в «нижний резервуар» в соответствии с параметром PERC. Таким образом, верхний почвенный слой представляет собой дренаж, через который влага поступает в нижний почвенный слой. В свою очередь, нижний почвенный слой является резервуаром хранения подземных вод водосбора, вносящий вклад в формирование стока.

Коэффициент K_1 , представляющий накопленный сток в верхней зоне накопления (SUZ) влаги изменяется в пределах от 0,05 до 8,73, а коэффициент K_2 – накопленный сток в нижней зоне хранения (SLZ) влаги варьирует от 0,03 до 9,97. Максимальная скорость просачивание воды изменяется от 0,24 до 4,91 мм/сут.

Генерируемый сток, проходит процедуру преобразования, с целью придания гидрографу правильной формы на выходе из суббассейна. Функция преобразования является простой технологией фильтрации с треугольным распределением весов. Временная база треугольного распределения равна значению заданной параметром MAXBAS. Параметр MAXBAS представляет собой общее количество суточного стока, $i = \{1, 2, \dots \max bas\}$ [13].

Функция MAXBAS перераспределяет общий сток на несколько дней, при этом определенное количество осадков, попадая на поверхность бассейна, оказывает влияние на водосбор не более чем на одни сутки. Рассматриваемый параметр на реках Туркестанской области варьирует от 4 до 7 сут, на реках Алматинской области – 1...6 сут, на реках г. Алматы 1...2 сут и на реках ВКО от 1 до 7 суток.

Для оценки соответствия моделированного стока наблюдаемому стоку используются различные критерии, такие как визуальная оценка или статистические критерии. В модели HBV связь между наблюдаемым и смоделированным стоком оценивается по формуле эффективности Нэша-Сатклиффа NSE [12], обозначаемой в модели R_{eff} [11].

$$R_{eff} = 1 - \frac{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})}{\sum (Q_{obs} - \bar{Q}_{sim})}, \quad (2)$$

где Q_{obs} – расход воды, измеренный на гидрологическом посту; Q_{sim} – расход воды, рассчитанный с помощью модели.

При $R_{eff} > 0,5$ модель хорошо воспроизводит динамику моделируемой величины, при $R_{eff} = 1$ модельный расчет признается полностью адекватным, а при $R_{eff} < 0$ модель считается несостоятельной.

Характеристики водосбора и результаты эффективности модели приведены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика бассейнов и результаты эффективности модели

F, км ²	Метеостанция (М)	Средняя высота М, м н.у.м.	Период калибровки, гг.	R_{eff}
	<i>р. Арысь – жд. ст. Арысь</i>			
11500	Аул Турара Рыскулова	809	2004...2006	0,920
	<i>р. Келес – устье</i>			
3261	Казыгурт, Тасарык, аул Турара Рыскулова, Жетысай	697	1983...1986	0,788
	<i>р. Лепсы – г. Лепсы</i>			
1218	Лепсы	1012	2008...2012	0,919
	<i>р. Шелек – с. Малыбай</i>			
4262	Ассы	2215	1978...1980	0,922
	<i>р. Осек – п. Талды</i>			
1211	Мынжылкы	3017	1989...1991	0,950
	<i>р. Баскан – с. Екиаши</i>			
808	Сарканд	758	2012...2016	0,907
	<i>р. Коксу – с. Коксу</i>			
758	Когалы	1405	1995...2000	0,856
	<i>Приток в Бестюбинское водохранилище</i>			
6163	Жаланаш, Кеген, Нарынкол, Кыргызсай	1656	1978...1981	0,885
	<i>р. Шарын – уроч. Сарытогай</i>			
7766	Кеген, Жаланаш	1771	1986...1991	0,745
	<i>р. Шелек – выше водхр. Бартогай</i>			
4908	Мынжылкы	3017	2010...2015	0,862
	<i>р. Бухтарма – с. Лесная Пристань</i>			
12423	Улкен Нарын, Катон-Карагай, Лениногорск, Теректы	764	1985...1987	0,921

$F, \text{ км}^2$	Метеостанция (М)	Средняя высота М, м н.у.м.	Период калибровки, гг.	R_{eff}
21314	р. Емель – п. Кзылту Алаколь, Жаланашколь, Урджар, Бакты		2009...2011	0,838
8152	р. Оба – г. Шемонаиха Лениногорск, Шемонаиха		2002...2005	0,908
758	р. Улькен Бокен – с. Джумба Кокпекты		1995...2000	0,895
4931	р. Ульби – с. Ульби Перевалочная Лениногорск, Усть-Каменогорск		1986...1990	0,922

Площадь исследованных рек варьирует в пределах 758...21314 км². Среди рассматриваемых рек есть реки с естественным режимом, реки, которые регулируются гидротехническими сооружениями (р. Шелек – с. Малыбай, р. Шарын – уроч. Сарытогай). К рекам, имеющим интенсивную хозяйственную деятельность относятся реки Туркестанской области: р. Арысь – жд. ст. Арысь, р. Келес – устье. Рассмотрена трансграничная река Емель – п. Кзылту, 80 % площади которой формируется на территории Китая. На рис. 2-5 представлены результаты калибрования некоторых рек.

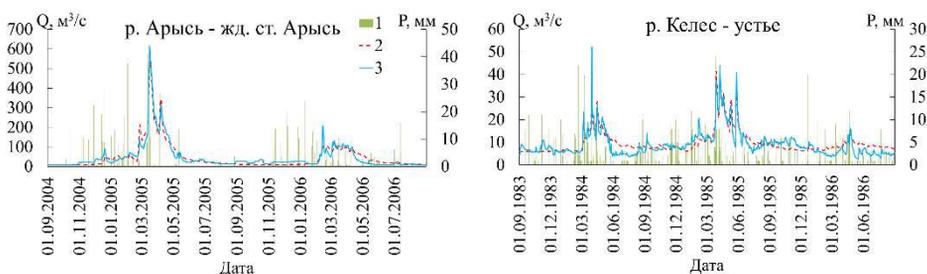
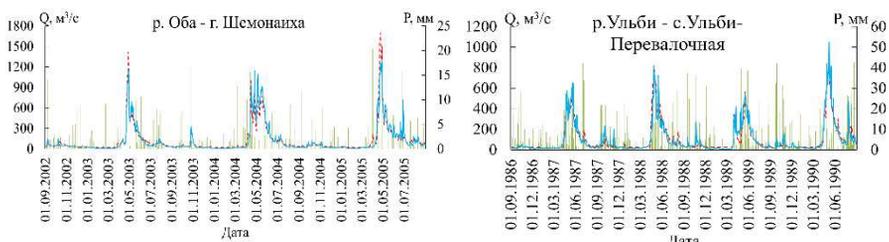


Рис. 2. Результаты калибрования рек Туркестанской области.



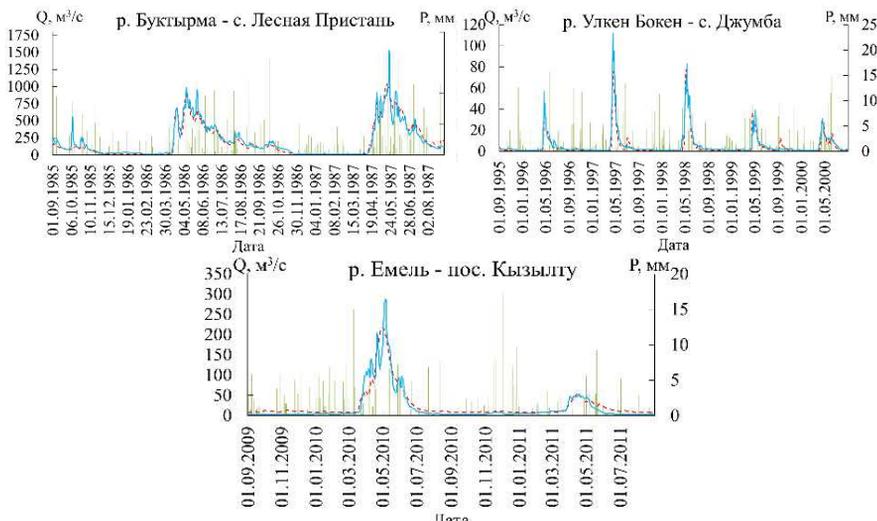


Рис. 3. Результаты калибровки рек Восточно-Казахстанской области.

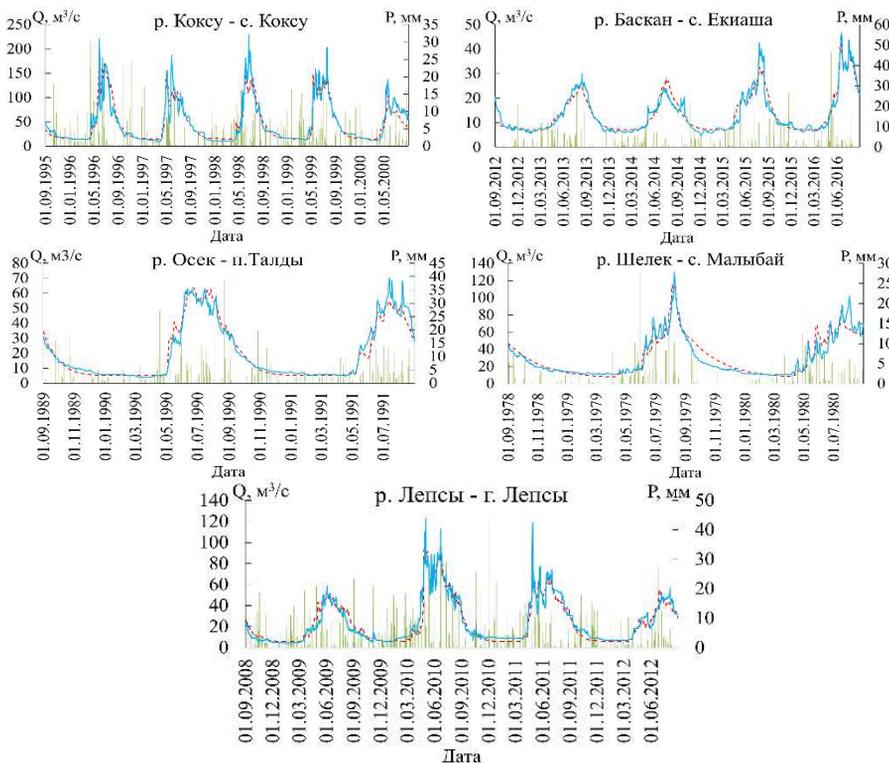


Рис. 4. Результаты калибровки рек Алматинской области.

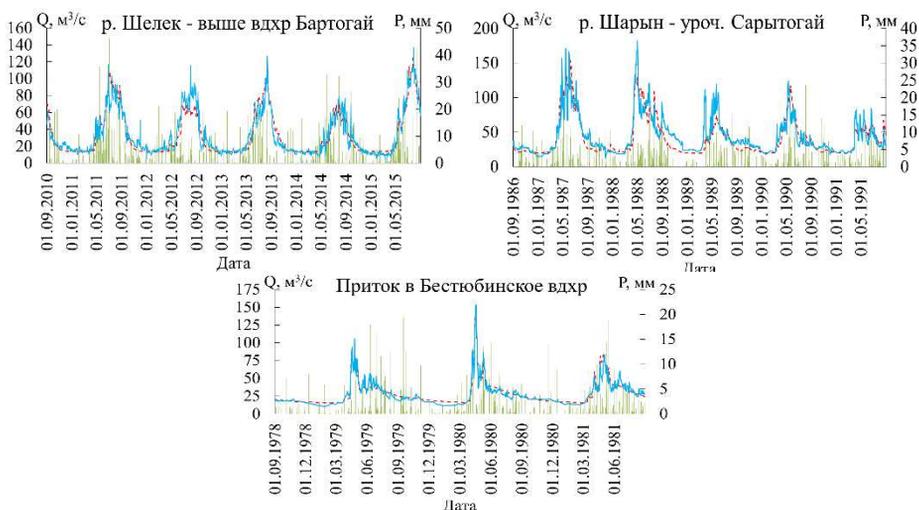


Рис. 5. Результаты калибровки рек г. Алматы. 1 – сумма атмосферных осадков, мм; 2 – смоделированный сток, $\text{м}^3/\text{с}$; 3 – наблюдаемый сток, $\text{м}^3/\text{с}$.

Для калибровки модели были выбраны в основном исторические периоды, от 2 до 5 лет. При калибровке параметров рек эффективность модели, рассчитанная уравнением NSE, в целом составила 0,745...0,950. Модель хорошо воспроизводит динамику моделируемого стока.

Наименьшую эффективность модель рассчитала для р. Келес – устье и р. Шарын – уроч. Сарытогай (0,788 и 0,745 соответственно). Эти реки имеют интенсивную хозяйственную деятельность и регулируются ГТС.

Эффективность модели для трансграничной реки Емель – п. Кзылту составила 0,838. Для других исследуемых рек с естественным режимом эффективность Нэша-Сатклифа варьирует в диапазоне 0,856...0,950. Коэффициенты корреляции наблюдаемых и смоделированных расходов воды колеблются в пределах от 0,863 до 0,977, что говорит о тесной связи между наблюдаемыми и смоделированными расходами воды.

Заключение. Авторами были исследованы 15 горных рек территории Казахстана. Для исследуемых водных объектов адаптирована гидрологическая модель HBV. Проведена работа по калиброванию параметров модели для каждой реки в отдельности. Использование модели HBV для горных рек Казахстана показало, что модель хорошо воспроизводит динамику моделируемого стока, критерии Нэша-Сатклифа составили 0,745...0,950. Откалиброванные параметры модели рекомендуется применять при моделировании стока для составления краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных прогнозов расхода воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 311 с.
2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление, Т. 21./ Водообеспеченность республики Казахстан: состояние и перспективы – Алматы: ТОО «Арко», 2012. – 237 с.
3. Кучмент Л.С., Мотовилов Ю.Г., Назаров Н.А. Чувствительность гидрологических систем: влияние антропогенных изменений бассейнов и климата на гидрологический цикл. – М.: Наука, 1990. – 142 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР, Алтай и Западная Сибирь. Том 15, Вып. 1 – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – С. 31-32, 59.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР, Средняя Азия. Том 14, Вып. 1. Бассейн р. Сыр-Дарьи – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – С. 53, 69, 88.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР, Центральный и Южный Казахстан. Том 13, Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – С. 34-40.
7. Федоровский А.С. Региональная адаптация моделей круговорота воды: Автореф. дис. ... доктора геогр. наук. – Владивосток, 1999. – 24 с.
8. Bergström, S. The HBV model – its structure and applications // SMHI Reports RH, Norrkping, Sweden, 1992. – №4
9. Gitte Berglöv, Jonas German, Hanna Gustavsson, Ulrika Harbman and Barbro Johansson Improvement HBV model Rhine in FEWS Final report // Hydrology – 2009. – № 112. – С. 10
10. Jan Seibert HBV light version 2. User's manual. Stockholm University, Department of Physical Geography and Quaternary Geology. – 2005. – С. 32
11. Jan Seibert, Multi-criteria calibration of a conceptual runoff model using a genetic algorithm // Hydrology and Earth System Sciences. – 2000. – № 4(2). – С. 215-217.
12. Nash J.E. and Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models, part 1-a discussion of principles // Journal of Hydrology. – 1970. – № 10. – С. 282-290.
13. Valent P., Szolgay O., Riverso C. Assesment of the uncertainties of a conceptual hydrologic model by using artificially generated flows // Slovak journal of civil engineering. – 2012. – Vol. XX, №4. – С. 35-43.
14. Wilk J, Andersson L. and Plermkamon V. Hydrological impacts of forest conversion to agriculture in a large river basin in northeast Thailand, hydrological processes // Hydrol. Process. – 2001. – № 15. – С. 2729-2748.

Поступила 28.09.2018

А.А. Болатова
Т.А. Тілләкәрім
М.Н. Раимжанова
Н.Т. Серікбай
Б.Е. Багітова
К.М. Болатов

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАУЛЫ ӨЗЕНДЕРІН HBV ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІМЕН КАЛИБРЛЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Түйінді сөздер: модель параметрлері, ГАЖ, жер бедерінің сандық үлгісі, көктемгі су тасудың ағындысы, үлгілеу

Жұмыста HBV-light моделінің қысқаша сипаттамасы, модельдің негізгі параметрлерінің сипаттамасы, жер бедерінің сандық үлгісінің жұмыс кезеңдері және Қазақстанның 15 таулы су жинау алаптарының автоматтық калибрлеу нәтижелері көрсетілген.

Bolatova A.A., Tillakarim T.T., Raymzhanova M.N., Serikbay N.T.,
Bagitova B.E., Bolatov K.M.

RESULTS OF CALIBRATION OF HBV HYDROLOGICAL MODEL FOR THE KAZAKHSTAN MOUNTAIN RIVERS

Key words: parameters of model, GIS, digital elevation model, spring flood runoff, modelling

The work presents a short description of model HBV-light, description of main parameters of model, pre-work stages with digital elevation model and results of automatic calibration for 15 mountain watersheds of Kazakhstan.

УДК 556.16.5

Доктор геогр. наук
Канд. геогр. наук

С.К. Давлетгалиев¹
А.К. Мусина¹

ОЦЕНКА СЛОЯ ВЕСЕННЕГО СТОКА РЕК ЖАЙЫК-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Ключевые слова: весеннее половодье, норма слоя стока, районные зависимости, определяющие факторы, графики связи, карта изолиний

В статье исследованы зависимости слоя стока и коэффициента вариации весеннего половодья от физико-географических факторов. Построены карты изолиний слоя стока и коэффициента вариации весеннего половодья посредством программного продукта ArcGIS 10.2. Произведена оценка точности расчетов стока.

Сведения о весеннем стоке: о сроках прохождения половодья, его продолжительности, максимальных расходах воды, слоях стока приводятся в опубликованных материалах Казгидромета: «Основные гидрологические характеристики стока», «Многолетние данные о режимах и ресурсах поверхностных вод суши». В этих материалах сведения о весеннем стоке приводятся не по всем рекам и не за все годы. Это объясняется изменением естественного режима реки в результате забора воды для хозяйственных нужд, регулирующего влияния водохранилищ или из-за отсутствия наблюдений. По некоторым рекам и пунктам сведения о весеннем стоке приведены не в полном объеме или имеют значительные пропуски.

Из-за отсутствия надежных данных о естественных характеристиках весеннего стока рек Караозен (Большой Узень) и Сарыозен (Малый Узень) карты изолиний слоя весеннего стока не охватывают бассейны этих рек. С учетом наличия данных о весеннем стоке и его продолжительности для расчета характеристик весеннего стока Жайык-Каспийского бассейна отобраны 55 пунктов наблюдений.

При отсутствии характеристик весеннего стока: нормы слоя и максимального стока весеннего половодья, по картам изолиний можно определить эти характеристики. Это можно сделать по региональным зависимостям от определяющих факторов, приведенных в [6, 7]. Однако мате-

¹ КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

риалы 60...70-тых годов прошлого века устарели и нуждаются в уточнении с учетом данных последних тридцати-сорока лет.

Для оценки нормы весеннего стока исследуемого района рассмотрена возможность расчета их по указанным способам. Для этого эти характеристики приведены к многолетнему периоду (1940...2015 гг.). В качестве основных региональных факторов выбрана площадь водосбора. Результаты оценки зависимости слоя весеннего стока от площади водосбора по отдельным бассейнам рек Жайык-Каспийского (Урало-Каспийского) водохозяйственного бассейна представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика зависимости слоя весеннего стока от площади водосбора

Количество створов	Уравнение регрессии	R	σ_R	R/σ_R	K/σ_K
	Жем				
7	$h = -9,92 \lg F + 58,7$	-0,74	0,23	-3,24	-2,44
	Ойыл-Сагыз				
10	$h = -5,27 \lg F + 3,59$	-0,43	0,29	-1,47	-1,41
	Елек				
17	$h = -19,8 \lg F + 109$	-0,54	0,18	-2,98	-2,58
	Бессточные реки восточной части Прикаспийской низменности				
8	$h = -6,39 \lg F + 0,85$	-0,38	0,38	-1,11	-1,11
	Чижа, Деркул, Шаган				
5	$h = -18,7 \lg F + 10,3$	-0,48	0,44	-1,08	-1,09
	Жайык-Каспийский ВХБ (без р. Жайык)				
51	$h = -16,8 \lg F + 85,5$	-0,48	0,11	-4,31	-3,83

Как видно из данных табл. 1 надежная зависимость для расчета весеннего стока получена для бассейна р. Жем ($R = -0,74$). Для приближенной оценки слоя весеннего стока рек бассейна р. Елек может быть использована, полученная зависимость при $R = -0,54$.

Общая зависимость слоя стока рек Жем, Ойыл, Сагыз, Шынгырлау (Утва) и рек, расположенной на восточной части Прикаспийской низменности от площади водосбора оценивается коэффициентом корреляции $R = -0,47$. Аналогическая зависимость, полученная для рек Чижа 1 и 2, Деркул и Шаган ($R = -0,47$). Для всех рек Жайык-Каспийского бассейна теснота, исследуемой зависимости определяется величиной $R = -0,48$ (рис. 1).

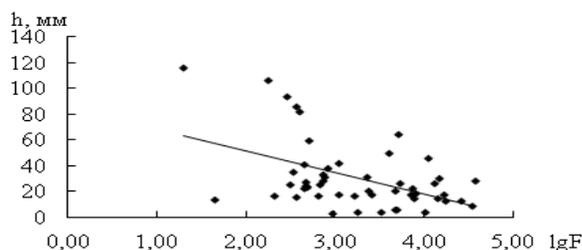


Рис. 1. Зависимость слоя весеннего стока рек Жайык-Каспийского бассейна (без данных по р. Жайык) от площади водосбора $\lg F$.

Слой весеннего стока рекомендуется определить по отдельным бассейнам рек. Во всех случаях получена обратная связь $h = f(F)$, т.е. уменьшение стока с увеличением водосборной площади, также как для модуля годового стока [1].

Исследованы также зависимости коэффициента вариации весеннего стока от площади водосбора по отдельным бассейнам рек. Надежная зависимость коэффициента вариации весеннего стока от площади водосбора получена лишь для бассейна р. Жем – $R = -0,89$ (рис. 2). Для остальных бассейнов качество зависимости получилось неудовлетворительное. Так, для бассейна рек Ойыл-Сагыз коэффициент корреляции равен $R = -0,16$, Жем-Ойыл-Сагыз – $R = -0,37$, Елек – $R = 0,06$, Восточной части Прикаспийской низменности – $R = -0,18$, Чижа 1 и 2 и др. – $R = -0,49$. Для всего бассейна – $R = 0,29$.

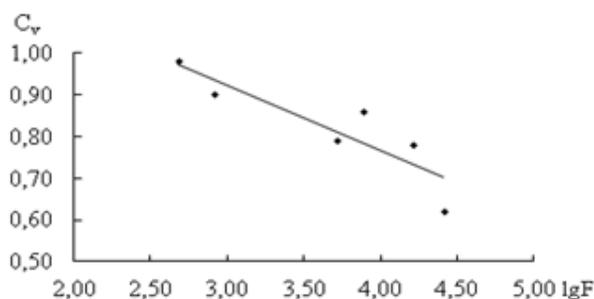


Рис. 2. Зависимость коэффициента вариации весеннего стока р. Жем от площади водосбора $\lg F$.

Удовлетворительные и прямые зависимости коэффициента вариации весеннего стока от слоя стока получены для бассейна рек Жем ($R = 0,62$) и правобережной части р. Жайык (Чижа и др.) – $R = -0,71$. Для остальных бассейнов рек получены обратные приближенные зависимости. Так, для рек бассейнов Ойыл-Сагыз теснота зависимости оценивается коэффициентом корреляции

ляции $R = -0,26$, Восточной части Прикаспийской низменности – $R = -0,40$, Елек – $R = -0,22$. Для всего бассейна – $R = -0,34$ удовлетворительные зависимости не получены (рис. 3).

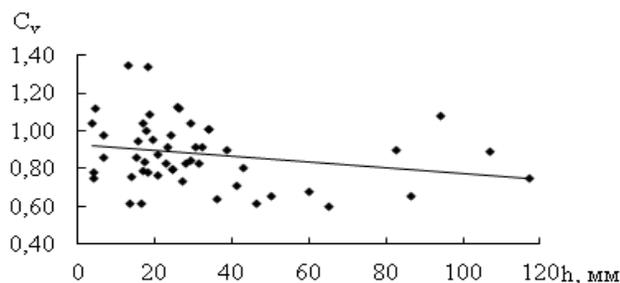


Рис. 3. Зависимости коэффициента вариации слоя весеннего стока от слоя стока Жайык-Каспийского бассейна.

Более надежные зависимости получены при использовании метода множественной корреляции, т.е. при установлении зависимости коэффициента вариации весеннего стока от площадь водосбора и слоя стока (табл. 2). Теснота связи для рек бассейна р. Жем оценивается коэффициентом корреляции равным $R = 0,92$, для Ойыл- Сагыз – $R = 0,61$, Восточной части Прикаспийской низменности – $0,62$, правобережья р. Жайык – $0,74$. Для всех рек Жайык-Каспийского бассейна зависимость получилось слабой ($R = 0,39$).

Таким образом, норму слоя стока весеннего половодья можно определить разными методами, где не маловажную роль играют физико-географические и гидрографические характеристики местности. Для их определения до недавнего времени применялись традиционные трудоемкие ручные измерения на топографических картах. Достижения компьютерных технологий последних лет позволяют получать необходимые характеристики точнее, полнее и быстрее по сравнению с традиционными измерениями.

На рис. 4 и 5 приведены карты распределения среднего слоя и коэффициента вариации весеннего половодья Жайык-Каспийского бассейна построены по данным 55 гидрологических постов с помощью программной платформы ArcGIS 10.2. Для построения карт были опробованы различные методы интерполяции, заложенные в программном ГИС-обеспечении в приложении ArcToolbox, посредством инструментов многомерного анализа Spatial Analyst, но только метод IDW (Inverse Distance Weighting) дал удовлетворительные результаты. Метод обратных взвешенных расстояний применим для интерполяции рассеянных данных.

Таблица 2

Уравнение множественной регрессии для определения коэффициента вариации слоя весеннего стока в зависимости от величины весеннего стока и площади водосбора

Количество створов	Уравнение регрессии	R
	Жем	
7	$C_v = 0,004h - 0,191 \lg F + 1,598$	0,92
	Ойыл-Сагыз	
10	$C_v = -0,017h + 0,102 \lg F + 1,627$	0,61
	Елек	
17	$C_v = -0,001h - 0,012 \lg F + 0,942$	0,23
	Бессточные реки восточной части Прикаспийской низменности	
8	$C_v = -0,012h - 0,110 \lg F + 1,560$	0,62
	Чижа, Деркул, Шаган	
5	$C_v = 0,003h - 0,042 \lg F + 0,676$	0,74
	Жайык-Каспийский ВХБ	
51	$C_v = -0,003h - 0,066 \lg F + 1,196$	0,39

Этот метод однозначно предполагает, что точки (гидропосты), которые находятся поблизости, более подобны друг другу, чем удаленные друг от друга. Для интерполяции неизвестных значений, IDW использует измеренные значения вокруг интерполируемого местоположения. Наиболее близкие к проинтерполированному местоположению измеренные значения оказывают большее влияние на прогнозируемое значение, чем удаленные от него на значительное расстояние. В IDW каждая измеренная точка оказывает локальное влияние, которое уменьшается с увеличением расстояния. Это придает больший вес точкам, расположенным ближе всего к интерполируемому местоположению. Вес точки уменьшается как функция от расстояния. Поэтому метод носит название обратных взвешенных расстояний. В нормативной литературе строгих рекомендации по выбору того или иного метода при построении карты распределения слоя стока нет. Однако в работах [2, 3, 4, 5] предлагается учитывать природу картографируемых характеристик, решаемые задачи, особенности и размеры территорий, обеспеченность данными и их свойств и выбирать метод, позволяющий создавать карты изолиний, отвечающие требованиям по надежности выдаваемых результатов.

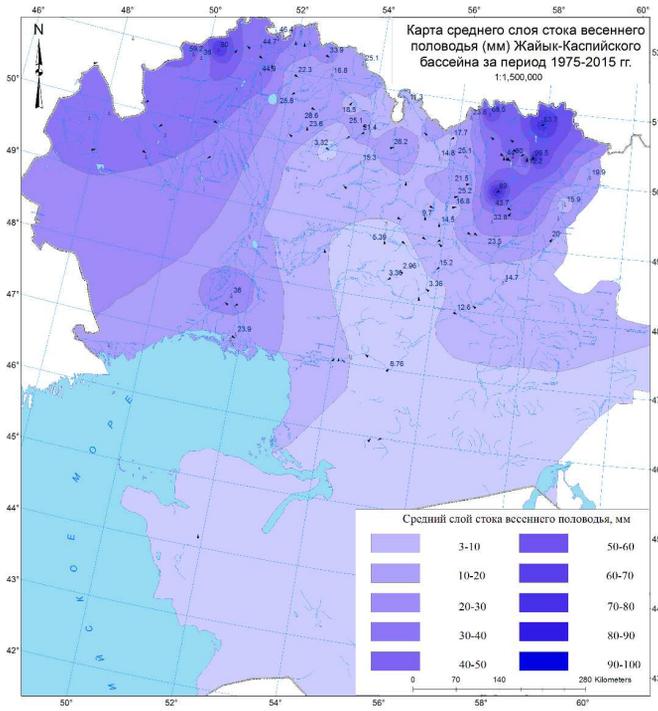


Рис. 4. Карта распределения среднего слоя весеннего половодья Жайык-Каспийского бассейна.

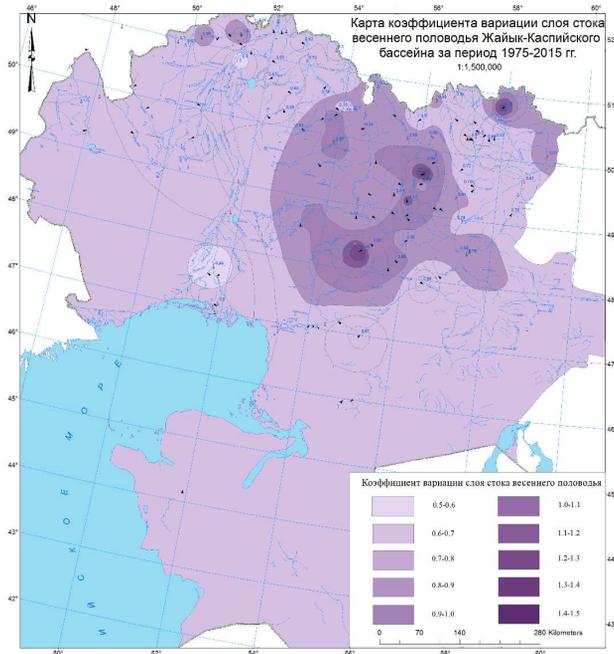


Рис. 5. Карта коэффициента вариации весеннего половодья Жайык-Каспийского бассейна.

Проверка точности полученных карт выполняется на действительно независимых данных, не использовавшихся при построении, либо на условно независимом материале – методом «выбрасывания точек».

Точность результатов метода «выбрасывания точек» определялась с помощью формулы, указанной в [2] и составила в среднем 19...34 % для карты слоя стока и 8...19 % для карты коэффициента вариации весеннего половодья Жайык-Каспийского бассейна.

Значение характеристик весеннего стока, т.е. слоя и коэффициента вариации позволят построить для неизученных районов кривые обеспеченности слоя весеннего стока и определить величину стока различной обеспеченности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давлетгалиев С.К. Оценка нормы годового стока рек Жайык-Каспийского района при отсутствии данных наблюдений // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №1 – С. 7-17.
2. Магрицкий Д.В. Речной сток и гидрологические расчеты: практические работы с выполнением при помощи компьютерных программ – М.: Изд-во Триумф, 2014. – 184 с.
3. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений. – СПб.: Изд-во Нестор-История, 2009. – 193 с.
4. Орлова Е.В. Гидрологическое картирование в среде ГИС // Геоэкология и рациональное природопользование: Материалы научной конференции, посвященной 15-летию кафедры картографии и геоэкологии, 28-29 мая 2005 г. – Тверь: ТГУ, 2005. – С. 111-114.
5. Орлова Е.В. Методические основы применения ГИС в гидрологических расчетах // Докл. VI Всероссийского гидрологического съезда. Секция 5. Гидрофизические явления и процессы. Формирование и изменчивость речного стока, гидрологические и водохозяйственные расчеты. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. – С. 197-204.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР, Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Т. 12. – Вып. III. Актюбинская область. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 515 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР, Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. Т. 12. – Вып. II. Урало-Эмбенский район. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 512 с.

Поступила 16.07.2018

Геогр. ғылымд. докторы С.К. Давлетғалиев
Геогр. ғылымд. канд. А.К. Мусина

ЖАЙЫҚ-КАСПИЙ АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ КӨКТЕМГІ АҒЫНДЫ ҚАБАТЫН БАҚЫЛАУ ҚАТАРЫ ЖОҚ БОЛҒАН ЖАҒДАЙДА БАҒАЛАУ

Түйін сөздер: көктемгі су тасу, ағынды қабатының нормасы, аудандық тәуелділіктер, айқындаушы факторлар, байланыс графиктері, изосызықтар картасы.

Мақалада көктемгі су тасудың ағынды қабаты мен вариация коэффициенттерінің физикалық-географиялық факторларға тәуелділіктері зерттелген. ArcGIS 10.2 бағдарламасының көмегімен көктемгі су тасу ағынды қабаты мен вариация коэффициенттері изосызықтарының карталары тұрғызылған. Есептеулер дәлдігі бағаланған.

S.K. Davletgaliev, A.K. Mussina

ESTIMATION OF A LAYER OF THE SPRING FLOOD OF RIVERS ZHAYIK-CASPIAN BASIN WITHOUT OBSERVING DATA

Keywords: spring flood, the rate of flow depth, regional depending, determinants, communications graphics, contour map

The article investigated depending of flow depth and the variation coefficient of the spring flood on physical and geographical factors. Contour maps of the flow depth and the variation coefficient of the spring flood are constructed using ArcGIS 10.2 software. The accuracy of flow calculations is estimated.

ӘӨЖ 574.51

А.Н.Омарбаева¹Б.К. Жаппарова¹Биол. ғылымд. канд. А.К. Жамангара¹**СҰЛТАНКЕЛДІ КӨЛІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ**

Түйінді сөздер: биогенді элементтер, макрофиттер, хара балдырлары, трофтық деңгей, биоиндикаторлар

Мақала Қорғалжын қорығының көлдерінің бірі болып табылатын Сұлтанкелді көлін зерттеу нәтижелеріне арналған. Бұл су қоймасының экологиялық жағдайын биогенді элементтер көрсеткіштері мен биоиндикатор ретінде макрофиттерді пайдалану арқылы бағалау нәтижесі, осы көлге келіп құятын Нұра өзенінің жеткілікті мөлшерде тазартылмаған суларының көлдің экологиялық жағдайына кері әсерін тигізетіндігін мен оның салдары талданады.

Теңіз-Қорғалжын өзендер жүйесі Орта Азия – Үндістан және Сібір – Шығыс Африка жыл құстары жолының қиылысында орналасқан. Қорғалжындағы жалпы аумағы 260 мың гектарды құрайтын өзендер жүйесі бүкіл Орта Азиядағы құстардың ең маңызды сулы-батпақты мекені болып табылады. Осындай бірегей табиғи кешенді сақтау үшін 1968 жылы Қорғалжын мемлекеттік табиғи қорығы құрылды. Кейіннен бұл территория Рамсар тізімі мен ЮНЕСКО бағдарламасы бойынша әлемдік табиғи мұралардың қатарына енгізілген.

Сұлтанкелді көлі Теңіз Қорғалжын көлдері жүйесіне жатады. Теңіз көлінің шығысында үлкен ағысты Сұлтанкелді көлі жатыр, одан Нұра өзені арқылы су Теңіз көліне құйылады. Су алабы 87,0 млн м³, су айдынының ауданы 36,1 км², орташа тереңдігі 1,80 м, ең терең жері 2,50 м, тереңдігі бойынша тайыз, минералдығы бойынша тұщы сулы.

Жыл сайынғы өсімдіктер мен жануарлардың алуантүрлілігінің өзгерістеріне аквальды эокөжүйелердің экологиялық жағдайы әсер етеді. Бұның себептері көлдердің тұрақсыз гидрологиялық және гидрохимиялық режимі, сондай ақ олардың ластану дәрежесі болуы мүмкін, себебі Нұра өзеніне Теміртау Қарағанды территориялық өндірістік кешенінің тұрмыстық

¹ Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

және өндірістік ағынды сулары құйылады, Теңіз Қорғалжын жүйесінің көлдерінде улы заттардың жинақталуы мен тасымалдануы орын алады.

Деңгейлік режимнің өзгерісі нәтижесінде судың гидрохимиялық көрсеткіштері де айтарлықтай өзгерген.

Сумен қамтамасыз ету деңгейінің одан әрі төмендеуі кезінде Теңіз Қорғалжын көлдерінің судағы және жағалаудағы фаунасына кері әсер, судың минералдануы, улы заттардың концентрациясының жоғарылауынан да орын алады.

Су өсімдіктері – аквальды экожүйенің негізгі компоненттерінің бірі және су қоймасының биологиялық өнімділігіне тікелей қатысы бар. Қазіргі таңда Қорғалжын қорығының өзендері мен көлдерінде су флорасының 200 астам өкілдері өседі. Олар бірқатар суды оттегімен қанықтыру, әртүрлі ластағыштардан тазарту, қорғаныс және қоректік секілді маңызды қызметтерді атқарады.

Биогенді қосылыстар су қоймаларының биологиялық өнімділік деңгейінің қалыптасуында маңызды орын алады. Табиғи сулардағы микроэлементтердің мөлшеріне олардың биогенді миграциясы айтарлықтай әсер етеді. Жоғары сатылы су өсімдіктерінің металдарды биологиялық жинақтау коэффициенті әртүрлі болып келеді. Өсімдіктердің сулы ортадан биогенді заттар мен улы элементтерді, ауыр металдарды сіңіру қабілеті көптеген зерттеушілердің еңбектерінде кескінделеді [1, 2, 3, 5, 6, 8]. Қазақстан үшін негізгі шектеуші биогенді элемент фосфор болып табылады. Макрофиттер биогенді элементтерді тұтыну саласында жоғары бәсекелестікке ие, яғни фитопланктондардың дамуын шектеуге қабілетті.

Су қоймаларының трофтық статусы фитопланктонның жағдайы бойынша жиі бағаланады. Шын мәнінде, биогенді жүктеме мен фитопланктонның сандық дамуы (оның өнімділігі, биомассасы, судағы хлорофилл мөлшері) арасындағы тікелей байланыс көптеген көлдер мен су қоймаларында анықталған. Бірақ бұл байланыс суға батып тұратын макрофиттер көп өсетін және де «макрофитті» деп аталатын, негізгі продуценттері жоғары сатылы өсімдіктер болып табылатын экожүйелерде сақталмайды. Бұндай су қоймаларында биогенді жүктеме жоғарылаған кезде фитопланктон дамуының жоғарылауы мен су мөлдірлігінің төмендеуі байқалмауы мүмкін. Оның себебі биогендерді макрофиттер ұлпаларының сіңіруі болып табылады. Макрофиттер ұлпаларында биогендердің артық мөлшері жинақталып, оны органикалық зат өндіруге макрофиттердің өздері де, фитопланктондар да пайдалана алмайды [7].

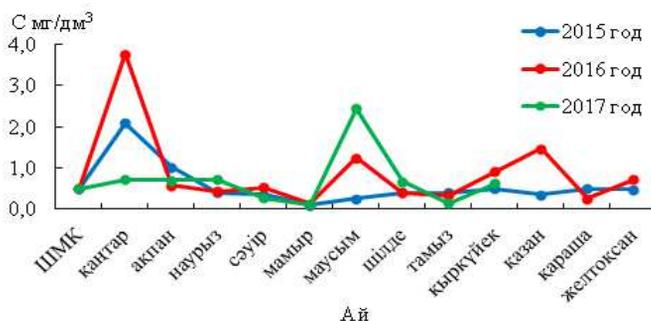
Бұл көлдерде антропогендік эфтрофтану макрофиттердің сукцессиясымен кескінделеді. Жүктеменің дағдарыстық деңгейінің жақындағандығын жіпшелі балдырлардың массалы дамуынан байқауға болады. Эвтрофтаушы әсер етушінің ары қарай жоғарылауы макрофитті экожүйенің жойылуына, фитопланктондардың күрт жылдам дамуы мен экожүйенің қарапайым фитопланктонды типке көшуіне әкеледі. Эвтрофтаушы әсер одан ары өсетін болса макрофиттердің түрлік құрамы мен су қоймаларының көмкерілу деңгейінде заңдылықты өзгерістер орын алады. Олиготрофты және минералдығы төмен, мөлдір су қоймаларында суға батып тұратын макрофиттердің арасында аласа бойлы өсімдіктер: мүктер, ивотидтер (полушниковые), минерализациясы жоғары болғанда – хара балдырлары басым болады.

Мезотрофты көлдерде суға батып тұратын өсімдіктер биомассасы мен олар алатын аудан көлемі максималды, олардың түрлік құрамы да бай болады, биік элодеидтер (элодея, роголистник, лютик, уруть, жалпақ жапырақты рдесттер) басым болып, аласа бойлы хара балдырларының ығыстырып шығарады. Кейбір биік хара балдырлары трофтық деңгейдің жоғарылауына төзімді болып келеді.

Хара балдырлары тұщы, олиго және мезотрофты континентальды су экожүйелерінде, тұщыланған теңіз аудандарында мекендейтін ірі балдырлардың бірі. Олар таза, биогенді элементтер тапшы сулардың белгілі индикаторы, бірақ бірқатар түрлері эвтрофты және гиперэвтрофты суларда да тіршілік етуі мүмкін. Жоғары сатылы өсімдіктермен салыстырғанда бәсекелестікке төмен қабілеттілігі олардың жақында түзілген су қоймалары немесе өсімдік жамылғысы бұзылған аудандарда, сондай ақ радионуклидтер мен ауыр металдардың жоғары концентрациясы бар су қоймаларында дамуын түсіндіреді. Мөлдір және кермек харалы көлдерде бұл балдырлар өсімдік жамылғысының негізі болып табылады. Хара балдырлары бірлестіктерінің тұрақты тіршілік етуі биогенді элементтері төмен немесе қалыпты концентрациялы, мөлдірлігі жоғары көлдерге тән. Біріншілік продуценттер қызметімен қатар хара балдырлары талломдарында өлшенген заттарды тұндыру арқылы судың мөлдірлігін арттырады, және де түптік шөгінділерді тұрақтандырады.

Биогенді элементтердің артық мөлшері жағдайында өскен және артық сіңіру қабілетіне ие өсімдіктер көп күл түзеді. *Chlorella* мен *Scenedesmus* фосфоттардың артық мөлшерін сіңіруге қабілетті екендігін сипаттайтын мәліметтер бар [12].

Сұлтанкелді көлі суындағы аммонийлі азот мөлшерін 2015, 2016, 2017 жылдар бойынша өзара салыстыру нәтижесінде келесідей көрсеткіштерді байқауға болады. Көлдегі аммонийлі азоттың үш жыл аралығындағы ең жоғары мәні 2016 жылдың қаңтар айында және 2017 жылдың маусым айында, 2015 жылдың қаңтар айында анықталған. Үш жылда да мамыр айында аммонийлі азоттың ең төменгі мәні кескінделген, бірақ бұл көрсеткіштер судың ластанғандығын көрсетеді (сурет 1).



Сурет 1. Сұлтанкелді көліндегі аммонийлі азоттың үш жыл аралығындағы динамикасы.

Аммоний иондарының су нысандарына негізгі түсу көздері мал шаруашылық фермалары, тұрмыстық шаруашылық ағынды сулар, аммоний тыңайтқыштарын пайдаланатын ауыл шаруашылығының беттік ағынды сулары, тағам, коксохимия, орман шаруашылық және химия өнеркәсіптерінің қалдық сулары болып табылады. Өнеркәсіп орындарының ағынды суларында 1 мг/дм^3 , ал тұрмыстық ағынды суларда $2...7 \text{ мг/дм}^3$ дейін аммоний болады, күн сайын кәріз жүйесіне тұрмыстық шаруашылық ағынды суларымен әрбір тұрғыннан 10 г дейін аммонийлі азот түсіп отырады.

Олиготрофты су қоймаларынан мезо және эвтрофты су қоймаларына өту кезінде аммоний иондарының абсолютті концентрациясымен қатар, олардың байланысқан азоттың жалпы тепе теңдігіндегі үлесі де жоғарылайды.

Кесте 1

Ластану деңгейі әртүрлі су қоймаларындағы аммоний мөлшері

Ластану деңгейі (су қоймасының классы)	Аммонийлі азот, мг/дм^3
Өте таза	0,05
Таза	0,1
Шекті (умеренно) ластанған	0,2...0,3
Ластанған	0,4...1,0
Лас	1,1...3,0
Өте лас	> 3,0

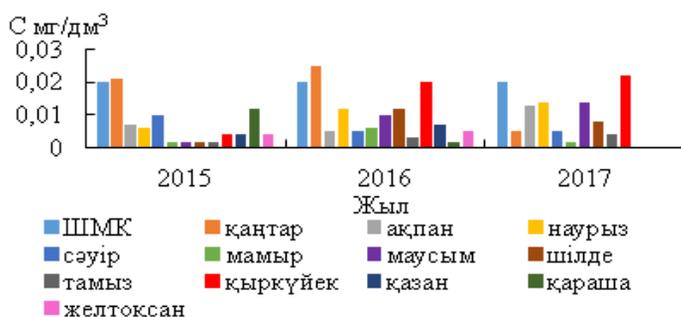
Аммонийдің улылығы ортаның рН мәні өскен сайын жоғарылай түседі. Оның жоғары концентрацияларын, су нысанының санитарлық күйінің нашарлауын, жер үсті және жер асты суларының ластану процесін көрсететін, индикаторлық көрсеткіш ретінде пайдалануға болады. Ластану негізінен тұрмыстық және ауыл шаруашылық ағынды сулар есебінен орын алады. Ауыз судағы аммонийдің концентрациясы азот бойынша 2 мг/дм³ аспауы қажет. Тұзды аммонийдің ШМКбш 0,5 мг/дм³ құрайды. Су құрамында аммоний мөлшері 1 мг/дм³ болса балықтар гемоглобинінің оттегін байланыстыру қабілетін төмендетеді. Интоксикация белгілері келесідей: қалтырау, тітіркену, балық суда қатты жүзіп, су бетіне секіреді. Улы әсердің механизмі орталық жүйке жүйесін қоздыру, желбезек эпителийін зақымдау, эритроциттер гемолизі (жарылуы) болып табылады [4].

Нитритті азоттың мөлшері бойынша ШМК асу жағдайлары қаңтар айында (2015, 2017) және қыркүйек айында (2016, 2017) анықталған.

Негізінен нитриттер аэробты жағдайлардағы (нитрификация) аммонийдің нитраттарға дейінгі бактериалды тотығу және оттегі тапшылығы кезіндегі (денитрификация) нитраттардың азот пен аммиакқа дейінгі тотықсыздану процесінің аралық сатысы болып табылады. Жер үсті суларында нитриттер еріген күйінде болады. Қышқыл суларда азотты қышқылдың көп емес концентрациясы болуы мүмкін. Нитриттердің жоғары мөлшері маңызды санитарлық көрсеткіш болып табылатын, нитриттердің нитраттарға баяу тотығуы жағдайындағы органикалық заттардың ыдырау процесінің күшеюін, яғни су нысанының ластанғанын көрсетеді. Жалпы нитриттердің маусымдық тербелісі қыс айларында болмауы мен көктемде тірі емес органикалық заттардың ыдырауы кезінде пайда болуымен сипатталады. Ең жоғары мөлшерлері жаздың соңында байқалады, бұл фитопланктондардың белсенділігімен байланысты, яғни диатомды және жасыл балдырлардың нитраттарды нитриттерге дейін тотықсыздандыру қабілеті анықталған. Күзде нитриттер мөлшері азаяды. Ғаламдық мониторинг жүйесінің талаптарына сәйкес нитрат және нитрит иондар табиғи су қоймаларының ластану дәрежесі мен трофтық деңгейінің маңызды көрсеткіші болып табылады.

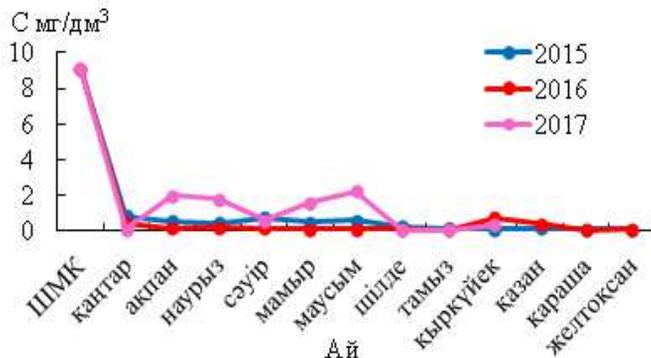
Сұлтанкелді көліндегі нитриттер мөлшерінің көрсеткіштері бойынша жалпылама заңдылықтар сақталмайды. Яғни қалыпты жағдайда қыс айларында нитриттердің мөлшері өте төмен немесе мүлде анықталмайтын болса, біздің жағдайда екі жыл қатарынан нитриттердің ШМК жоғарылауы қаңтар айында анықталған, тек 2017 жылы қаңтарда нитриттердің төмен мәні

тіркелген. Ал 2016, 2017 жылдардағы тамыз айында нитриттер минималды мәнге ие болып, қыркүйек айында күрт ШМК мәніне дейін жоғарылаған. Бұл жағдайларды экологиялық көзқарас тұрғысынан қыркүйек айында тіршілігін жойған макрофиттердің нитриттерді сіңіре алмауынан орын алды деп пайымдауға болады (сурет 2).



Сурет 2. Сұлтанкелді көліндегі нитритті азоттың үш жыл аралығындағы динамикасы.

Нитратты азот мөлшері бойынша Сұлтанкелді көлінде үш жылда да ШМК мәнінен жоғарылау тіркелмеген. Жылдарды өзара салыстыру нәтижесінде 2017 жылдың ақпан, наурыз, мамыр және маусым айларында көп емес концентрациясы анықталған (сурет 3).



Сурет 3. Сұлтанкелді көліндегі нитратты азоттың үш жыл аралығындағы динамикасы.

Табиғи сулардағы нитраттардың болуы келесідей себептерге байланысты:

- Су қоймасы ішіндегі, бактериялардың әсерінен, оттегі қатысында аммоний иондарының нитрификация процесінде;
- Атмосфералық электр разряды кезінде түзілетін азот оксидін сіңіретін жауын шашынмен (атмосфералық жауын шашындардағы нитраттар концентрациясы 0,9...1,0 мг/дм³ дейін жетеді);

- Өндірістік және тұрмыстық шаруашылықтық ағынды сулармен, әсіресе биологиялық тазартудан кейін, бұл кезде концентрациясы 50 мг/дм^3 жетеді;

- Азот тыңайтқыштары қолданылатын суармалы егістіктердің шайылуы мен ауыл шаруашылығынан.

Су қоймаларындағы нитраттар концентрациясының төмендеуіне септігін тигізетін фитопланктондар мен денитрификациялаушы бактериялар болып табылады, олар оттегі жетіспеген жағдайда нитраттардың оттегісін органикалық заттарды тотықтыруға пайдаланады. Макс Планк атыдағы лимнологиялық институттағы (Германия) зерттеулер бойынша кәдімгі қамыс судан 20 астам химиялық элементтерді сіңіріп, жинақтауға қабілеттілігі көрсетілген. Оның өнімімен судан негізгі биогенді элементтер – азот, калий және фосфордың айтарлықтай мөлшері шығарылады.

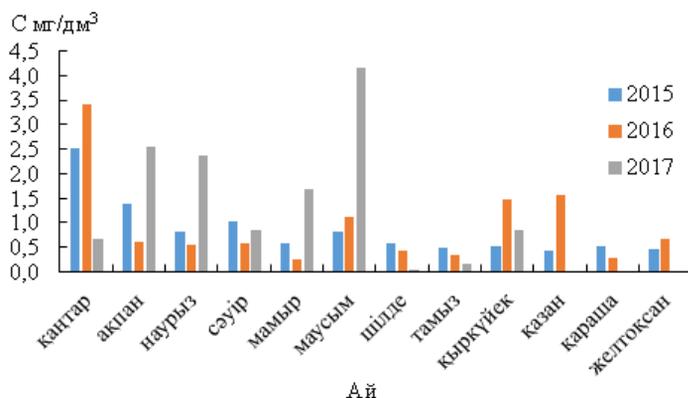
Жер үсті суларындағы нитраттар концентрациясы маусымдық тербелістерге ұшырап отырады. Оның минималды мөлшері вегетациялық кезеңде, күзде көбейіп, максимум мәніне қыста жетеді. Қыста азот минималды тұтынылып, органикалық заттар ыдырап, азот органикалық түрден минералдыға көшеді. Маусымдық тербелістер су нысанының эвтрофтану көрсеткіштерінің бірі бола алады.

Ластанбаған жер үсті суларында нитрат иондардың концентрациясы азотқа шаққанда 1 мкг/дм^3 аспайды. Жер асты сулары жер үсті суларына қарағанда нитраттармен ластануға бейім болып келеді, себебі нитраттарды тұтынушылар жоқ.

Жалпы азот мөлшері Сұлтанкелді көлінде екі жыл қатарынан қаңтар айында жоғары болған. Максималды мәні 2017 жылдың маусым айында тіркелген. Жалпы үш жылды өзара салыстырғанда азоттың жоғары мөлшерлері 2017 жылда байқалған. 2015 жылы жалпы азоттың концентрациясы тек қаңтар айында жоғары мәнге ие болып, қалған айларда бірқалыпты тұрақты мәнге ие болған. 2016 жылы ең жоғары мәні қатар айында, жоғары мәндері маусым, қыркүйек, қазан айларында анықталған. 2017 жылы максималды мәні маусым айында, жоғары мәндері ақпан мен наурыз айларында тіркелген. Керісінше бұл жылы қаңтар айында төмен мәнге ие болған. Үш жылда да ең төмен мәндері шілде мен тамыз, қараша, желтоқсан айларында анықталған (сурет 4).

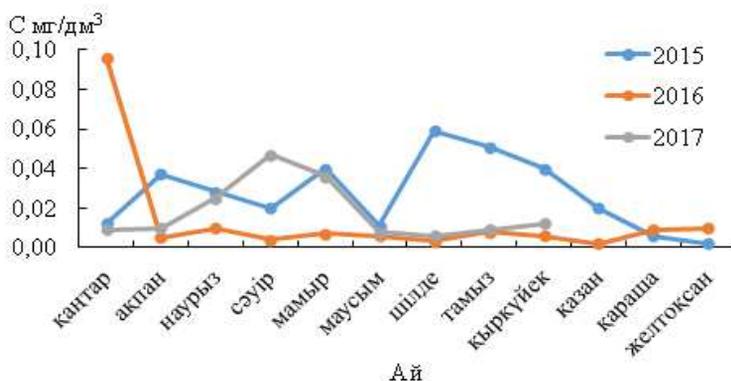
Жалпы азот деп табиғи сулардағы минералды және органикалық азоттың қосындысын айтады. Жер үсті суларында құрамында азот бар қосылыстар еріген, коллоидты және өлшенген күйінде болып, көптеген

физико химиялық және биохимиялық факторлардың әсерінен бір күйден екіншісіне өте алады. Трофтық деңгейіне байланысты жалпы азоттың мөлшері әртүрлі болады: олиготрофты суларда $0,3...0,7 \text{ мг/дм}^3$, мезотрофтыда – $0,7...1,3 \text{ мг/дм}^3$, эвтрофты – $0,8...2,0 \text{ мг/дм}^3$.



Сурет 4. Сұлтанкелді көліндегі жалпы азоттың үш жыл аралығындағы динамикасы.

Сұлтанкелді көліндегі фосфаттар концентрациясының өзгерісін келесідей сипаттауға болады. 2015 жылы фосфаттардың ең жоғары мәні шілдеде, тамыз және қыркүйек, мамыр айларында жоғары, ең төменгі мәні маусым мен желтоқсан айларында анықталған. 2016 жылы тек қаңтар айында фосфаттардың жоғары мәні анықталған, қалған айларда бірқалыпты. 2017 жылы жоғары мәні сәуір, мамыр айларында байқалса, қалған айларда бірқалыпты (сурет 5).



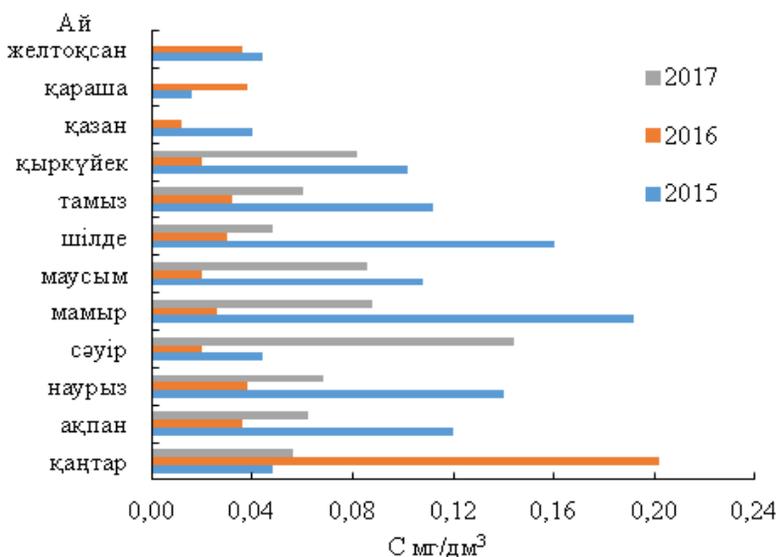
Сурет 5. Сұлтанкелді көліндегі фосфаттардың үш жыл аралығындағы динамикасы.

Фосфордың су қоймаларына түсуі негізінен суармалы егістіктерде тыңайтқыш ретінде пайдаланудан, мал шаруашылығының шайындыларынан, тазартылған және тазартылмаған тұрмыстық ағынды сулардан, кейбір

өндірістік қалдықтардан орын алады. Фосфаттардың әсерінен макрофиттердің өсуі күшейіп, су қоймаларының гүлденуіне әкеледі. Фотосинтез процесінде олар органикалық заттарға айналып, көлдердің түбіне шөгеді. Фосфордың көп мөлшерде түсуі су нысанындағы өсімдік биомассасының күрт жоғарылауына әкеледі, яғни су қоймасының трофтық деңгейі өзгереді.

Фосфордың айтарлықтай мөлшері темірдің гидрототығымен және тотықтарымен сіңіріледі. Тотығу потенциалының төмендеуі (мысалы, еріген оттегінің азаюында) темірдің тотықтары мен гидрототықтарының еруіне әкеледі. Бұл кезде фосфор босап шығып, оның судағы концентрациясы жоғарылайды [11].

Қазіргі таңда ағынды сулардағы фосфордың 75 % астамын алюминий мен темірдің қосылыстарымен тұндыру арқылы жоюға болады. Бірақ экономикалық көзқарас тұрғысынан фосфордың мөлшерін тек өте үлкен көлдер мен тоғандарда ғана бақылау тиімді. Сұлтанкелді көліндегі элементарлы фосфордың үш жыл аралығындағы динамикасы (сурет 6).



Сурет 6. Сұлтанкелді көліндегі элементарлы фосфордың үш жыл аралығындағы динамикасы

Элементарлы фосфор 2015 жылы қаңтар, сәуір, қазан мен қараша, желтоқсанда минималды мәнге ие болса, ең жоғары мәні мамырда, тамыз, қыркүйек, наурыз айларында жоғары концентрациясы анықталған. 2016 жылы ең жоғары мәні қаңтарда, қалған айлардың барлығында бірқалыпты төменгі мәнге ие. 2017 жылы жоғары мәні сәуірде, қаңтар мен шілде айларында төмен мәндері кескінделген.

Әрбір трофтылық деңгейіне биогенді элементтер мен қосылыстардың өзіндік концентрациялары сәйкес келеді (мг/дм³) [11].

Трофтылық деңгейіне сәйкес биогенді заттар концентрациясы 2 кестеде көрсетіледі.

Кесте 2

Трофтылық деңгейіне сәйкес биогенді заттар концентрациясы

	Фосфор	Жалпы азот	Нитраттар	Аммоний	Орг. азот
Олиготрофты	0,02	0,3	0,003	0,02	0,28
Мезотрофты	0,08	0,6	0,13	0,1	0,4
Евтрофты	0,5	1,5	0,5	0,15	0,8

Зерттеу нәтижесі бойынша Сұлтанкелді көлі мезотрофты немесе эвтрофты деңгейге жақындағандығын көрсетеді (3 кесте).

Кесте 3

Сұлтанкелді көліндегі биогенді элементтер мөлшері бойынша трофтылық деңгейі

Жыл	Фосфор	Жалпы азот	Нитраттар	Аммоний	Сәйкес трофтылық деңгейі
2015	0,09	0,84	0,42	0,58	М/Э
2016	0,043	0,94	0,24	0,93	М/Э
2017	0,077	1,48	1,22	0,51	Э

Макрофиттер бірлестігінің құрамы мен олардың даму деңгейі көбінесе тек биогенді элементтердің концентрациясымен ғана емес, сонымен қатар су экожүйесінің ластануымен де анықталады. Экологиялық аралы тар макрофиттердің болуы немесе болмауы бойынша су қоймасының трофтық деңгейіне сипаттама беруге болады [9].

Хара балдырлары биогенді элементтерді негізінен судан сіңіреді және олардың тұнбаға түсуіне себепші бола алады. Олардың фотосинтезі нәтижесінде тұнбаға түсетін кальций карбонаты фосфордың еріген қосылыстарын байланыстырады, яғни су қабатынан бөліп алады. Бұл балдырлардың ерекшеліктерінің бірі талломдарының астындағы түптік шөгіндіде жинақталған радионуклидтерді, цианидтерді, ауыр металдарды жинақтай алады. Осы қасиеті арқылы сілтілі техногенді ағынды суларды тазартуда және су қоймаларының фиторемедиациясына пайдалануға мүмкіндік береді. Харофиттер эвтрофикацияға өте сезімтал, нәтижесінде олардың Қытай мен Жапония, Европа елдеріндегі тарлуының айтарлықтай төмендеуі орын алды [11].

Биогендердің су экожүйелерінен сіңірілу дәрежесі макрофиттердің түріне және оның биомассасына, ластағыштың бастапқы концентрациясы

мен су температурасына тәуелді болатындағын ескеру маңызды. Макрофиттер сіңіру арқылы қалыпты деңгейге дейін төмендете алатын биофильді элементтердің максималды концентрациясы келесідей аммоний – 20 мг/дм³; нитраттар – 30 мг/дм³; нитриттер – 1,5 мг/дм³; фосфаттар – 10 мг/дм³ артық емес [10].

Теңіз-Қорғалжын жүйесінің көлдерінде жиі кездесетін өсімдік түрлері: *Phragmites australis*, *Bolboschoenus maritimus*, *Lemna trisulca*, *Lemna minor*, *Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum verticillatum*, көптеген зерттеушілердің деректері бойынша аталған макрофиттер мезотрофты немесе эвтрофты көлдердің индикаторлары болуы мүмкін. Сонымен қатар, биоиндикатор макрофиттердің қатарынан *Chara* sp. балдырлары да кездесуі мүмкін деген болжам жасап отырмыз.

Сұлтанкелді көлінің экологиялық жағдайы айтарлықтай жақсы деңгейде емес. Сол себепті Қазақстан Республикасының су ресурстарын басқару 2014...2040 жылдарға арналған бағдарламасына сәйкес су объектілерінің бассейндерінде экологиялық тепе-теңдікті сақтау үшін су объектілерінің гидро-және экомониторингінің мемлекеттік жүйесін дамыту қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Золотухина Е.Ю., Гавриленко Е.Е., Бурдин К.С. Некоторые аспекты накопления и выведения ионов металлов водными макрофитами // Вестн. биологич. науки – 1990. – №12. – С. 110-117.
2. Кадукин А.И., Красинцева В.В., Романова Г.И., Тарасенко Л.В. Аккумуляция железа, марганца, цинка, меди и хрома у некоторых водных растений // Вестн. гидробиол. – 1982. – Т. 18, №1. – С. 79-82.
3. Леонова Г.А. Биогеохимическая индикация загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами // Водные ресурсы – 2004. – Т. 31. №2. – С. 215-222.
4. Логинова Е.В., Лопух П.С. Гидроэкология: курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.
5. Микрякова Т.Ф. Накопление тяжелых металлов макрофитами в условиях различного уровня загрязнения водной среды // Водные ресурсы – 2002. – Т. 29, №2. – С. 253-255.
6. Микрякова Т.Ф. Распределение тяжелых металлов в высших водных растениях Угличского водохранилища // Вестн. экология – 1994. – №1. – С. 16-21.
7. Покровская Т.Н., Миронова Н.Я., Шилькрот Г.С. Макрофитные озера и их эвтрофирование. – М.: Наука, 1983. – 152 с.

8. Попов А.Н., Брайяловская В. Применение водных макрофитов для очистки поверхностных вод от ионов металлов // Вестн. Водное хозяйство России – 2000. – Т. 2, № 3. – С. 268-269.
9. Распопов И.М. Возможности индикации состояния окружающей среды по показателям сообществ макрофитов // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: Тез. докл. междунар. конф. Санкт-Петербург, 2006). СПб., 2006. – С. 156-160.
10. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. Экологическое качество поверхностных вод. – Минск: 2011. – 329 с.
11. Цееб Я.Я., Чугунов Ю.А. Исследования по антропогенному эвтрофированию пресных водоемов в СССР / Круговорот веществ и биологическое самоочищение водоемов – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 39-53.
12. Azad H.S., Borchardt J.A. Variations in phosphorus uptake by algae // Envir. Sci. Technol. – 1970. – №4. – P. 737-743.

Поступила 26.09.2018

А.Н. Омарбаева

Б.К. Жаппарова

Канд. биол. наук А.К. Жамангара

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА СУЛТАНКЕЛЬДЫ

Ключевые слова: биогенные элементы, макрофиты, харовые водоросли, трофический статус, биоиндикаторы

Статья посвящена изучению озера Султанкельды, одного из озер Коргальджинского заповедника. Оценка его экосистемы с использованием показателей биогенных элементов и макрофитов в качестве биоиндикаторов показывает, что неочищенные воды р. Нуры оказывают негативное воздействие на экосистемы озера.

Omarbayeva A.N., ZHapparova B.K., ZHamangora A.K.

ECOLOGICAL STATUS OF LAKE SULTANKELDY

Key words: biogenic elements, macrophytes, charca algae, trophic status, bioindicators

The article is devoted to the study of the ecological state of the Sultankeldi lake, one of the lakes of Korgalzhyn Reserve. This assessment of the ecosystem of the water basin using indicators of biogenic elements and macrophytes as a bioindicator, and the implications of the lack of clean water of the Nura River flowing into this lake negatively affect the lake's ecological situation.

УДК 556.567.639.2

Б.К. Кенжебеков¹Е.К. Данько¹Е.Т. Сансызбаев¹

К СОВРЕМЕННОМУ СОСТОЯНИЮ ОЗЕР АЛАКОЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ

Ключевые слова: выпадающие реки, приток, уровень воды, экстраполяция, виды рыб, уловы, состояние рыб

В статье приведены краткие сведения об озерах Алакольской группы. Рассматривается общая схема распределения поступающих вод с поверхности бассейна. Приведены средние многолетние и современные уровни воды озер. Дается краткий обзор изменения уровня в оз. Алаколь и приводятся значения его площади и объема вод при современном уровне вод. Перечислены все виды рыб, обитающие в озерах группы, дается краткое сведение по истории акклиматизации, об уловах в прошлом и в настоящее время.

Алакольская впадина расположена на юго-востоке Казахстана между горами Жонгарского (Джунгарского) Алатау и Тарбагатаем. На юго-востоке эта впадина граничит с Жонгарскими воротами, а на западе – с Балхашской впадиной. В Алакольской впадине расположены четыре озера: Алаколь, Сасыкколь, Кошкарколь и Жаланаш. Эти озера, включая многочисленные мелкие озера и болота между ними, образуют одну цепь (группу), протянувшуюся с юго-востока впадины на северо-запад. Среди них оз. Жаланаш расположено выше всех (высота уреза в среднем за многолетний период около 367,90 м абс) и южнее всех – у «входа» в Жонгарские ворота.

Другие озера группы – Сасыкколь, Кошкарколь и Алаколь – занимают более низкую часть впадины (ниже горизонтали 352 м). Озеро Сасыкколь расположено несколько выше остальных двух (Кошкарколь и Алаколь). В него впадают рр. Тентек и Каракол. Основной объем притока (95...100 % от годового) поступает по р. Тентек и обуславливает ежегодное поднятие уровня воды в оз. Сасыкколь на значительную величину (50...100 см). Ее среднемноголетний сток у аула Тонкерис составляет 1,457 км³, а ниже устья Шынжалы – 1,104 км³ [6]. Потеря стока в дельте

¹ КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш, Казахстан

оценивается в 150 млн. м³ и в оз. Сасыкколь доставляется в среднем около 0,954 млн. м³ воды. Подземный сток в оз. Сасыкколь составляет 100 млн. м³, осадки на поверхность зеркала – 212 мм (156 млн. м³). Таким образом, общий объем притока воды в озеро составляет около 1054 млн. м³ [6]. Из этого количества 550 млн. м³ воды расходуется на испарение, остальные 504 млн. м³ (около 48 % от общего прихода) идет на обводнение прибрежных озер, болот, Кошкарколя, Алаколя и урочища Кыл.

Обычно сток воды из озера прекращается при падении уровня до отметок 350,0 м абс («...поверхностный сток из озера и затопление прибрежных тростниковых зарослей путем перелива через береговые валы прекращается» [6]). Но отток воды по протоке Ерту продолжается и при этой отметке, так как его дно ниже уреза воды (в последние годы оно сильно разработано течением).

В 20 веке среднемноголетний уровень воды в озере составил 350,6 м абс. Наивысший уровень составил 351,0 м абс и несколько выше, а самый низкий – 349,8 м абс [6]. Как видно, амплитуда колебаний уровня воды в озере за многолетний период невелика – 1,2 м, что обусловлено мелководностью и проточностью водоема.

При среднемноголетней отметке уровня, озеро Сасыкколь имеет площадь 736 км² (наибольшая глубина – 4,7 м, средняя – 3,3 м). Озеро простирается с запада на восток на 50,0 км. Дно ровное, с незначительным уклоном с запада на восток.

Восточные берега (юго-восточный, восточный и северо-восточный) от устья р. Тентек до устья р. Караколь, а также северо-западное побережье, сильно зарастают тростником и камышом. На севере полоса зарослей прерывается у с. Сагат, где равнина, приподнятая в середине, вплотную подходит к берегу озера. Кроме того, в промежутке от устья р. Тентек до урочища Ерту, урез воды также упирается в высокие берега, и здесь тростниковые заросли обнаруживаются только местами.

Ширина прибрежной растительной полосы в восточной части озера простирается местами до 9,0...9,8 км от линии берега. Внутри этой полосы расположено множество мелких озер и болот, дно которых весьма богато органикой. При низких уровнях болота издают сильный запах, откуда и пошло название озера («сасык» – вонючий).

Вода в оз. Сасыкколь пресная, величина минерализации в нем колеблется обычно в пределах 250...800 мг/м³.

Южнее оз. Сасыкколь находится оз. Кошкарколь (Уялы). Площадь озера (при отметке среднемноголетнего уровня 349,8 м абс) – 120 км² (длина – 18,3; ширина – 9,6 км, наибольшая глубина – 5,8 м, средняя – 4,0 м). Озеро имеет яйцеобразную форму (что отражено в названии этого водоема), вытянутую с севера на юг, проточное. Береговая линия озера мало изрезана. Глубина воды в озере нарастает постепенно, достигая максимума в юго-западной части. Дно ровное. Озеро не имеет собственных притоков и пополняется в основном за счет оз. Сасыкколь, путем фильтрации через береговой вал и поверхностного перелива. В период низкого стояния уровня воды в оз. Сасыкколь поверхностный приток в оз. Кошкарколь прекращается. Незначительный сезонный приток (менее 0,5 м³/с) в весенне-летний период дает Сухая речка (бывший проток р. Тентек), питающаяся выше расположенными родниками.

Минерализация воды в нем колеблется между значениями 400...1600 мг/дм³. В маловодные годы приток свежей воды уменьшается, а отток сильно сокращается или отсутствует. Как следствие, минерализация воды в водоеме в такие годы значительно увеличивается.

Озеро Алаколь занимает более низкую котловину, и является конечным водоприемником в системе озер. (Кроме вод Сасыкколь и Кошкарколь, в него сбрасывается также «лишняя вода» из оз. Жаланаш через ложбину Жаманоткель). Разность среднегодового уровня между озерами Сасыкколь и Алаколь, в прошлом веке составляла в среднем около 3,2 м. Ныне она сократилась до 0,5 м и менее.

Средняя многолетняя амплитуда колебаний уровня воды в оз. Алаколь превышает величину 7,4 м. После пика 1908...1910 гг. (когда уровень воды достигал отметок 347,9 м абс), уровень в озере постепенно снижался и в 1946 г. достиг отметки 342,6 м [6]. В последующие годы уровень поднялся (до середины 1950-х годов медленно, а потом более интенсивно) и в 1974 г. достиг горизонта 349,8 м абс. Потом кратковременно снизившись (до середины 1980-х годов) вновь начал медленно подниматься. Начиная с конца прошлого века подъем «шел» уже более интенсивно и в последние годы неоднократно превышал отметку 350,0 м абс. В июне-июле 2017 г. уровень озера достиг горизонта – 350,90 м абс. Это наивысший уровень, наблюдавшийся за последние 100 лет.

Во второй половине прошлого века (после комплексного изучения всех крупных озер впадины в течение ряда лет) за среднемноголетний уровень воды в оз. Алаколь принята отметка 347,3 м абс. Такой отметке

соответствует площадь водного зеркала 2650 км², объем воды – 58,56 км³ и максимальная глубина 54,0 м (найденная в те годы).

Современный уровень воды на 2,7 м выше принятой средней величины и составляет в среднем (за последние 15 лет) 350,0 м абс. Ясно, что при такой разности уровня воды основные параметры озера: площадь (F) и объем воды (V) – будут другими. В литературных источниках кривые $F = f(H)$ и $V = f(H)$ заканчивается на отметке уровня воды (H) за среднелетний период, т.е. на высоте 347,3 м абс. Поэтому авторы, экстраполируя значения функции $F = f(H)$ и $V = f(H)$ до 350,0 м абс полагают: площадь озера в настоящее время составляет не менее 2900 км² и объем воды – 65,0 км³, т.е. они увеличились на 9,4 % и 11,0 % соответственно. Максимальная глубина в озере, предположительно (при повышении уровня воды на 2,7 и выше), в отдельные годы должна достигать до 56...57 м.

Основными притоками оз. Алаколь являются рр. Урджар и Бескопа, приносящие до 50 % поверхностного притока воды в озеро, рр. Хатынсу (8,8 %), Эмель (27,4 %), Жаманоткель (5 %) и Жаманты (8,8 %) [5]. Исходя из выше изложенного, можно констатировать, что гидрологические условия озер Алакольской впадины в настоящее время находятся в хорошем состоянии.

Что касается ихтиофауны озер Алакольской системы, то до 30-х годов прошлого столетия она была представлена исключительно 9 аборигенными видами: голян обыкновенный, маринка балхашская, осман голый, губач пятнистый, голец тибетский, голец серый, губач одноцветный, голец Северцова и окунь балхашский. Промыслом осваивались 2 вида – маринка и окунь. Небольшое число видов рыб крупных озерных систем Казахстана, породило мнение о необходимости «обогащения» ихтиофауны ценными промысловыми видами. Так акклиматизационные работы в Алакольском бассейне имеют более чем полувековую историю. Начались они в 30-х гг. с вселения сазана. Акклиматизация судака проводилась в 60-х гг. [1].

В период 1968...1988 гг. в бассейн вселялся белый амур и белый толстолобик. Однако эти виды не смогли создать самовоспроизводящихся стад из-за отсутствия подходящих нерестилищ. Оба вида – пелагофилы и мечут икру в крупных реках, имеющих большую протяженность. Таких рек в системе Алакольских озер нет. Оба вида хорошо прижились в Алакольских озерах, но были постепенно выловлены.

Серебряный карась (*Carassius gibelio*), по официальным данным, был вселен в Алакольские озера в 1973 г. из Бухтарминского водохрани-

лица. Однако не исключено более раннее попадание этого вида и китайского карася (*Carassius auratus*) в ходе перевозок растительных рыб из Алма-Атинского прудхоза, которые проводились, здесь, начиная с 1968 г.

В 1987...1988 гг. было проведено вселение леща из Бухтарминского водохранилища, с которым в озера попала плотва.

В период с 1993 по 2001 гг., помимо вышеперечисленных видов, было обнаружено 5 внеплановых акклиматизантов – плотва, амурский бычок, медака, элеотрис, речная абботина, и корейская востробрюшка. Таким образом, в составе ихтиофауны водоемов бассейна в настоящее время насчитывается 23 вида рыб, из которых только шесть промысловых. Вполне возможно, что состав ихтиофауны Алакольских озер, в будущем, может пополниться новыми видами за счет переноса с территории КНР по трансграничному водотоку (р. Эмель), как это имеет место в р. Иле. Что касается популяций основных промысловых видов рыб (сазана, судака, карася, балхашского окуня, леща и плотвы) в системе озер оно неоднозначно [2-4].

Сазан. До недавнего времени был наиболее ценным и основным промысловым видом в Алакольских озерах. Вылов только этого вида в озерах достигал 4000 т. Под прессом промысла, а также нестабильности гидрологического и температурного режимов водоемов, к которым сазан очень чувствителен, численность популяции сократилась до критических пределов. В связи с чем, с 2005 г. на всех озерах Алакольской системы был установлен 0 (нулевой) лимит на его вылов. В текущем году, впервые за многие годы, в мальковых уловах на всех участках обнаружена молодь сазана.

Судак. В 1990...2000 гг. численность судака в озерах системы была самой высокой. Начиная с 2003 г. спрос на филе судака за пределами РК, вызвал его массовый, практически тотальный отлов во всех водоемах Казахстана, в том числе и в Алакольской системе озер. Наблюдаемое снижение средних размеров судака, уменьшение доли крупноразмерных рыб, свидетельствует о разрядке плотности популяции и о дальнейшей интенсификации промысла этого вида в настоящее время, несмотря на полный запрет его к вылову с 2015 г. Однако в текущем году урожайность молоди данного вида на оз. Алаколь составляла 0,68...1,96 экз./м². Это наиболее высокие показатели воспроизводства за последние годы.

Балхашский окунь. Абориген Балхаш-Алакольского бассейна, обитает во всех озерах Алакольской системы. Имеет две формы: «белую» пелагическую и прибрежную «камышовую». Увеличение численности судака в 90-х годах, повлияло на снижение численности окуня во всех озерах системы. В настоящее время популяция окуня восстанавливается. Промы-

словые запасы окуня в настоящее время на оз. Алаколь оцениваются свыше 297 тонн.

Лещ. Самый многочисленный вид на Алакольских озерах. Населяет, в основном открытые биотопы. Заселялся в Алакольскую систему в 1987 г. Преобладание в уловах младшевозрастных и впервые созревающих рыб, в сочетании с высокой долей самок, указывает на высокий репродуктивный потенциал популяции леща. Отмечается тенденция постепенного уменьшения средних размеров рыб в уловах, а продолжающееся удлинение возрастного ряда свидетельствует о наращивании численности леща и большой конкуренции за спектр питания. Промысловый запас леща оценивается в 254 тонны, который практически не осваивается, из-за малого спроса у местного населения.

Карась. Зарыбление озер серебряным карасем и случайно попавшим в это же время китайским, за короткий период времени привело к тому, что путем гибридизации, китайский карась полностью поглотил серебряного. И в настоящее время в озерах системы обитает только «евроазиатский» карась. Численность его в уловах за последние годы возросла в 3 раза, а биомасса – в 2 раза. Промысловый запас оценивается в 178 тонн.

Таким образом, увеличение водности и улучшение экологического состояния озер Алакольской системы за последние десятки лет, пока не привело к увеличению в них рыбной продукции (всего 550...650 т вместо 4500...5000 т в 80-х годах прошлого века). Одна из главных причин этого – браконьерство, которое процветает после уничтожения планового хозяйства и установления в государстве рыночных отношений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Альпейсов Ш.А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озёр: Монография. – Алматы: Бастау, 2006. – 368 с.
2. Данько Е.К. Рыбохозяйственная типизация озёр Алакольского бассейна //Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии и Казахстана: Матер. 14 междунар. конф., 1-4 августа 2011 г. – Красноярск, 2011. – С. 318-321.
3. Данько Е.К., Исмуханов Х.К., Альпейсов Ш.А. Стратегия дальнейшего развития рыбного хозяйства Алакольской системы озёр // Генетические основы и технология повышения конкурентноспособности продукции животноводства: Матер. междунар. науч.-практич. конф., Алматы, Казахстан, НПЦ животноводства, 28-29 марта 2008г. – Алматы, 2008. – С. 188-193.

4. Данько Е.К., Скакун В.А. О пространственном распределении промысловой ихтиофауны в озере Сасыкколь (Алакольская система озёр) // Tethys Aqua Zoological Research. – 2008. – IV. – С. 5-10.
5. Коровин В.И., Курдин Р.Д. Уровенный режим Алакольских озер // Алакольская впадина и ее озера. – Алма-Ата: Наука, 1965. – С. 122-140.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т 13. Центральный и Южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – С. 388-455.

Поступила 28.09.2018

Б.К. Кенжебеков
Е.К. Данько
Е.Т. Сансызбаев

АЛАКӨЛ ЖҮЙЕСІНДЕГІ КӨЛДЕРДІҢ ҚАЗІРГІ КҮЙІ

Түйін сөздер: Алакөл тобындағы көлдер, құятын өзендер, келетін су, су деңгейі, экстраполяция, балық түрлері, ауланым, балықтың ахуалы

Мақалада Алакөл тобындағы көлдер жайлы аздаған мәліметтер беріліп, оларға келетін жер беті суларының таралуы қарастырылады. Көл суларының көпжылдық орташа және қазіргі деңгейлері берілген. Алакөлдiң деңгейiнiң өзгеруiне шолу жасалып, оның қазіргі кездегі ауданы мен көлемі көрсетіледі. Осы көлдердегі балықтардың барлық түрі аталып, оларды жерсіндіру тарихына және ауланымның бұрынғы және қазіргі күйіне қысқаша шолу жасалған.

Kenzhebekov B.K., Dan'ko Ye.K., Sansyzbayev Ye.T.

CURRENT STATE OF THE LAKES IN THE ALAKOL SYSTEM

Keywords: Alakol lakes, flowing rivers, inflow, water level, extrapolation, fish species, catches, fish condition

The article gives brief information about the lakes of the Alakol group and the general scheme of distribution of incoming waters from the surface of the basin. The average long-term and current levels of lakes are considered. It provides a brief review of the level change in the Alakol lakes and gives the values of its area and volume of water at the current water level. All species of fish that live in the group's lakes are listed, a brief summary is given on the history of acclimatization, on catches in the past and at the present time.

ЭОК 913.81.(574.5)

Ғылымд. геогр. докторы Қ.Т. Сапаров¹
А.Г. Абдуллина¹

АҚТӨБЕ ОБЛЫСЫНЫҢ ГИДРОНИМДЕРІНІҢ ҚАЛЫПТАСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Түйінді сөздер: гидроним, потамоним, лимноним, микрогидроним, индикатор-терминдер, гелоним, ландшафттық ерекшелік, гидронимдер тобы

Мақалада Ақтөбе облысы аумағында кездесетін табиғи және жасанды су нысандары – өзен, көл, батпақ, құдық атаулары мен терминдерінің қалыптасуы мен дамуының географиялық негіздері қарастырылған. Табиғи-географиялық, тарихи, лингвистикалық деректер арқылы олардың аумақтың ландшафттық ерекшеліктерімен байланысы анықталған. Зерттеу аумағында кездесетін 2500-ден астам су нысандары мен термин атаулары қарастырылып, кесте, диаграмма жүзінде бейнеленді.

Ақтөбе облысы аумағында жер беті және жер асты суларының түрлері – өзендер, көлдер, батпақтар және жер асты сулары, сонымен қатар антропогендік ықпалмен жасалған тоған, бөгендермен қатар басқа да нысандарды кездестіруге болады. Облыстың құрлық ішінде орналасу жағдайы және климатының шұғыл континенттілігі жер беті суларының тапшылығына негіз болады. Климаттың құрғақтығы, геологиялық, геоморфологиялық құрылысы ерекшеліктері аумақтың аумақтың гидрологиялық торын сипаттайды.

Аумақ топонимикасына шолу жасау барысында топонимикалық заңдылықтардың таралуы мен күрделілігіне көз жеткіздік. Географиялық атауларда тілдік ерекшеліктер, табиғаттың алуан жағдайларының және тарихи үдерістердің (процестердің) күрделі шиеленісі көрініс тапқан.

Гидронимдердің мағыналық жүктемесін анықтау мақсатында олардың құрамындағы индикатор терминдерді зерттеудің маңызы зор. Қазақстанның аймақтары бойынша гидронимдер құрамындағы қазақ тіліндегі жергілікті географиялық терминдер отандық ғалымдар Ғ. Қоңқашбаев, В.Н. Попова, Ж.Д. Достай, К.Д. Каймулдинова,

¹ Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан
152

А.С. Омарбекова, Ә.Е. Аяпбекова, К.Т. Сапаров, А.О. Мақанова, З.Қ. Мырзалиева, Ө. Сағымбай, К.Т. Мамбеталиев, А.Е. Егінбаева, т.б. еңбектерінде жан-жақты зерттеліп, көрініс тапты.

Құрамындағы жергілікті географиялық терминдер бар – индикатор атаулар су нысандарының негізгі ерекшеліктерін нақтырақ сипаттайды. Кейбір өзендер мен көлдердің физикалық-географиялық ерекшеліктері олардың атауларында көрініс табады. Әсіресе, өзендердің ағыс ерекшелігі, судың түсі, дәмі және т.б. қасиеттері, өзен арнасының, аңғарының сипаты, топырақ ерекшелігі, жағалаудағы өсімдік түрлері, су қоймаларындағы балық түрлері мен жағалауларын мекендейтін жануарлар түрлері туралы да ақпарат береді. Нақтырақ айтқанда Р.А. Агеева бойынша «су атаулары географтар, гидрологтар, геохимиктер, топырақтанушылар, ботаниктер, зоологтар үшін энциклопедиялық анықтамалық қызметін атқарады».

Гидрологиялық нысандардың ерекшеліктері мен сипатын білдіретін жергілікті географиялық терминдерді, яғни диалект сөздерді білу зерттеу жұмысында өте маңызды. Жекелеген аумақтарда кеңінен қолданылатын кейбір гидрологиялық терминдерге – *көл, жалтыр (жалпақ), сор, балқаш, томар, тақыр, ащы* терминдерін жатқызуға болады. *Көл, жалтыр* немесе *жалпақ* кең, ауқымды су айдынын білдіреді; *сор, балқаш* – түбі батпақты көлдер мағынасында қолданылады. Жер асты суы шығып жататын батпақтанған көлдерді – *томар*; жазда кеуіп жалаң сортаңдарға айналатын суы аз көлдерді – *тақыр*, тұз өндіру көзі болып табылатын тұзды, ащы-тұзды көлдерді – *тұз* немесе *ащы* деп атайды [1].

Географиялық терминдер топтамасын зерттеушілер – Ғ. Қонқашбаев, Е. Қойшыбаев, С.А. Абдрахманов, т.б. еңбектеріне сүйене отырып, Ақтөбе облысы бойынша 1 кестеде көрсетілгендей гидронимдер құрамындағы индикатор-терминдер топтамасы жинақталды.

Кесте 1

Ақтөбе облысында кездесетін су нысан атауларындағы индикатор-терминдер

Гидронимдер	Индикатор-терминдер
Потамонимдер	айрық, ақсай, ақсу, аша, бұлақ, бұтақ, еспе, жылға, жыра, қайнар, қарасу, ойыл, өзек, өзен, сай, соқыр, су, тарам, шат
Лимнонимдер	ақкөл, астау, ащы, батпақ, жалаңаш, жалтыр, көл, қайраң, қайыр, қамыс, қопа, сор, томар, тұз шалқар, шұқыр (шұңқыр)
Құдық атаулары	апан, құдық, ой, орпа, шыңырау, еспе, шұқыр, атпа

Ақтөбе облысы аумағының көп бөлігін шөлейт, шөл зоналары алып жатқандықтан, жер беті сулары тапшы келеді. Ұсақ өзендердің көпшілігі жаз айларында тартылып қалады. Өзендер жүйесінде Каспий және Арал теңіздерінің алаптарына жататын ірі өзендер қатарына *Елек, Жем, Ор, Ойыл, Сағыз, Ырғыз, Торғай* өзендері кіреді. Өзендердің көпшілігі жаз айларында құмға сіңіп (*Шаған, Мәнісай, т.б.*) тартылып қалады. Жыра-сайлармен ағатын маусымдық өзендер тек жанбыр, қар суымен толығып, құмға тез сіңіп кетеді. Оларды *қарасу* (жылым) деп атайды [10]. Қарасу атауымен берілген аумақта 6 өзен атауы анықталды. *Ақсу* терминімен жасалған өзен атауы 3 рет кездесті. Соның ішінде үлкені ұзындығы 35 км. болатын Мәртөк ауданы аумағы бойынша ағып өтетейн Елек өзенінің сол жақ саласы Ақсу өзені. *Ақсу* термині Е. Қойшыбаев бойынша «ағынды су» дегенді білдірсе [11], Ғ. Қоңқашбаев пікірі бойынша «қар суымен қоректенетін өзен» дегенді көрсетеді [4]. Бұл жерде екінші тұжырым Ақсу өзен атауларына сәйкес келеді. Себебі бұл өзендер еріген қар суымен қоректенетін маусымдық кіші өзендер.

Қазақстан Республикасының географиялық атауларының мемлекеттік каталогының» (13 том) материалдарының негізінде және масштабы 1:1000000 Ақтөбе облысының топографиялық картасы бойынша барлығы 663 көл аты жинақталды. Аумақ бойынша көлемі 1км² жоғары көлдер саны – 227 [8]. Көлдердің көпшілігі ағынсыз, еңіс жерлердегі су қоймалары ретінде сипатталады. Өзендер тәрізді атмосфералық жауын-шашынмен қоректенеді. Қуаңшылық жылдары олардың көбі тартылып қалады. Минералдану дәрежесі бойынша ащы және тұщы көлдерге бөлінеді. Тұщы көлдер облыстың солтүстік аумағында кездеседі. Су тапшылығын байланысты тартылып, қамыс басып, кей жағдайда батпақты көлдер қатарына енеді. Оңтүстік аумақтағы көлдердің тұздану дәрежесі өте жоғары, көпшілік көлдер тартылып, сорға айналуға. Атап айтсақ *Дөңгелексор, Алтайсор, Қосбұлақ, Аспантай-Матай, Баспансор, Берденсор, Тентексор* т.б.

Көлдердің көпшілігі облыстың шығысында орналасқан. Ірілері Ырғыз-Торғай жүйесі көлдері (*Жаркөл, Байтақкөл, Құрдым* т.б.). Бұл жүйенің көлдерінің су деңгейі тұрақты емес, өлшемдері мен тереңдіктері де әртүрлі. Кейбір көлдердің балық шаруашылығында маңызы зор. Облыс аумағындағы лимнонимдердің жасалуына негіз болған, ең көп тараған терминдер – *көл, сор (91)* терминдері. Жалпы көл термині Қазақстан бойынша барлық аймақта дерлік кеңінен тараған. Облыс аумағындағы анықталған

663 лимнонимнің 313 көл термині негізінде жасалған. Көлдердің көлемі, қазаншұңқыры, суының физикалық және химиялық қасиеттеріне қарай жергілікті халық атау беріп отырған. Көл терминімен жасалған атауларды 5 топқа жіктеп қарастыруға болады: 1) морфометриялық өлшемдерін көрсететін (*Ұзынкөл, Мелдекөл, Кішкенекөл, Үлкенкөл, Шұқыркөл, Домалақкөл, Байтақкөл, Таскөл, Тастыкөл*); 2) судың қасиетін сипаттайтын (*Сабынкөл, Тұздыкөл, Ащыкөл (Юрет), Соркөл*); 3) антропоним, генонимдер арқылы туындаған (*Байұлықкөл, Есімкөл, Тінейкөл*); 4) өсімдіктер мен жанарлар дүниесін бейнелейтін (*Қамыстыкөл, Талдыкөл, Бақакөл, Қайыңдыкөл, Қоғакөл, Қияқты, Қона, Шағалалыкөл, Киіккөл*); 5) оқиғаларға байланысты аталған атаулар (*Кілемжайғанкөл, т.б.*)

Сор термині шөлді ландшафттарда көп кездесетін термин деуге болады. *Сор* дегеніміз жазда кеуіп қалатын және толықтай немесе жартылай сортаңға айналатын тұзды ұсақ көлдер [7]. Аумақтағы лимнонимдердің 91 *сор* терминімен жасалған атаулар. Бұл аумақтағы көлдердің жер бетіне жақын ыза сулармен қоректеніп, жазғы уақытта тартылып, кеуіп қалатын тұзды екендігін білдіреді.

Ақтөбе облысы аумағын *дала, шөлейт* және *шөл* зоналары кесіп өтеді. Соның ішінде шөлейт және шөл зоналары басым болғандықтан жер беті су көздерінің тапшылығы байқалады. Жергілікті халықтың дәстүрлі шаруашылығында жер асты суларының маңызының үлкен болғандығын аумақтағы құдықтардың көптеп кездесуінен және соған сәйкес құдық атауларының сақталуынан байқауымызға болады. А.Ф. Гонтарев 20 ғ. басындағы Ақтөбе уезінің табиғи-тарихи жағдайына берген сипаттамасында жергілікті халықтардың бұлақ көздері қатып немесе бітеліп (мал аяғымен тапталып қалған) қалған жағдайда еш қиындықсыз құдық суларын пайдалана алатындығын жазды. Барлық ауданда дерлік жерасты суы 5...6 аршын (ұзындық өлшемі, 1 аршын – 71,16 см) тереңдіктен аспайтынын және су тұщы болатындығын, кей жерлерде 5...7 аршын тереңдіктегі құдық суы тұзды, 9 аршын тереңдіктегі құдық суы кермек болып келетіндігі туралы тоқталған [2].

Анықталған 1096 микрогидроним ішінде 698-і құдық атауы болып табылады. Құдық атауларының құрамында *атпа, құдық, орпа, шыңырау, терең, апан* терминдерімен жасалған атаулар басым.

Апан ескі бұзылған немесе құлаған, терең емес құдықтар мағынасына сәйкес келеді. *Бесанан* құдық атауы осындай терминді негіздейді. *Шыңырау* – жер бетінен 2...3, кейде 4...5 метр жердегі тасқа

дейін жеткізіп шегенделген, одан арғы жағын су көзіне дейін тастан ойып қазған, тереңдігі 6...65 метрге дейін жететейін құдықтар [9]. Аталған термин негізінде жасалған атаулар Қазақстанның барлық жерінде дерлік кездеседі деуге болады. Ақтөбе облысы бойынша *Қосшыңырау* (4 рет), *Тақыршыңырау*, *Шыңырау* (2 рет), *Шыңырауқұдық*, *Басшыңырау*, *Жалғзышыңырау* атаулары бар.

Орна терминімен жасалған құдық атаулары Қазақстанның батыс өңірлерінде, әсіресе Үстіртте көптеп, ал солтүстік аймақтарда аз кездеседі. Мысалы Павлодар облысының гидронимдері бойынша зерттеушілер – В.Н. Попова және Қ.Т. Сапаровтың еңбектерінде бұл терминмен жасалған құдық атауы анықталмаған. *Орна* термині «онша терең емес құдық», яғни «ауыз суы бар құдық» дегенді білдіреді [3]. Зерттеу нәтижесінде аумақта орпа терминімен жасалған *Қоңырорпа* (2 рет), *Қоңырорпақұдық* (2рет) микрогидронимдері анықталды.

Атпа сөзіне «Қазақтың этнографиялық категориялар, ұғымдар мен атауларының дәстүрлі жүйесі» деп аталатын энциклопедияда былай анықтама берілген: «*Атпа* суармалы егіншілікте егістік суаратын, сабы үш аяқты мосыға ілінген, биікке су шығарушы құрал немесе үлкен күрек ожау. Ожаумен арнаулы тоғанға жиналған немесе құйылған су егіс алқабына жіберілген. Шығыр болмаған аймақтарда егінді құдықтан немесе көлден суарғанда қазақ егіншілерінің жер суару үшін атпа әдісі қолданылған! [3]. Облыс аумағында бұл терминмен жасалған *Атпақұдық*, *Атпа* құдық атаулары кездесті.

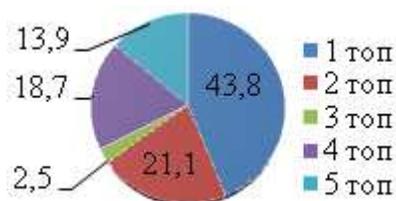
Сонымен қатар құдық атауларынан да топонимдердің басқа түрлері сияқты ландшафттық жіктелуді байқауға болады. Аумақта жер бедері, өсімдіктер дүниесі, жайылым түрлеріне байланысты қойылған құдық атаулары көптеп кездеседі. *Тақырқұдық*, *Сайқұдық*, *Төбеқұдық*, *Ақұңгірқұдық*, *Жарқұдық*, *Шұқырқұдық* атаулары олардың орналасқан жерінің орографиясынан ақпарат берсе, *Теріскенді*, *Талдықұдық*, *Жыңғылдықұдық*, *Шикұдық*, *Шеңгелдіқұдық*, *Шағылқұдық*, *Тораңғылқұдық*, *Қарағайлы*, *Қамыстыаша* микрогидронимдері өсімдіктер дүниесін сипаттайды. Құдықтар жасанды су көздеріне жататындықтан антропоним, генонимдер негізінде жасалған атаулар көп кездеседі [6].

Біздің зерттеулеріміз бойынша облыс аумағындағы гидронимдер бірлестігі аталу ерекшеліктеріне қарай мынадай топтарға бөлінді (1 сурет):

1. Жергілікті жердің табиғи жағдайларын сипаттайтын (немесе ландшафт ерекшеліктеріне байланысты) атаулар (43,8 %);

2. Нысанның ерекшелігін сипаттайтын атаулар (21,1 %);
3. Елді мекендерге байланысты атаулар (2,5 %);
4. Ру, тайпа, адам есімімен байланысты атаулар (18,7 %);
5. Басқа (белгісіз) себептермен байланысты атаулар (13,9 %).

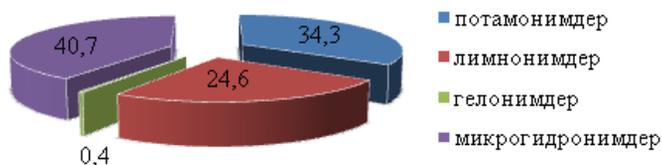
Бастапқы дерек көзі ретінде «Қазақстан Республикасының географиялық атауларының мемлекеттік каталогының» 13 том материалы пайдаланылды [5].



Сур. 1. Ақтөбе облысы гидронимдер тобының арақатынасы.

Суреттен көріп отырғанымыздай аумақтағы су көздерінің атауларының жартысына жуығы ландшафттық ерекшеліктеріне қарай номинацияланғаны анықталып отыр.

Сонымен қатар зерттеулер нәтижесінде Ақтөбе облысы аумағында 2695 гидроним анықталды [5]. Гидронимдер құрамы ішінде потамонимдер саны – 925, лимнонимдер – 663, гелонимдер – 10, қалған микрогидронимдер – 1096 (2 сурет).



Сур. 2. Ақтөбе облысы аумағындағы гидронимдер құрамы.

Қорыта келе, Ақтөбе аумағының гидронимдері құрамы жағынан жергілікті жердің физикалық-географиялық, мағыналық жүктемесі бойынша ландшафттық ерекшеліктеріне қарай жақсы жіктелгендігі анықталды.

Географиялық атаулар, олардың мағынасы және пайда болуы мен тарихы қазіргі уақытта үлкен қызығушылық тудыруда. Оған дәлел жарыққа шығып жатқан топонимикалық сөздіктер мен іргелі және қолдандалы зерттеулер туындылары. Сонымен қатар жоғарғы оқу орындарының география мамандықтарының оқу жоспарларында топонимика бойынша элективті пәндер де енгізілуде. Соңғы уақыттарда облыс аумағы бойынша топонимдердің зерттелу өзектілігі артып келеді. Дегенмен мұндай зерттеулер тарихи, лингвистикалық тұрғыда қарастырылған, ал географиялық тұрғыда,

С помощью исторических, природно-географических, лингвистических сведений определены их территориально-ландшафтные особенности. Рассмотрены более 2500 гидрологических объектов и их терминологические названия, встречаемые в районе исследования. Данные представлены в виде таблиц и диаграмм.

Saparov K.T., Abdullina A.G.

FEATURES OF FORMATION OF HYDRONYMS OF AKTOBE REGION

Keywords: hydronym, potamonym, limnonym, microhidronym, terms-indicators, gelonym, landscape feature , group of hydronyms

The article deals with the geographical basis of the origin and development of the names of natural and artificial water bodies. With the help of historical, natural-geographical, linguistic information defined their territorial and landscape features. More than 2500 hydrological objects and their terminological names found in the study area are considered. The data is presented in tables and charts.

ӘӨЖ 8.81.11.119

И. Бекзатқызы¹**САРЫАРҚА ТОПОНИМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНДЕГІ
ГИДРОНИМДЕРДІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ**

Түйінді сөздер: география, тарих, лингвистика, топонимика, топоним, гидроним, географиялық атаулар, индикатор-термин, семантика, өзен, көл

Мақала Қазақстанның бірден-бір тарихи аймағы Сарыарқа өңірінің гидронимдеріне арналған. Мақалада топонимика ғылымының заңдылықтары, оның басқа география, тарих, лингвистика сияқты ғылым салаларымен байланысы және Сарыарқаның топонимикалық жүйесінің ерекшеліктері қарастырылады. Сондай-ақ, аумақтағы өзен-көл атауларының қалыптасу кезеңдері мен олардың шығу тегі туралы айтылады. Су нысандарын номинациялауда қолданылатын индикатор-терминдер мен олардың гидрографиялық атаулардың қалыптасуында алатын орнына ерекше назар аударылды. Зерттеу нәтижесінде аумақ гидронимдерінің көпшілігі қазақ тілінің негізінде қалыптасқан болса, кейбірі көне тілдік қабаттарға жататындығы анықталды. Сарыарқа гидронимдерін зерттеу өңірдің көне тарихы, географиялық ерекшеліктері туралы мол ақпарат алып, ерте кезеңдердегі халықтардың мәдениеті, әдет-ғұрпы мен тұрмыс-салты жөнінде тарихи этнографиялық мәліметтермен танысуға мүмкіндік береді. Мақаланы жазу барысында далалық этнографиялық экспедиция материалдары да пайдаланылды.

Географиялық атаулардың шығу тегін және мағынасын анықтаумен айналысатын топонимика бағыты тарих, география, лингвистика сияқты ірі ғылым салаларын байланыстырады. Топонимикада лингвистика ғылымы топонимдерге тілдік талдау жасау арқылы олардың этимологиясы мен семантикасын анықтауда аса жоғары маңызға ие. Сондай-ақ, географиялық атауларда әртүрлі дәуірдің тарихи оқиғалары және тарихи тұлғаларының есімдері сақталып қалған. Атаулар халық өміріндегі түрлі оқиғаларға және оның жергілікті халықтың тіліне әсер етуіне байланысты өзгеріске ұшырап жатады. Сондықтан географиялық атауларды тарихсыз зерттеу мүмкін емес.

¹ ҚР Ұлттық музейі, Астана қ., Қазақстан

Топонимдер көбінесе аумақтың географиялық ерекшеліктеріне, табиғатына, ландшафтына байланысты қойылады. Оларға қарап осы аумақта қандай өсімдіктер өсіп, қандай жан-жануарлардың мекендегенін де аңғаруға болады. Олай болса, топонимиканың география ғылымымен тығыз байланысты екенін де айта кеткен жөн. Бұл атауларды беретін халық. Ешбір халық өзен-көлін, тау-тасын себепсіз атамаған. Ал, сол жерді мекендеген халықтың тұрмысы мен мәдениетін білмей, ол атаулардың да мәнін түсіну қиынға соғатыны анық. Қазақ топонимиясында көшпелі өмір салтымен байланысты атаулар көп кездеседі. Жер-су атауларында көрініс тапқан қазақ халқының ежелгі салт-дәстүрі мен шаруашылық әрекеттерін зерттеу үшін этнография ғылымына сүйенуге тура келеді. Осылайша бірнеше ғылым салаларының басын біріктіретін топонимика өте күрделі және халықтың тарихын, тілін, мәдениетін, тіпті, территориясын сақтауда аса маңызды ғылым саласы болып табылады.

Топонимиканың күрделі де ірі саласының бірі ғылыми тілде гидронимия деп аталады. Грек тілінен аударғанда «hydros» – су, «onuma» - атау дегенді білдіреді. Яғни, кез-келген су нысанының, яғни теңіз, өзен, көл, құдық, су қоймасының атауын гидронимдер деп атайды. Көпшілік атаулар су нысандарының өзіндік ерекшеліктеріне, яғни түр-түсіне, суының дәміне, айналасындағы өсімдік пен жануарлар дүниесіне, географиялық орнына т.б. көптеген белгілеріне байланысты аталады.

Зерттеудің негізгі нысаны болып Сарыарқа аймағындағы өзен-көл атауларының қалыптасуы мен дамуының тарихи-географиялық негіздері қарастырылып отыр.

Қазақстанның ұлан-ғайыр жерін алып жатқан Сарыарқа өңірі ірілі-ұсақты көлдер мен өзендерге, олардың сай-салаларына өте бай. А. Сейдімбековтың өзі Сарыарқа атауының бұлайша аталуын «Сарыарқаның алып суайрығы екенін, ағын су атаулы сол қоянжон дөңестің қос қапталынан төгіле ағатынын көреміз. Мұндай байтақ жонды Арқа демеске болмайтын да секілді. Басқаша атау көкейге қонбайтындай, көңілге орнықпайтындай», – деп пайымдаған болатын. Алып жонның өзендері екі жаққа ағады. Солтүстік қапталынан төгіле аққан *Шар, Шаған, Ащысу, Түндік, Жарлы, Талды, Өлеңті, Шідерті, Сілеті, Есіл, Нұра, Құланөтпес, Терісаққан* сияқты арналы өзендер маңдайын солтүстікке қаратқан [6]. Бұл өзен аттарының көпшілігі ана тіліміздегі мағынасы айқын, жалпыға түсінікті сөздерден қойылған болса, кейбірі көне тілдік қабаттарға тән. Мәселен, бастауын Сарыарқадағы Нияз тауының етегінен алып, Ертіс өзеніне құятын Есіл өзені атауының төркіні мен мән-мағынасы туралы түрлі пікірлер мен болжамдар бар. А. Әбдірахманов бұл атаудың

шығу төркінін көне түркі тіліндегі, атап айтқанда, Күлтегінге қойылған ескерткіштегі *Йашыл угуз* атауымен түбірлес деп болжайды. «Есіл атауының фонетикалық өзгеріске түсіп, қалыптасуы төмендегідей түрде болған: *Йашыл // йасыл > йешіл // йесіл > Есіл*. Сөйтіп, бұл – жасыл (өзен) деген мағынаны беретін көне түркі сөзі. Кейбір түркі тілдерінде *йашыл, йешіл* сөзі осы күні де кездеседі». Ал, Т. Жанұзақтың пікірінше, құрамында *ыл, іл, ел* формалары бар – Ойыл, Қиыл, Қағыл, Еміл, Елек, Іле сияқты гидронимдік атаулар көне замандардан келе жатқан топонимдер. Олардың құрамдарындағы аталмыш морфемалары әуел баста, орал-алтай тіл бірлестігі кезінде, «өзен, су» мағынасындағы дербес сөздер болғандығын дәлелдеп отыр. Ғалым Есіл атауының бірінші сыңарындағы *ес* сөзін көне түркі тіліндегі *jasi* «дала», *jazi* «тегіс, жазық», өзбек тіліндегі *яш* «жазық», түркімен, әзірбайжан тілдеріндегі *язи, язын* «дала», «жазық» сөздері ғасырлар бойы айтыла келе тілімізде *ес* тұлғасында қатты дыбыстық өзгеріске түссе, екінші құрамдағы оның *-ыл, -іл, -ел* сыңарларын морфема деп қарамай, «ылғал», «саз», «су» мәніндегі көне сөз ретінде қабылдап, *Есіл* «кең дала, жазық жердегі суы мол, үлкен өзен» деген мағынада қойылған атау деген тоқтамға келеді [3].

Махмұд Қашғаридың сөздігінде «есіл» және «ешіл» деген сөздер кездеседі. Біріншісі «суы аз» дегенді білдірсе, екіншісі «ұзын» деген мағынаны білдіреді. Екі мәнді де Есілге қатысты қолдануға болады, егер бірінші мағынада өзеннің кейбір жерлерінде суының аздығы туралы айтса, екінші мағынада өзеннің ұзындығын білдіреді.

Жоғарыда аталған өзендермен бастауы бір, шыққан жері ортақ *Аягөз, Бақанас, Тоқырауын, Былқылдақ, Қаратал, Қаршығалы, Жіңішке, Жәмші, Мойынты, Сарысу, Сарыкеңгір, Қаракеңгір* сияқты жылғасы мол, суы тұщы өзендер кереғар бағытта, оңтүстікке қарай жамырай ағып жатыр [6]. Аягөз атауының шығу төркіні туралы ғалымдар пікірлері әр ұдай. С. Нұрқанов пен Е. Қойшыбаев сынды ғалымдар «*Ай* – тайпа аты, *гөз* (гүз, үгүз) – өзен мәніндегі атау» – десе, А. Әбдірахманов пікірінше: «*Ай* (ай, жақсы, кіші) + *угуз* (өзен, су) > *Айугуз* > *Аягөз*». Т. Жанұзақ та атаудың екінші құрамындағы *гөз* сөзінің көне түркі тіліндегі *үгүз, гүз, гөз* «өзен» деген сөз екендігін қолдайды. Ал, оның бірінші құрамындағы *ай* – «тайпа» дегеннен гөрі, тіліміздегі *ая* – «жақсы», «әсем», «әдемі» сөзіне етене жақын деп топшылайды. Ғалым пайымдай келе, *Аягөз* «жақсы, әдемі, ерекше өзен» деген мәнде қойылған деген пікірде [3].

Сарыарқаның топонимикалық жүйесі алуан түрлілігімен, сан қабаттылығымен ерекшеленеді. Ежелгі топонимдердің ішінде өзен атаулары ең тұрақты болып табылатынын белгілі ғалым Э.Мурзаев

жазған болатын. Сондықтан өзен-көл атауларын талдауда ежелгі дәуірдің мұрасын кездестіруіміз мүмкін. Екіншіден, уақыт өте келе бұрынғы топонимдер жаңа дәуірге өту барысында не толығымен жоғалып, не болмаса атаулық, тіптен мағыналық өзгеріске ұшырайды [1].

Сарыарқа гидронимдерінің қалыптасу ерекшеліктері әркелкі болып келеді. Аумақтың гидронимиялық атауларын жергілікті жердің фаунасы мен флорасына қатысты қойылған атаулар, өзеннің нақтылы өзіне тән қасиеттерін және жеке ерекшеліктерін білдіретін атаулар, метафоралық атаулар және белгілі бір тарихи оқиғалар нәтижесінде қалыптасқан атаулар жүйесі құрайды. Сондай-ақ, өзен-көл атауларында ру, тайпа, адам есімдері де жиі ұшырасады. Бұл жалпы қазақ топонимиясында жиі кездесетін үрдіс. Қазақ халқы су нысандарының физикалық-географиялық ерекшеліктеріне (жер бедері, климаты, топырақ, өсімдік жамылғысы) жануарлар дүниесіне ертеден назар аударып, ат қойып (номинация), шаруашылық үшін қажетті маңызды белгісіне қарап ажырата білген. Сонымен қатар өзендердің көпшілігі көктемде тасып, жылдың басқа мерзімінде су деңгейі төмендеп отыратын ерекшеліктері гидрографиялық атауларда көрініс тапқан. Потомонимдердегі индикатор-терминдердің кейбіреулері (еспе, мұқыр, өзек) өзендердегі су режимінің маусым бойынша тұрақсыздығын бейнелейді.

Еспе атауы жіңішке жартасты, тар, терең аңғардан ағып шыққан өзенді білдіреді. Ғ. Қоңқашпаев еспе терминін көктемгі су тасу кезінде арнасын қатты шайып, жазда тартылып жылымдарға (қарасу) айналып кететін өзен ретінде қарастырады [5]. Зерттеліп отырған аймақта Шалқар алабына жататын *Қараеспе* деп аталатын құрғақ арна бар. Арнасымен көктемде 7...10 күндей ағын болады. Арнасы тік жар, қар суымен қоректенетін бұл арна Шолақнұра тауынан басталып, *Теріскенеспеге* құяды. Теріскенеспе теріскен шөбі өсетін құрғап қалатын өзен мәніндегі атау. Өзен көктемде тасиды, жазда иірім қарасуларға бөлінеді. Жауын-шашын тапшы жылдары арнасы кеуіп қалады. Ірі салалары – Қарасу, Ақсай, Тереңсай, Еспесай [8].

«*Мұқыр*» сөзі әртүрлі нысандарға ортақ атау болып табылады. Мұқыр сөзі әртүрлі нысандарға ортақ атау болып табылады. Оронимдерде оның аласа екендігін білдіреді. П.С. Паллас, А.И. Левшин еңбектерінде «мукор» қалмақ сөзі жылғаның қып-қысқа атына сай келетінін атап көрсетеді. *Өзек* жергілікті географиялық атауларда кездесетін өзен тармағын немесе ескі арнаны атайды. Аймақта *Түйеөзек*, *Тереңөзек*, *Майөзек*, *Қуөзек*, *Ақөзек*, *Қараөзек*, *Көкөзек*, *Сарыөзек* атаулары кездеседі. Мұндағы кейбір атаулар түстен басқа жер бедері, суының қасиеті арқылы

ерекшеленіп отыр. Е. Қойшыбаев түсті білдіретін ақ, қара, жирен, ала, көк, сары сөздерінің түстен басқа өзіндік мағынаға ие екендігін дәлелдеді [5]. «Қара» сөзі кейде өзінің тура мағынасында заттың түр-түсін білдірсе, кейде «үлкен, зор» деген мағынаны білдіреді. О.А. Султаньяев еңбектерінен «Наиболее обычно прилагательное **кара**, имеющее в казахском языке три основных значения: черный, темный, густой: *Караоткель* «черный брод», *Караунгур* «темная пещера», *Караагаш* «густой лес» и др.» деген пікірін кездестіруге болады. Ал, географ, гляциолог Н.Н. Пальгов бойынша «қара» сөзі бұл өзеннің грунт суларымен қоректенетінін білдіреді. Қазақстанда грунт алаптары көне кристалл жыныстар кең тараған Сарыарқа аймағында және құмды өңірлерде кездеседі. Ол бұл туралы былай деп жазады: «В Казахстане есть и еще один вид рек, который распространен на равнинах, но по режиму отличается от типичных равнинных рек. Казахское население дало этим рекам название **Карасу** («черная вода») в отличие от горных рек, которые называются здесь **Аксу** («белая вода») [7]. Сарыарқа аймағында *Қарабұлақ*, *Қаракөл*, *Қараөзек*, *Қарасоркөл* сияқты «қара» сөзіне қатысты гидронимдер өте көп кездеседі. Керісінше, «ақ» сөзі оронимдерде (Ақжар, Ақтөбе) заттың түсін білдірсе, *Ақкөл*, *Ақбұлақ*, *Ақсу* секілді гидронимдерде судың тазалығын, мөлдірлігін білдірсе керек.

Географиялық атауларда «ақ», «қара» сөздерінен бөлек, «қызыл», «сары», «жасыл», «көк», «қоңыр» тіркестері де жиі кездеседі. Өзен-көл атауларында бұл түстерді пайдаланудың өзіндік себептері бар: жер жыныстарының түсі, өзен ағып жатқан жердің түсі. О.Л. Султаньяевтың осы тақырыптағы мақаласында ауыл тұрғындары «*Жасыл*» атты көлдің атауы жағасында жасыл шөптердің өсіп тұруына байланысты осылай аталғандығын, ал, «қоңыр» тіркесі суының түсі лас, бұлыңғыр көл атауына тән екендігімен түсіндіргендігін жазады [7]. «Көк» сөзі судың түсін білдіруде жиі қолданылады. Мұндай өзен-көлдер біршама алыстан қарағанда қаракөк, кейде жарық сәуле арқылы шағылысып көгілдір болып көрінуі мүмкін. Көк-жасыл өсімдіктер көбейген маусымдарда су жасыл, көкшіл және басқа түстерге боялғандай әсер қалдырады. Бұл құбылысты судың «көктенуі» деп атайды [5]. Сонымен қатар топонимдер құрамындағы «сары» сөзі белгілі топонимист Т. Жанұзактың пайымдауынша, «түр», «түс» мағынасынан бөлек, «үлкен ірі, зор» мәнінде қолданылады. Осыған ден қойсақ, Сарыарқадағы ірі өзендердің бірі *Сарысу* өзені «үлкен, ірі өзен» деген мағынаға толық сай келетіндей. Яғни өзен суының молдығы мен ұзақ жерге ағуына байланысты болса керек. Бұл өзен сары даланы бойлай ағады да, Бетпақдала шөлейтіне сіңіп кетеді.

Жоғарғы және төменгі ағыстары шілдеден қаңтарға дейін құрғап қалады. Негізінен ішуге және жер суландыруға пайдаланылады [3].

Сондай-ақ «көлдер уақытша су жетіспеушілігінен сортаңға айналады. Тұзды балшық болып келетін олардың ылғал беттеріне көп мөлшерде тұз жинақталады. Бұл сортаңдардың көп бөлігінде өсімдіктер жойылған, кейде тұздары қызғылт, сары, қоңыр түсті болып келеді. Бұларды *сор* деп атайды. Осыдан-ақ *Ақсор*, *Сарысор*, *Қарасор* топонимдерінің заттың түсіне байланысты айтылғандығы түсінікті» деп тағы бір мәрте нақтылап өтті [7].

Өзен-көлдер ұзындық-қысқалығы, пішіні, тереңдігі, аумағы, көлемі арқылы да номинацияланады. Сарыарқа аумағына жататын Көкше жерінен *Қылшақты* өзені өз бастауын алып, аймақ бойындағы Көкшетау қаласы арқылы ағып өтіп, Қопа көліне құяды. Ел арасында бұл туралы «Абылай ханның қылышы өзеннің ағысымен ағып кеткен соң, бұл өзенді халық «Қылыш ақты» деп атап кетті» деген аңыз да бар. Дегенмен біз тарихшы ғалым Б.Б. Садуақастың «Қылшақты өзені атауының шығуы ерте кезде, мүмкін, алыстан қыл сияқты жіңішкеріп көрінгендіктен, «Қыл сияқты» деп, кейін айтылуы өзгеріп, «*Қылшақты*» аталуы да ғажап емес. Қазіргі кезде де өзеннің бастауына алыстан қарағанда, Қылшақты нәзік қыл сияқты көрінеді» – деген пікірін орынды деп ойлаймыз. Филолог ғалым А. Абсадық да бұл пікірді растайды. Ол «Қылшақты» деген сөз «жіңішке» дегенді білдіретінін, сол сияқты Балқашқа құятын «Мойынты» өзені де «мойын» сияқты жіңішке дегенді білдіретінін айтып өтті.

Сарыарқа өңірінің жер бедері жылдар бойы табиғи және антропогендік күштердің әсерінен түрлі өзгерістерге ұшыраған. Соның нәтижесінде пайда болған жер бедерінің өзіндік ерекшеліктері гидрографиялық атауларда көрініс тапқан. Өзен-көл атауларында орогидрографиялық *сай* термині жиі кездеседі. Э.М. Мурзаев «сай» лексемасының мағынасын малтатас шөгіндісі, тайыз жер, құрғақ арна, жырадағы жылға, өзек мағынасында қарастырып, барлық түркі тілдес халықтарда кездесетінін, орыстың ғылыми әдебиеттерінде жиі қолданылатынын атап көрсеткен. Ал, Ғ. Сағидолдақызы қазақ тіліндегі «екі таудың арасы, биік шатқал» мәніндегі сай орографиялық терминімен монғол тіліндегі «сайр» - өзен, судың тарамдары биік таулар арасын бөліп жатқан сайлар мағынасындағы *салаа* сөздері қосарлана келіп қазақ тілінде *сай-сала* деген дербес терминдегі сала лексемасын монғол тілінен енген кірме сөз ретінде қарастырады. Е. Керімбаев гидрографиялық сай термині орографиялық негізде қалыптасып, лексеманың ұзақ эволюциялық процеске ұшырап, тасты жазық, арна, өзен, жылға т.б. мағынаны білдіретінін және

олардың жер бедерінің төменгі бөлігінен ағып шығып өзара байланыста жатқанын айтады [5]. *Сай* сөзі көбіне бұрын су болып, кейін құрғап қалған нысандарға қатысты айтылады. Олар жеке ерекшеліктеріне қарай *Ащысай, Тереңсай, Шұқырсай, Шолақсай, Борлысай, Кебірсай*, өсімдік жамылғысына қарай *Қарағандысай, Көкпексай, Көксай, Қияқсай, Шилісай* деп аталса, кейде метафоралық сипатта *Күбісай, Итауызсай* деп аталатын орогидрографиялық нысандар кездеседі.

Көптеген гидрогеографиялық нысандардың құрамында *ащы* термині кездеседі: Ащы, Ащысай, Ащыбұлақ т.б. Ащылар су, көл маңындағы тұз бен ылғал сүйгіш өсімдіктерге бай, мал жайылымы болып табылатын жерлер. А.Е. Жартыбаевтың пікірінше, қазақ халқы су көздерінің жарамды, жарамсыздығын ескеріп, қай шөптің қай түлікке жұғымдылығын ежелден-ақ аңғарған. Ащы термині жайылымның ерекшелігін, суының тұздылық дәрежесін бейнелейтін гидронимдер құрамында жиі кездеседі. Жері тұзды, ащылы келетін өңірлер қыста қарсыз болады. Сондықтан да ондай жерлерге қой мен ешкі түлігі күз бен қыс айларында жайылады. Ащылы жерлер мал қоңын жылдам көтереді. Ащы сор, сортаңды жерлерге тікенек тұқымдас көп жылдық өсімдіктер өседі. Ондай жерлерге түйе түлігін өсіреді. Сырттай қарағанда ащы геотерминіне қатысты топонимдер ащы сулы, сортаңды жерлер ұғымын білдіретіндей көрінгенмен, А.Е. Жартыбаев олардың әрбір геообъектіге қатысты ерекшеліктерді дәл таңбалай алуға қабілетті келетінін де жоққа шығармайды. Мысалы: Ащылысай мен Ащылыөзек топонимдерінің құрамындағы сай мен өзек индикатор-терминдері сайға қарағанда өзекте судың көптігін, өзекке қарағанда сайдың тереңдігі мен ондағы өсімдіктер дүниесінің молдығын білдіріп тұрады. Ал Ащықарасу лимнонимі жан-жағы жазық, шөптесінді, суы тұзды, жазғы немесе көктемгі уақытта мал жайылымы ұғымында қолданылады. Сарыарқа аймағындағы Орталық Қазақстанда көктем айларында ғана тасып ағатын өзендердің сағаларында жиналып қалған, көлшікке ұқсас су қорлары мен кейбір батпақты, балшықты жерлерге жиналған ағынсыз көлшіктерді білдіреді. Мұндай сулар тек мал суаруға болмаса адамның ішуіне жарамайды. Кейде оның соңғы түрлері *қақ* деп те атала береді. Ал Орталық Қазақстанның оңтүстік-батысындағы шөлщді, жартылай шөлейтті далаларындағы айналасы бетегелі, жусанды, тораңғылы келетін тақыр мен шұңқырларға жиналған қақтардың түбі тұщы болады. Ондай жерлер негізінен сол жерді жайлаған рулар немесе жеке адамдар есімдері мен топырақ түсуіне байланысты аталады: *Шортанбайқағы, Сәдірбекқағы, Қызылқақ, Қарақақ* т.б. Қақ – көктем айларында ойпаң жерлерде жиналып қалған еріген қар суымен,

жаңбырмен толығып отыратын жайпақ, таяз көлдер. Жаз айларында құрғап, тақырға айналып кетеді. Сондықтан да кейбір тақыр геотерминіне қатысты атаулар қак, қарасу ұғымын да білдіре береді [4]. Павлодар облысы аумағында орналасқан *Қызылқақ көлі* туралы облыстың тұзды көлдерін зерттеген ғалым Е.В.Посохов: «Қызылқақ көлінің жағалауы жарлы, биіктігі 5 м, қызыл-қоңыр сазды және құмды жыныстардан қалыптасқан. Көлге жан-жақтан көптеген жырасайлар құяды да, жаз айларында арналары құрғап қалады. Төре ауылының маңында ағып шығатын жыра суы жаз бойы көлге құйып жатады. Су ағып шығатын жерде борпылдақ қызыл лай батпақты темір қабықшасы пайда болған» - деп жазады. Жергілікті қазақтар суы ащы, кермектілігі жоғары, батпағы қызғылтым болғандықтан көлге осындай атау берген [5].

Ашылыайрық гидронимі құрамындағы айрық компоненті Э.М. Мурзаев пікірінше, «өзеннің тарамданған, айрылған, айрылып кеткен жері». Осы айыр, айрық, араг, арак географиялық терминдерін монғ. адар, қаз. *адыр* формаларының географиялық апеллатив лексикамен этимологиялық байланыста екендігін айта келіп, профессор Е. Керімбаев «көне түркі тілінде адір лексемасы «бөліну», «тармақтану», «айыр» мағынасында айтылып, лексиканың семантикалық эволюциясының негізі болып, қазіргі географиялық апеллативті лексика қатарында түркі орографиялық атауларында мағынасы «тау», «бұйрат», «төбелі жер», «тау алды» және гидрогеографиялық атауларда «су айрық», «өзен тармағы», «жылға», «ағын», «екі айрылған өзен» мағынасында қарастырады. Орфографиялық «адыр» терминінің гидронимдік жағына ығысуы лексеманың фонетикалық д/и дыбыстарының тарихи алмасуы нәтижесінде пайда болған» деген қорытынды жасайды. Яғни ащы лексемасының қатысы арқылы жасалған бұл гидроним «жағалаулары өсімдік дүниесіне бай, мал жаюға жайлы, бір арнадан басталып, екі сағаға бөлінген өзен» деген мағынаны білдірмек [4].

Көл термині барлық түркі тілі кеңістігінде кең таралған терминологиялық элемент. Сонымен қатар парсы тілі, кавказ халықтарында кездестіруге болады. Ізденіс барысында аумақта орналасқан көлдердің басым бөлігінің атауы «көл» термині арқылы жасалғаны анықталды. Сарыарқа көлдерінің ішінде жалпы көлемі мен ұзындығы жағынан ірі саналатын көлдер: Ақмола облысында - Қарасор, Қалибек, Теке, Шалқар, Сілетітеңіз, Теңіз, Павлодар облысында-Қызылтұз, Қызылқақ, Жасыбай. Орталық Қазақстанның оңтүстік шығысында Балқаш көлі орналасса, қалған аумағында (Қарасор, Қыпшақ және т.б.) ұсақ көлдер кездеседі. Олардың дені ащы көлдер.

Көкше тауының шығыс баурайында өткен 20 ғасырда тек қана орысша «Боровое», «Голубой залив» деп аталған Бурабай көлі бар. Бұл көлге Әуликөл, Ұлыкөл, Күміскөл, Қарағайлы атаулары бірге қолданылады. Әуликөл, Ұлыкөл атаулары «қасиетті, киелі» деген мағынада болса, Күміскөл суының мөлдірлігіне, тазалығына қарай, «күмістей таза, әдемі» дегенді білдірсе керек. Көлді айнала қарағай өскен. Көлдің «Қарағайлы» деп аталуы да сондықтан. «Жан-жануар» концептісі арқылы номинацияланған атауларға Шортанды, Кіші Шабакты, Үлкен Шабакты көлдері жатады. Шортанды көлі Көкше өңіріндегі ең терең көл саналса, Үлкен Шабакты ең таза, мөлдір көл. Көлдің тазалығы соншалық таңертең және кеште белгілі бір уақытта айналаның барлық әдемілігі көлдің бетінде айна тәрізді жылтырап көрінеді екен. Сол себепті бұл көлді Айнакөл деп те атаған [2].

Зерттеу нәтижесінде Сарыарқаның гидронимиялық жүйесінің қалыптасу заңдылықтары әр алуан екендігі байқалды. Жергілікті халық су нысандарын номинациялауда түрлі факторларға сүйене отырып, өзен-көлдің жеке ерекшеліктеріне сай атау бергендігіне көз жеткіздік.

1) Өзен-көлдің орналасқан жерінің ландшафынан ақпарат беретін орографиялық *сай, ой, өзек, сор, құм, жар, тас, тау* т.б. терминдер арқылы жасалған гидронимдер. Мысалы: Құмдыкөл, Жарлыкөл, Теректісор, Имантау, Тасшалқар, Талдысай, Талдыөзек т.б.

2) Пішіні, көлемі, тереңдігіне байланысты қойылған атаулар: Дөңгелеккөл, Теренсай, Шалқар, Ұзынкөл, Шолаққарасу т.б.

3) Судың жеке қасиеттеріне (ашы-тұщылығы, түр-түсі, тазалығы) байланысты аталған атаулар: Ащысор, Тұщысу, Жалтыркөл, Ақкөл, Қарасу. Кейде өзеннің ағысына қарай Сарқырама, Терісаққан т.б.

4) Өсімдік және жануарлар дүниесін бейнелейтін гидронимдер: Аршалы, Өлеңті, Қарағайлы, Шортанды, Балықты т.б.

5) Метафоралық атаулар: Саумалкөл, Айнакөл т.б.

6) Кісі есімінен немесе ру, тайпа аттарынан қойылған атаулар: Керей, Қыпшақ, Қалибекбұлақ, Оразбұлақ т.б.

Мақала ҚРБЖҒМ-нің BR05236868 «Сарыарқаның мәдени мұрасын зерттеу, сақтау және дәріптеу» атты гранттық жоба аясында жазылды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Аршабеков Т., Жакин М., Жұмабеков Ж. Қарағанды облысы Нұра ауданының топонимикалық картасы: тарихи негіздеме. – Қарағанды: «Гласир», 2009. – 220 б.

2. Бекзатқызы И. Зеренді, Бурабай аудандарының топонимикасы (далалы-этнографиялық зерттеу материалдары негізінде) // Ұлы дала мұралары. – Астана. – 2017. Шығ. 1. – Б. 232-239.
3. Жанұзақ Т. Қазақ ономастикасы. Атаулар сыры 3. – Алматы: Дайк-Пресс, 2007. – 524 б.
4. Жартыбаев А.Е. Орталық Қазақстан аймақтық топонимикасы. – Қарағанды: «Болашақ баспа», 2008. – 379 б.
5. Сапаров Қ.Т. Павлодар облысының топонимикалық кеңістігі. – Павлода.: «ЭКО» ҒӨФ, 2007. – 308 б.
6. Сапаров Қ.Т. Сарыарқа топонимиясының жер бетіндегі көрінісі // Гидрометеорология және экология. – Алматы. – 2010. – №2 – Б. 137-144.
7. Султаньяев О.Л. Принципы номинации в казахской топонимике Кокчетавской области // Ученые записки УрГУ. Серия филологическая. – 1971. – Вып. 18. – С. 62-72.
8. Ұлытау-Жезқазған өңірінің жер-су атаулары. / Жау. ред. Б.Ә. Айқынбай, Ғ.Е. Ештанаев. – Алматы: Эверо, 2007. – 220 б.

Поступила 9.08.2018

И. Бекзатқызы

ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОНИМОВ В ТОПОНИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ САРЫАРКИ

Ключевые слова: география, история, лингвистика, топонимика, топоним, гидроним, географические названия, индикатор-термин, семантика, река, озеро

Статья посвящена гидронимам одному из исторических регионов Казахстана – Сарыарке. В статье рассматривается закономерности топонимической науки, ее связь с такими отраслями наук как география, история, лингвистика и особенности топонимической системы Сарыарки. Также, отмечается о периодах возникновения названий рек, озер и об их происхождении. Особое внимание уделено на индикатор-терминов, используемых в номинировании водных объектов и их роли в формировании гидрографических названий. В результате исследования установлено, что множество региональных гидронимов образованы на основании казахского языка, некоторые относятся к древним языковым формам. Кроме того в статье проведен сравнительный анализ названий некоторых рек, озер с семантической точки зрения. Исследование гидронимов Сарыарки позволит получить больше информации о древней истории, географических особенностей региона, ознакомиться с историческими этно-

графическими сведениями о культуре, обычаях, обрядах и традициях народов древних времен. В ходе написания статьи также были использованы материалы полевой этнографической экспедиции.

Bekzatkyzy I.

HYDRONYM FORMATION IN SARYARKA TOPONYMIC SYSTEM

Keywords: geography, history, linguistics, toponymy, toponym, hydronym, geographical names, indicator-term, semantics, river, lake

This article contemplates hydronyms, in particular, one of Kazakhstan's historical regions – Saryarka. The article examines regularities of toponymic science, its relations with such fields of science as geography, history and linguistics, as well as special characteristics of Saryarka toponymic system. Additionally, it remarks on periods of formation of rivers and lakes, as well as their origins. Special attention is paid to the indicator terms used to designate bodies of water and their role in forming hydrographic names. As a result of the research, it was established that a multitude of regional hydronyms had been formed on the basis of Kazakh language; some of them are related to the ancient language forms. Moreover, the article contains comparative analysis of names of some rivers and lakes from the semantic point of view. Saryarka hydronyms research will allow us to discover more information on the ancient history and geographical features of the region, to learn about the historical ethnographic data on culture, customs, rites and traditions of the peoples from the ancient times. Materials of a field ethnographic expedition have been used in the course of this article's writing process.

УДК 550.379

Т.А. Мингалева¹
Канд. геол.-мин. наук Н.П. Сенчина¹
Канд. техн. наук А.А. Миллер¹

КАРТИРОВАНИЕ УЧАСТКА РАЗЛИВА НЕФТИ МЕТОДАМИ ЕП И ИЭМП

Ключевые слова: разлив нефти, углеводороды, загрязнение, ИЭМП, ЕП, экологическая геофизика, электроразведка

Представленный материал является результатом исследования следов нефтяного разлива, произошедшего в 2016 г. в г. Колпино рядом с рекой Большая Ижорка. В статье предоставлены данные, полученные измерениями при помощи методов электроразведки: метода естественного поля (ЕП) и метода измерения электропроводности массива горных пород (ИЭМП). На основании результатов метода ИЭМП построена карта распределения удельной проводимости выбранной территории. По данным площадных исследований места загрязнения углеводородами отличаются повышенными значениями проводимости по сравнению с окружающими участками. Также нефть и нефтепродукты отмечаются повышением потенциала ЕП в разрезе и вдоль профиля. Выявлены нарушения при рекультивации и обозначены их возможные последствия.

Введение. В настоящее время значительное внимание уделяется вопросам экологии окружающей среды, особенно проблемам, связанным с загрязнением водоёмов и почв нефтепродуктами и нефтью. Из-за проникновения нефти в грунт страдает растительность и некоторая часть фауны. Через грунтовые воды нефть может попасть в питьевую воду жителей близлежащих населённых пунктов, что негативно сказывается на здоровье.

Загрязнение нефтью происходит при добыче, переработке и транспортировке нефтепродуктов, в результате разрыва нефтепроводов на территориях нефтеперерабатывающих заводов. Поэтому на сегодняшний день важно определить границы территории, где произошёл разлив нефти, предоставить прогноз распространения его по площади и на глубину, а также своевременно ликвидировать. Для указанных целей производится

¹ Санкт-Петербургский горный университет, Россия

картирование участков разлива нефтепродуктов при помощи геофизических методов.

Обзор методов, применяемых для решения задач картирования участков разлива углеводородов. Одними из наиболее быстрых и действенных способов нахождения нефтяных разливов являются методы геофизики. Их преимущество заключается в возможности оконтуривания зоны загрязнения нефтью или нефтяными продуктами, а также в возможности оценки мощности и глубины проникновения загрязнения, выявление слоя глин, являющегося «экраном» для продвижения области загрязнения, и нахождения уровня грунтовых вод. Поиск зон загрязнения нефтью чаще всего проводят методами электроразведки. При попадании нефти в грунт наблюдается повышенное сопротивление. Однако спустя некоторое время под влиянием биодеградации нефти формируется повышенная проводимость, по сравнению с окружающим грунтом за счёт возникновения в порах проводящих биоплёнок (скоплений трансформирующих нефть бактерий) [6]. По величине кажущегося удельного электрического сопротивления, полученного в результате измерений, можно довольно быстро оценить физическое состояние геологической среды, а также найти расположение объекта загрязнения и подвергшиеся загрязнению породы в плане и в разрезе. Основными методами нахождения загрязнений, связанными с нефтью, являются методы естественного поля (ЕП), вызванной поляризации (ВП); методы сопротивлений, включая электропрофилирование (ЭП), вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и радиоволновое профилирование (РВП), также возможно применение термометрии и инфракрасных тепловых съёмок [1].

Грунты, загрязнённые нефтью, имеют низкую диэлектрическую проницаемость ($\epsilon = 7 \dots 10$) по сравнению с влагонасыщенными породами ($\epsilon = 20 \dots 35$), но повышенную, если сравнивать с сухими породами ($\epsilon = 2 \dots 4$). [10] Это позволяет выполнять поиски загрязнённых мест при помощи георадиолокации.

Часто используемым методом в инженерной и экологической геофизике является метод ВП в модификации томографического зондирования, позволяющий проследить объект на детальных вертикальных двумерных разрезах. Химические процессы, возникающие в содержащих углеводороды горных породах, при определённых условиях образуют включения с электронной проводимостью. Это способствует применению помимо метода ВП, также метода ЕП, для решения экологических задач при загрязнениях углеводородами.

Участок нефтеразлива в г. Колпино. Исследуемый в работе участок нефтеразлива был обнаружен в 2016 г. «Нефтяные пятна, мазут и грязь всплывают в реке Большой Ижорке регулярно. Дальше загрязненная и зараженная вода идет в Ижору, Неву и Финский залив» [2, 4].

Площадь проведения работ располагается в г. Колпино (пригород Санкт-Петербурга) в восточном окончании улицы Механической рядом с рекой Большая Ижорка (рис. 1). После нефтеразлива была произведена рекультивация загрязненной территории, однако следы нефти и её продуктов обнаруживаются, но на поверхности имеют локальный характер.

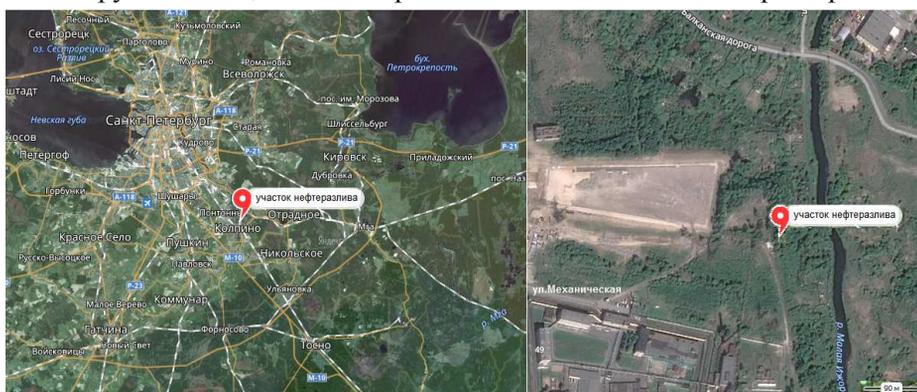


Рис. 1. Схема участка разлива углеводородов (г. Колпино, ул. Механическая).

В июне 2018 г. выполнен определенный объем работ методами ИЭМП, ЕП на участке нефтеразлива с целью определения эффективности указанных методик в решении геоэкологических задач.

Методика и аппаратура. Метод ИЭМП (измерение электропроводности массива пород) предназначен для изучения электрических свойств пород в естественном залегании. Его цель выявление и прослеживание ареалов засоления почв и подпочвенных горизонтов, оценка степени засоления, выявление приповерхностных источников засоления и других неоднородностей электропроводности. Исследования методом ИЭМП возможны до глубины 1,0...1,5 м. Области загрязнения почв нефтепродуктами прослеживаются по распределениям электропроводности на площади исследования.

При проведении работ данным методом использован прибор с соответствующим названием ИЭМП, состоящий из антенного блока и пульта. Антенный блок содержит систему плоских катушек, закрепленных на жестком основании и электронные блоки – генераторный и усилительный.

Принцип работы прибора основан на том, что переменное электромагнитное поле генераторной катушки частотой 140 ± 5 кГц, возбуждает в земле вихревые токи. Поле вихревых токов создаёт ЭДС (электро-

движущую силу) на зажимах измерительной и компенсационной катушек. Сигналы с обеих катушек складываются с обратным знаком на трансформаторе. Сигнал с трансформатора, пропорциональный электрической проводимости пород, усиливается, выпрямляется и по соединительному кабелю поступает на пульт прибора. Некомпенсированная часть сигнала прибора в воздухе уменьшается с помощью дискретного компенсатора поляризации, затем сигнал поступает на стрелочный индикатор [7].

Метод естественного электрического поля (ЕП) основан на изучении локальных электрических полей, которые возникают в горных породах из-за окислительно-восстановительных, адсорбционных и фильтрационных явлений. Глубинность метода, как правило, принимается ограниченной сотней метров [1].

В ходе измерений данным методом использованы два неполяризующихся электрода и милливольтметр постоянного тока с высоким входным сопротивлением. Знак аномалии ЕП имеет важное значение для понимания её геологической природы, соответственно неподвижный базовый электрод (расположен в орестностях пунктов измерения в свободной от аномалий области) подключён к отрицательной клемме мультиметра. Подвижный электрод соответственно подключён к положительной клемме и перемещается по профилям исследования либо по разрезу.

В работе использованы неполяризующиеся свинцово-хлоридные электроды PMS 9000 (компания «SDEC», Франция). Дрейф потенциала электродов составляет около 0,2 мВ в месяц при долгом времени «жизни» электрода (10...15 лет) и минимальном требуемом обслуживании [12].

Методом ИЭМП изучены профили ПР 1 – ПР 4 (рис. 2). Профили ПР 1 – ПР 3 расположены в крест простираемого предполагаемого нефтяного загрязнения. Профиль ПР 4 расположен ортогонально профилям ПР 1 – ПР 3. Пикеты расставлены с шагом 0,75 м.

Методом ЕП исследован профиль ПР 1 и разрез в точке А (рис. 2, 3) до глубины 0,5 м. Расстояние между пикетами выбрано 0,75 м для удобства сопоставления с результатами ИЭМП. Для изучения разреза в точке А измерения проведены с шагом 10 см для оценки взаимосвязи аномалий потенциала ЕП и расположения горизонтов загрязнения грунтов нефтепродуктами.

Стоит отметить, что система профилей захватывает территорию за пределами, найденных на поверхности пятен мазута и других нефтепродуктов для дальнейшего картирования площадки и прогнозирования распространения нефтяного загрязнения.

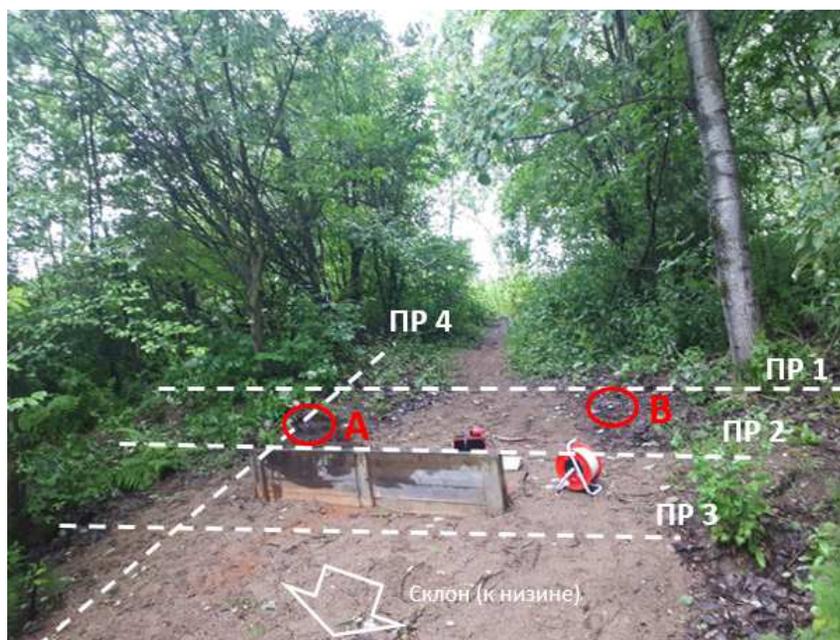


Рис. 2. Схема расположения профилей. Детальные фото, полученные при вскрытии верхнего слоя земли в точках А и В показаны на рис. 3.



Рис. 3. Визуально определяемые следы нефтяного загрязнения. Слева – прослойки, линзы мазута, битума на поверхности и на глубине около 15...20 см (точка А на рис. 2). Справа – загрязненный нефтью слой грунта на глубине около 50 см под толщей гравия (видимо, отсыпанного для скрытия загрязнения) (точка В на рис. 2).

В ходе выполнения измерений методом ЕП на профиле 1 получены довольно интересные результаты (рис. 4). Заметны положительные аномалии в пределах отмеченных на рис. 4 точек А и В. Причем, если в точке А (с амплитудой до 10 мВ) найдены небольшие прослойки битума, то в точке В обнаружен значительный слой загрязненного нефтью грунта (мощностью 10...15 см), однако на большей глубине (амплитуда аномалии составляет более 20 мВ).

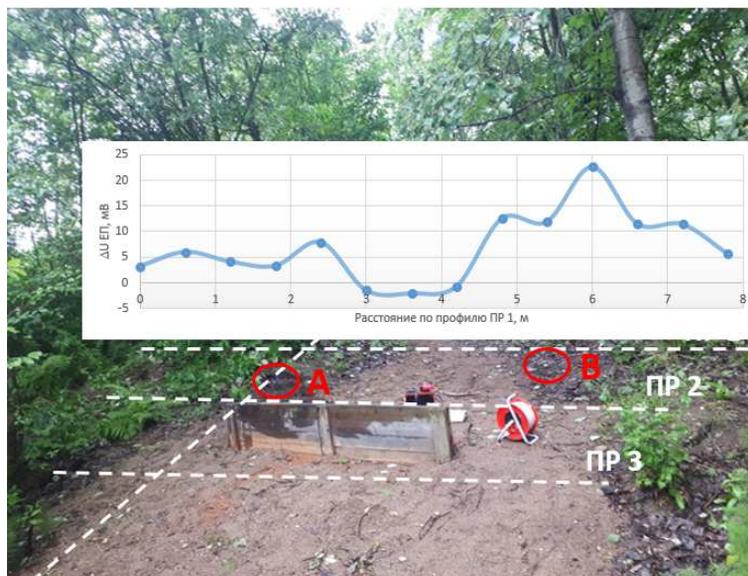


Рис. 4. Результаты ЕП на профиле 1. Максимумы связаны с областями контаминации, минимум наблюдается в месте расположения насыпного грунта.

Стоит отметить, что слева на фотографии (рис. 2) находится небольшой ручей, идущий вниз по склону. Следовательно, можно предположить, что положительную аномалию точки А и В имеют в связи с тем, что грунтовые воды спускаются вниз по течению, образуя места разгрузки. Нефть, также как и грунтовые воды, испытывает разгрузку, постепенно двигаясь к руслу реки, с чем, вероятно, связан положительный знак аномалии потенциала ЕП [11].

Для детального изучения разреза в точке А проведены замеры методом ЕП (рис. 5). Повышенный потенциал ЕП наблюдается в местах расположения прослоек битума.

По данным ИЭМП для профилей ПР 1 – ПР 4 построена площадная карта распределения электропроводности (рис. 6).

На рис. 6 аномалии, связанные с высокими проводимостями, приходятся на область распространения нефтяных загрязнений углеводородами (точки А и В). Так как нефтеразлив произошёл два года назад, можно сделать вывод о том, что нефть, претерпев биологическое и химическое окисление, приобрела высокую проводимость [10]. Грунт, в котором находятся углеводородные загрязнения, имеет хорошие фильтрационные свойства. Поэтому, возможно, часть нефти от источника своего наибольшего скопления спустилась вниз по склону за деревянное ограждение. На

карте распределения проводимости на участке такое загрязнение показано аномалиями жёлтого цвета. Оно особенно заметно ниже по склону относительно точки В.

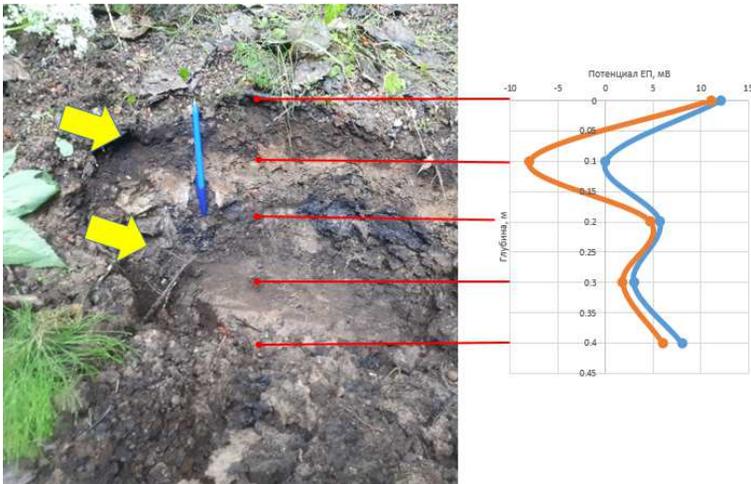


Рис. 5. Результаты ЕП по небольшому разрезу в точке А. Желтыми стрелками отмечены темноокрашенные слои грунта, загрязненные битумом и другими нефтепродуктами.

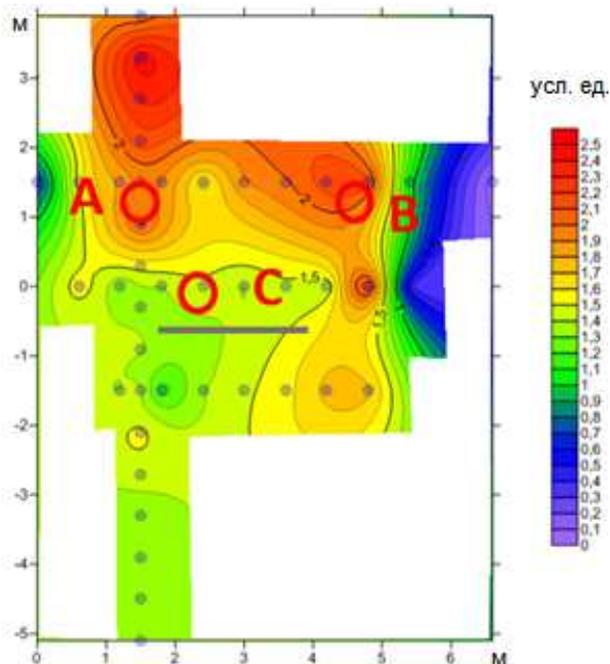


Рис. 6. Результаты ИЭМП на участке нефтеразлива. Серая полоса – деревянное вкопанное ограждение; в точках А, В – обнаружено загрязнение, в точке С – под слоем насыпного грунта обнаружены незагрязненные автохтонные отложения (суглинки).

Выводы. В ходе проведенных измерений на месте нефтеразлива двухлетней давности обнаружены остатки нефти и её продуктов. методами ИЭМП и ЕП определены места наибольшего скопления нефти, а также её распространение на изучаемой площадке. Данным исследованием подтверждено некачественное проведение рекультивации территории после появления экологической проблемы. При высоком содержании нефтепродуктов почва может стать водо- и воздухонепроницаемой, потеряв плодородие [5]. Страдает не только почва, но и растительный и животный мир. Однако, стоит отметить, что на месте расположения приповерхностных линз битумов заметна слабая растительность (сныть, злаковые). Вероятно, данные растения приспособились к сложившимся экологическим условиям.

В соответствии с ГОСТом Р 57447-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения», пунктом 8.2 «Технический этап рекультивации земель и земельных участков, загрязнённых нефтью» помимо сбора нефти с поверхности земли необходимо обеспечить условия, ограничивающие попадание оставшихся нефтепродуктов в водоёмы через грунтовые воды. Указанные рекомендации не выполнены. Как видно (рис. 5), нефтяное загрязнение постепенно спускается вниз по склону, что может в дальнейшем вызвать более существенное загрязнение реки Большая Ижорка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геофизика: учебник / Под ред. В.К. Хмелевского. – 4-е изд. – М.: КДУ, 2015. – 320 с.
2. Мазут стекает в приток Невы с заброшенной промплощадки. [Электрон. ресурс]. <http://activatica.org/problems/view/id/578/title/tonny-nefteproduktov-stekayut-v-reku-izhoru-a-zatem-v-nevu-s-zabroshennoy-promploshchadki> (дата обращения: 1.07.2018).
3. Место нефтепродуктов в современном мире. Влияние загрязнений на почву, растения и водные системы. [Электрон. ресурс]. http://studbooks.net/981680/ekologiya/vliyanie_zagryazneniy_pochvu_rasteniya_vodnye_sistemy (дата обращения: 1.07.2018).
4. Петербургская интернет-газета «Фонтанка.ру». Черная река: как мазут попадает в Неву [Электрон. ресурс]. <https://www.fontanka.ru/2016/07/15/157/> (дата обращения: 1.07.2018).
5. Погорелов Ю.С. Геофизика: пособие для студентов, обучающихся по специальности 130302 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания». – Белгород: Принт-Мастер, 2009. – 56 с.

6. Рыжов А.А., Шевнин В.А., Квон Д.А. ВСЕГИНГЕО, МГУ им. М.В. Ломоносова, Петрофизический подход к данным малоглубинной электроразведки [Электрон. ресурс]. http://mooeago.ru/pluginfile.php/64/mod_book/chapter/8/07_%D0%A8%D0%B5%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BD.pdf (дата обращения: 1.07.2018).
7. Техническое описание и инструкция по эксплуатации АХЖ 2.399.000 ТО. Измеритель электропроводности почвы и массива горных пород ИЭМП. –1991. –11 с.
8. Тюленева В.А., Соляник В.А., Васькина И.В. К вопросу исследования фильтрации нефти в почвах, Сумской государственной университет [Электрон. ресурс]. [www.kdu.edu.ua/statti/2006-2-2\(37\)/110.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-2-2(37)/110.pdf) (дата обращения: 1.07.2018).
9. Шевнин В.А., Делгадо О., Рыжов А.А. Картирование методом сопротивлений нефтяных загрязнений геологической среды // Разведка и охрана недр. – 2004. – № 5. – С. 27-32.
10. Шкабарня Н.Г., Шкабарня Г.Н. Картирование нефтяных загрязнений геологической среды с помощью геофизических методов. Вологдинские чтения, 2008. – С. 163-165.
11. Forté S. and Bentley L. R. Effect of hydrocarbon contamination on streaming potential Near Surface Geophysics, 2013, 11, 75-83 doi: 10.3997/1873-0604.2012057
12. SDEC. Soil Science equipment | Unpolarizable electrodes PMS 9000. [Электрон. ресурс]. <http://www.sdec-france.com/soil-science-equipment-sensor-pms9000.html> (дата обращения: 1.07.2018).

Поступила 5.07.2018

	Т.А. Мингалева
Геол.-мин. ғылымд. канд.	Н.П. Сенчина
Техн. ғылымд. канд.	А.А. Миллер

МҰНАЙ ТАСУ ТІЛЕМІН ТА ЖӘНЕ ЖСЭӨ ӘДІСІМЕН КАРТАЛАУ

Түйінді сөздер: мұнай тасқыны, көмірсутек, ластану, ЖСЭӨ, ТА, экологиялық геофизика, электрлі барлау

Ұсынылған мәлімет 2016 жылы Үлкен Ижорка өзені маңындағы Колтино қаласында болған мұнай тасқынының іздерін зерттеу нәтижелері болып табылады. Мақалада электрлі барлау әдісінің: табиғи алап әдісі (ТА) және тау

жыныстар сілемінің электрөткізгіштігін өлшеу (ЖСЭӨ) әдісі, көмегімен өлшенген мәліметтер келтірілген. ЖСЭӨ әдісі нәтижелерінің негізінде таңдап алынған аумақтың электрөткізгіштігінің таралу картасы тұрғызылды. Алаңдық зертеулер мәліметтері бойынша көмірсутектермен ластанған орындар айналадағы телімдерден жоғары өткізгіштігімен ерекшеленеді. Сонымен қатар мұнай және мұнай өнімдері ТА әлеуетінің профиль қимасында және көлденең бойымен жоғарылауы тіркелген. Қалпына келтіру кезінде қателіктер кеткен және олардың мүмкін зардаптары белгіленді.

T.A. Mingaleva, N.P. Senchina, A.A. Miller

MAPPING OF OIL SPILLAGE AREA USING SP AND MREC METHODS

Keywords: oil spill, hydrocarbons, contamination, MREC, EP, ecological geophysics, electrical exploration

The presented material is the result of studies on the oil spillage area that was formed in 2016 in the city of Kolpino near the river Bolshaya Izhorka. The obtained data are provided by the methods of electrical prospecting: the method of the self-potentials (SP) and the method of the measuring of rock electrical conductivity (MREC) in article. A map of the conductivity distribution of the selected territory was constructed based on the MREC method results. Hydrocarbon contamination shows a high value of conductivity compared to conventional ground according to the area map of the area. Oil and oil products are marked by a increase in the SP measurements in the section and on the map. Infringements at recultivation and possible consequences are revealed.

УДК 551.510.42

Канд. техн. наук Д.К. Нусупов¹
Канд. геогр. наук Э.А. Турсунов¹**ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ БЕРЕГА ОЗ. АЛАКОЛЬ В РАЙОНЕ П. АКШИ И П. КОКТУМА***Ключевые слова:* галечниковый пляж

В статье приводится расчет необходимого объема пляжеобразующего материала для создания свободного искусственного галечникового пляжа.

Современное состояние берега оз. Алаколь в районе п. Коктума и п. Акчи стало результатом увеличения подъема уровня воды в озере. Изменение элементов его водного баланса обусловлено, как изменением климатических характеристик, наблюдаемое в последние годы, так и существенным сокращением площадей орошения с соответствующим уменьшением забора воды из озера. Средний многолетний уровень воды в озере (за период с 1950 по 2014 гг.) равен 348,01 м абс, а за период с 2000 по 2015 год – 350,9 м абс, что более чем на 2,0 м выше. Согласно кривой 1 % обеспеченности уровень озера равен 350,52 м абс. Наивысший уровень воды в озере был зафиксирован в 2013 г. и составил 350,63 м абс., а уровень 1 % обеспеченности наивысших уровней воды в озере составил 350,68 м [1]. В настоящее время происходит процесс формирования берега относительно новых, более высоких уровней воды.

При выборе типа берегозащитных сооружений необходимо учитывать условия литодинамической системы и ограничения, обусловленные требованиями экологии и охраны природы. Так же необходимо обеспечить водообмен и санитарно-гигиенические нормы на акватории расположения сооружений и технико-экономические возможности строительных организаций [2]. Основным и наиболее прогрессивным методом берегоукрепления является сохранение пляжей как важнейших функциональных частей побережья, гасящих энергию волн. При более низких уровнях воды на побережье п. Акши существовали галечниковые пляжи, которые успешно защищали его. Искусственные пляжи создаются как с применением

¹ ТОО «GeoTrack», г. Алматы, Казахстан

естественного обломочного материала (путем отсыпки песка, щебня, гравия и гальки), так и с образованием искусственных покрытий. Искусственные пляжи, образованные из мелкозернистого донного материала, как правило, неустойчивы и требуют ежегодного пополнения.

Проектом предлагается создание пляжа путем отсыпки щебня с диаметром 40...60 мм из карьера, расположенного в 25 км к юго-востоку от п. Коктума и расположенного в бассейне р. Ыргайты. Местный материал не окажет влияние на гидрохимический режим озера, так как используются горные породы, проходя через которые в естественном состоянии формируется минеральный состав поверхностных и подземных вод поступающих в озеро. Гранулометрический состав соответствует естественному галечниковому материалу. Из него сложены многочисленные косы, которые на протяжении многих десятилетий находятся практически в неизменном состоянии, что позволяет исключить потери донного материала искусственного пляжа за счет действия волн и вдольбереговых течений. Необходимое количество материала для создания искусственного пляжа, рассчитывается согласно существующим строительным нормам и правилам [2, 3].

Расчет профиля динамического равновесия галечникового пляжа осуществляется по 4 основным точкам согласно рис. 1.

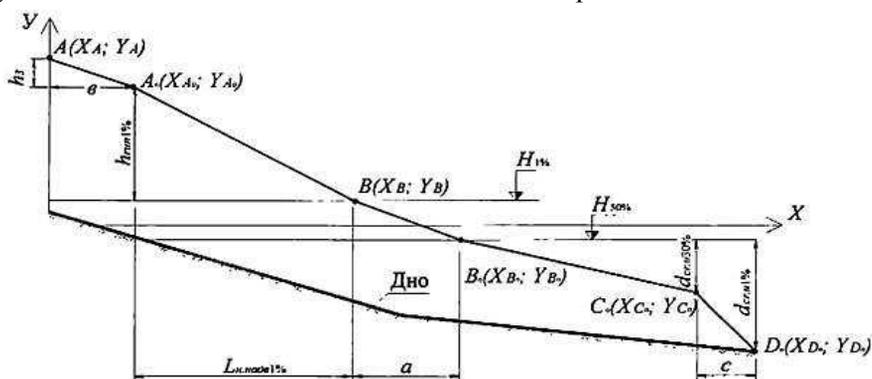


Рис. 1. Схема характерных точек расчетного штормового профиля динамического равновесия галечного пляжа.

A_0 – точка профиля, максимально возможного наката волн (вершина наката); B_0 – точка пересечения штормового профиля с уровнем воды 50 % обеспеченности из средних за год (урез); C_0 – точка, в которой происходит обрушение волн 30 % обеспеченности в системе; D_0 – точка, в которой происходит обрушение волн 1 % обеспеченности в системе.

Рассчитывается объем необходимый для создания гравийно-галечникового пляжа из расчета волны 1 % обеспеченности, т.е. максимальной волны 3,0 м. Производим расчет для искусственного пляжа с соответствующими исходными данными. Высота волны 3 м, период волны $T - 6,5$ с, длина волны 36 м. Волна 30 % обеспеченности имеет высоту 1,22 м, период $T_{30\%} - 3$ с и длину 14 м. Угол подхода волны считаем по нормали к береговой линии, таким образом, исключаем потери энергии волны на рефракцию, соответственно $\cos \alpha_{cru} = 1$.

Расчет надводной части штормового профиля производится при отметке уровня 1 % обеспеченности из наивысших за год, а подводной части – от положения озера 50 % обеспеченности из средних за год.

Координаты характерных точек относительно выбранной системы (положение линии уровня 50 % обеспеченности из средних за год) в абсолютных отметках будут следующие: $A(B, H)$, $A_0(B_{наде}, H_{наде})$, $B(a, h_{1\%})$, $B_0(0, H_{50\%})$, $C_0(B_{подв}, d_{cru, 30\%} + H_{50\%})$, $D_0(L_{н.подв.1\%}, d_{cru, 1\%} + H_{50\%})$, где:

$$B = L_{н.наде.1\%} + a + b, \quad (1)$$

$$B = 2,91 + 12,47 + 4,12 = 19,50 \text{ м};$$

$$H = h_{гит, 1\%} + H_3 + H_{1\%}, \quad (2)$$

$$H = 0,21 + 0,3 + 350,68 = 351,19 \text{ м абс};$$

$$B_{наде} = L_{н.наде.1\%} + a, \quad (3)$$

$$B_{наде} = 12,47 + 2,91 = 15,38 \text{ м};$$

$$H_{наде} = h_{гит, 1\%} + h_{1\%}, \quad (4)$$

$$H_{наде} = 0,21 + 350,68 = 350,89 \text{ м абс};$$

$$B_{подв} = L_{н.подв.1\%} - C, \quad (5)$$

$$B_{подв} = 2,91 - 2,15 = 0,76 \text{ м}.$$

$L_{н.подв.1\%}$ – длина наката волн на надводную часть пляжа, считая от уреза озера при уровне 1 % обеспеченности из наивысших за год:

$$L_{н.наде.1\%} = 2,1 h_{sur 1\%} \sqrt{\frac{\pi \cos \alpha_{cru}}{2 \arctg \sqrt{D_{50\%} / h_{sur 1\%}}}}, \quad (6)$$

$$L_{н. надв 1\%} = 2,1 \cdot 3 \sqrt{\frac{3,14 \cdot 1}{2 \arctg \sqrt{0,05/3}}} = 2,91 \text{ м.}$$

$h_{run 1\%}$ – высота наката волн:

$$h_{run 1\%} = 0,013 h_{sur 1\%} \sqrt{\frac{gT^2}{h_{sur 1\%}}} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cos \alpha_{cru}}{2 \arctg \sqrt{D_{50\%}/h_{sur 1\%}}}}, \quad (7)$$

$$h_{run 1\%} = 0,013 \cdot 3 \cdot \sqrt{\frac{9,8 \cdot 6,5^2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{3,14 \cdot 1}{2 \arctg \sqrt{0,05/3}}} = 0,21 \text{ м.}$$

H_3 – высота запаса пляжа на незатопляемость:

$$H_3 = 0,1 \cdot h_{sur 1\%}, \quad (8)$$

$$H_3 = 0,1 \cdot 3 = 0,3 \text{ м.}$$

a – ширина пляжа при изменении уровня озера от 50 % обеспеченности из средних за год до 1 % обеспеченности из наивысших за год:

$$a = 161,5 (H_{1\%} - H_{50\%}) \cdot \sqrt{\frac{h_{sur 1\%}}{gT^2}}, \quad (9)$$

$$a = 161,5 \cdot (350,68 - 349,72) \cdot \sqrt{\frac{3}{9,8 \cdot 6,5^2}} = 12,47 \text{ м.}$$

e – ширина резервной полки на незатопляемость пляжа:

$$e = 16,5 \cdot h_{sur 1\%} \cdot \sqrt{\frac{h_{sur 1\%}}{gT^2}}, \quad (10)$$

$$e = 16,5 \cdot 3 \cdot \sqrt{\frac{3}{9,8 \cdot 6,5^2}} = 4,12 \text{ м.}$$

$d_{cru 30\%}$ – глубина обрушения волн 30 % обеспеченности в системе, считая на уровень озера 50 % обеспеченности из средних за год за период с 1991 по 2015 гг.:

$$d_{cru 30\%} = -6,1 \cdot h_{sur 30\%} \cdot \sqrt[3]{\frac{h_{sur 30\%}}{gT^2}}, \quad (11)$$

$$d_{cru 30\%} = -6,1 \cdot 1,22 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,22}{9,8 \cdot 3^2}} = 1,78 \text{ м.}$$

$d_{cru 1\%}$ – глубина обрушения волн 1 % обеспеченности в системе, считая на уровень 50 % обеспеченности из средних за год:

$$d_{cru 1\%} = -6,1 \cdot h_{sur 1\%} \cdot \sqrt[3]{\frac{h_{sur 1\%}}{gT^2}}, \quad (12)$$

$$d_{cru 1\%} = -6,1 \cdot 3 \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{9,8 \cdot 6,5^2}} = 3,54 \text{ м.}$$

C – горизонтальное расстояние между точками C_0 и D_0 :

$$C = \frac{30,5}{\sqrt{gT^2}} (h_{sur 1\%}^{4/3} - h_{sur 30\%}^{4/3}), \quad (13)$$

$$C = \frac{30,5}{\sqrt{9,8 \cdot 6,5^2}} \cdot (3^{4/3} - 1,22^{4/3}) = 2,15 \text{ м.}$$

$L_{н. подв. 1\%}$ – длина наката волн в подводной части пляжа, по абсолютной величине равная $L_{н. надв. 1\%}$.

Для расчета строительного профиля искусственного галечного пляжа необходимо определить площадь, заключенную между расчетным профилем относительного динамического равновесия и естественным профилем берегового склона на защищаемом участке побережья. В нашем случае она равна $27,1 \text{ м}^2$. Объем 1 п. м будет соответственно равен $27,1 \text{ м}^3$.

Данный объем увеличивается на 20 % для компенсации объема отсыпаемого карьерного материала при его волновой переработке в профиль пляжа. Соответственно окончательный объем отсыпаемого карьерного материала на 1 п. м будет равен $32,52 \text{ м}^3$.

Необходимый объем пляжеобразующего материала будет отсыпаться с берега в виде строительной бермы. Максимальная отметка строительной бермы берется из расчета 1 % обеспеченности наивысшего объема воды равного $350,68 \text{ м абс.}$ К ней прибавляем максимально возможное поднятие уровня воды при ветровом и волновом нагоне, которое составляет от $0,8 \dots 1,0 \text{ м}$. И определяем её высоту в $351,68 \text{ м абс.}$

Строительная берма с необходимым объемом сооружается в виде призмы шириной **13 м** при отметке $351,68 \text{ м абс.}$ Уклон откоса закладывается 1:1,5 для влажного щебня, тогда объем отсыпаемой призмы будет равен **$32,68 \text{ м}^3$** , т.е. фактически равен объему необходимому для образования галечникового пляжа [3].

Согласно статье 116 водного кодекса Республики Казахстан от 9 июля 2003 г. за № 481 с изменением, внесенным Законом РК от 28.04.2016 № 506-V. На основании Приказа Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 18 мая 2015 г. № 19-1/446. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 4 августа 2015 г. № 11838. Об утверждении Правил установления водоохранных зон и полос.

В пределах населенных пунктов границы водоохранных полос устанавливаются исходя из конкретных условий их планировки и застройки при обязательном инженерном или лесомелиоративном обустройстве береговой зоны (парапеты, обвалование, лесокустарниковые полосы и другое), исключающем засорение и загрязнение водного объекта. При этом ширина водоохраной полосы не может быть принята меньше 35 м.

Для защиты от водной эрозии возвышающегося над дамбой берега принято техническое решение устройство стенки из Геошпунта KGS в насыпную дамбу. Дамба отсыпается из каменно-песчаного грунта высотой 1,85 м. Общая высота шпунта 5 м с превышением дамбы на 1 м и с погружением в грунт на 2,15 м. Задняя часть шпунтов засыпается привозным грунтом или за счет срезки грунта берега и выполняется выколаживание откоса 1:1,5. В данное время откос берега установился строго вертикально под 90°, что является не безопасным для отдыхающих. За счет погружения шпунта в грунт исключается нижний подмыв насыпной дамбы и берега озера, тем самым обеспечивается водонепроницаемость береговой линии и предотвращается разрушение берега в поселках Акчи и Коктума.

В гидротехническом строительстве пластиковые шпунты служат для создания берегозащитных, причальных и доковых сооружений. Укрепление берега с помощью шпунтовых свай ПВХ на сегодняшний день считается наиболее перспективной технологией. Оно было разработано в середине 90-х годов прошлого века ведущими строительными концернами Европы, США и Канады. Погружая шпунтовые сваи в грунт, возводят прочное и надёжное укрепление берегов – фактурную полимерную стенку. Такое гидротехническое сооружение надёжно укрепляет берега рек и водоёмов, защищает от эрозии и волновых воздействий, служит для обеспечения водонепроницаемости береговой линии.

После шпунтовой стенки выполняется прогулочная набережная шириной 3 м и благоустройство набережной в виде ограды, со стороны пляжа, устройство пешеходных спусков на пляж. Пешеходная дорожка застилается тротуарной плиткой с бордюрами, на расположенных выше

береговых склонах выполняется озеленение. Общий вид предлагаемой конструкции с галечниковым пляжем представлен на рис. 2.

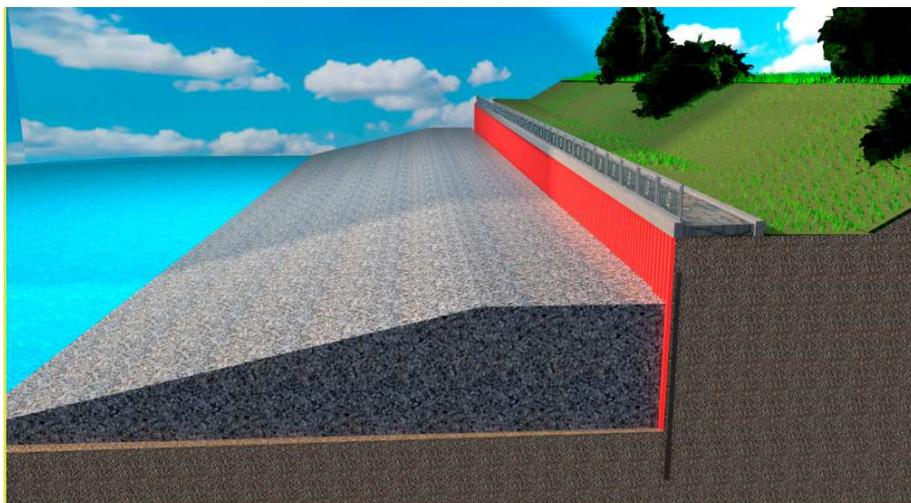


Рис. 2. Общий вид предлагаемой конструкции.

На рис. 3 представлено благоустройство береговой зоны.



Рис. 3. Вид прибрежной зоны после благоустройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. Т. 13, вып. 2. – 646 с.
2. СП 32-103-97 Проектирование морских берегозащитных сооружений – М.: Корпорация «Транстрой», 1998. – 221 с.
3. СП 277.1325800.2016 Сооружения морские берегозащитные. Правила

проектирования. – М.: Минстрой и жилкомхоз РФ, 2016. – 91 с.

Поступила 26.09.2018

Техн. ғылымд. канд. Д.К. Нусупов
Геогр. ғылымд. канд. Э.А. Турсунов

**ОЗ ЖАҒАЛАУЫН ҚОРҒАУ БОЙЫНША ЖОБАЛЫҚ ШЕШІМДЕР.
АЛАКӨЛ АУДАНЫ АҚШИ АУЫЛЫ МЕН КӨКТУМА АУЫЛЫ**

Түйінді сөздер: галечниковый жағажай

Мақалада еркін жасанды галечникті жағажай құру үшін жағажай-құраушы материалдың қажетті көлемін есептеу келтірілген.

Nusupov D.K., Tursunov JA.A.

**DESIGN SOLUTIONS FOR PROTECTING THE COAST OF OZ.
ALAKOL DISTRICT P. AKSHI AND P. KOKTUMA**

Keywords: pebble beach

The article presents the calculation of the required amount of beach-forming material to create a free artificial pebble beach.

УДК 504.064.2

Н.С. Романова¹Т.Н. Козлянская²

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ И МОНИТОРИНГ. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Ключевые слова: методы наблюдения, средства измерения, токсичные вещества, химическая экология

В статье рассматривается одна из важнейших проблем современности – мониторинг состояния окружающей среды. Приведен обзор существующих систем мониторинга. Поставлены вопросы о метрологическом обеспечении экологического мониторинга.

На всех стадиях своего развития человек тесно связан с окружающим миром. В процессе своей жизнедеятельности человечество постоянно находится во взаимодействии с природой, влияя на окружающую среду и изменяя её, исходя из своих потребностей. Последствия такого воздействия могут быть разными – от гармоничного сосуществования человека и природной среды и частичного преобразования природной среды в антропогенную, до полной деградации и уничтожения природной среды.

Мы живем в обществе, основанном на антропоцентрическом принципе, когда человек ставится на первое место, главным является удовлетворение потребностей, о цене этого процесса речь не идет. Человек не задумывается – к чему это может привести, в связи с этим 20 век привел к формированию ряда экологических проблем.

Понимание, что ущерб от произведенного продукта природе или здоровью является дефектом качества продукции, привело к созданию специальных систем контроля качества – экологического аудита и мониторинга.

Экологический аудит – это независимая оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности нормативно-правовых требований в области охраны окружающей среды и подготовка рекомендаций в области экологической деятельности. Экологический аудит является инструментом для систематической проверки внутрифирменного экологиче-

¹ ВКФ РГП «КазИнМетр», г. УстьКаменогорск, Казахстан;

² филиал РГП «Казгидромет» по Восточно-Казахстанской области

ского потенциала и потенциального экологического риска. Он представляет собой методiku, с помощью которой в стратегию бизнеса и в основные параметры производственного процесса поэтапно внедряются все более жесткие экологические требования.

Всесторонний анализ, т.е. экологический мониторинг окружающей среды, предусматривает оценку ее экологического состояния и влияние на нее естественных и антропогенных воздействий.

Изучение и контроль состояния окружающей среды включает исследование таких природных ресурсов, как различные типы вод, атмосферный воздух, почвы, совокупность этих систем с точки зрения определения в них загрязняющих химических веществ, нарушающих сложившееся экологическое равновесие в природе. В экологическом мониторинге активно используют различные химические, физико-химические, физические и биологические методы измерений количества загрязняющих веществ. Речь идет уже о глобальном химико-аналитическом исследовании с помощью различных методов аналитической химии – науки о методах анализа. В этом четко просматривается химическая сущность обсуждаемой проблемы – без химического анализа не обойтись и с этой точки зрения можно говорить и о химическом мониторинге. Существует несколько классификаций систем экологического мониторинга, представим основные из них.

По факторам, источникам и масштабам воздействия различают следующие системы:

- *Мониторинг факторов воздействия* – мониторинг химических загрязнителей (ингредиентный мониторинг) и мониторинг природных и физических факторов воздействия (электромагнитное излучение, солнечная радиация, шум, вибрация).
- *Мониторинг источников загрязнений* – мониторинг точечных стационарных источников (заводские трубы), точечных подвижных источников (транспорт), пространственных источников (города, поля с внесенными химическими веществами).
- *По масштабам воздействия* мониторинг бывает пространственным и временным.

По характеру обобщения информации выделяют следующие системы:

- *Глобальная система мониторинга* – мониторинг общемировых процессов и явлений в биосфере Земли, включая все ее экологические компоненты, и предупреждение о возникающих экстремальных ситуациях;

- *Базовая система мониторинга (фоновый мониторинг)* – мониторинг общих биосферных явлений, в основном природных, без наложения на них региональных антропогенных влияний;
- *Национальная система мониторинга* – мониторинг в масштабах страны;
- *Региональная система мониторинга* – мониторинг процессов и явлений в пределах одного региона, где эти процессы и явления могут отличаться по природному характеру или по антропогенным воздействиям от базового фона, характерного для всей биосферы;
- *Локальная система мониторинга* – мониторинг воздействия конкретного антропогенного источника;
- *Импактная система мониторинга* – мониторинг региональных и локальных антропогенных воздействий в особо опасных зонах и местах.

Классификация систем мониторинга может также основываться *на методах наблюдения:*

- *Химический мониторинг* – мониторинг химического состава объектов окружающей природной среды (атмосферы, осадков, поверхностных и подземных вод, вод океанов и морей, почв, донных отложений, растительности, животных) и контроль за динамикой распространения загрязняющих веществ природного и антропогенного происхождения, с целью определения фактического уровня загрязнения окружающей среды.
- *Физический мониторинг* – мониторинг влияния физических процессов и явлений на окружающую среду (наводнения, вулканизм, землетрясения, цунами, засухи, эрозия почв и т.д.).
- *Биологический мониторинг*, осуществляется с помощью биоиндикаторов – таких организмов, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в окружающей среде.
- *Экобиохимический мониторинг* – мониторинг, базирующийся на оценке двух составляющих: химических и биологических наблюдениях.
- *Дистанционный мониторинг* – мониторинг, с применением летательных аппаратов, оснащенных радиометрической аппаратурой, способной осуществлять активное зондирование изучаемых объектов и регистрацию опытных данных.

Экология – наука о закономерностях взаимосвязей и взаимодействия организмов и их систем друг с другом и со средой обитания. Экологическая химия изучает процессы, определяющие химический состав и свойства объектов окружающей среды.

Химическую экологию интересует химическое взаимодействие между живой и неживой природой. Таким образом, основой экологического мониторинга является совокупность различных химических наук, каждая из которых нуждается в результатах химического анализа, поскольку химическое загрязнение – основной фактор неблагоприятного антропогенного воздействия на природу. Целью аналитической химии становится определение концентрации загрязняющих веществ в различных природных объектах. Ими являются природные и сточные воды различного состава, донные отложения, атмосферные осадки, воздух, почвы, биологические объекты.

Организациям, деятельность которых предусматривает экологический мониторинг, необходимо руководствоваться Экологическим кодексом [1] и Законом об обеспечении единства измерений [2].

В сферу действия Закона попадают все организации (независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности), ведущие работы в области охраны окружающей среды. Закон предписывает для проведения всех видов измерений, подпадающих под действие этого закона, использовать только методики выполнения измерений (далее – МВИ), стандартизированные или аттестованные по СТ РК 2.18-2009 «ГСИ РК. Методики выполнения измерений. Порядок разработки, метрологической аттестации, регистрации и применения». Разумеется, это не означает, что экологический мониторинг должен осуществляться только с использованием аттестованных методик. Полуколичественные или даже качественные методы могут быть использованы в образовательных целях, для привлечения внимания населения или властей к той или иной проблеме. Тем не менее, следует ясно понимать, что принятия конкретных административных решений практически можно добиться только на основе данных, полученных при помощи аттестованных МВИ.

Средства измерений (далее – СИ), используемых для работ в области охраны окружающей среды, должны быть допущены к применению в Республике Казахстан в порядке установленном СТ РК 2.21-2007 «ГСИ РК. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерений», СТ РК 2.30-2007 «ГСИ РК, Порядок проведения метрологической аттестации средств измерений» и ПМГ 06-2001 «Порядок признания результатов испытаний и утверждения типа, поверки, метрологической аттестации средств измерений», а также проходить периодическую поверку, согласно СТ РК 2.4-2007 «ГСИ РК. Поверка средств измерений Организация и порядок проведения». К категории СИ относятся также стандартные образцы их применение,

регламентируется СТ РК 2.79-2004 «Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов зарубежного выпуска. Порядок допуска к применению. Основные положения», ГОСТ 8.315-79 «ГСИ. СО состава и свойств веществ и материалов. Основные положения».

Отличием СИ от других технических устройств является то, что оно предназначено для получения измерительной информации и имеет нормированные метрологические характеристики, Информация о назначении и метрологических характеристиках средства измерений приводится в технической документации на него.

Характерной особенностью измерительной техники является широкое распространение измерительных процессов, в которых одновременно участвуют несколько СИ, измеряющих разные физические величины и основанных на разных принципах действия. Это вызывает необходимость нормировать метрологические характеристики различных СИ на единой, принципиальной основе.

По метрологическим характеристикам СИ решается ряд задач, важных для обеспечения единства измерений:

- определение погрешности/точности результата измерений (одной из составляющих погрешности измерений является погрешность СИ);
- выбор СИ по точности по известным условиям их применения и требуемой точности измерений (эта задача является обратной по отношению к задаче определения погрешности измерений);
- сравнение СИ различных типов с учетом условий их применения;
- возможность замены одного СИ на другое - аналогичное;
- оценка погрешности сложных измерительных систем и др.

Результаты аналитических определений и измерений рассматриваются уже в рамках экологического мониторинга. Это дает информацию о загрязнении биосферы различными несвойственными природе загрязняющими веществами. Данные экологического мониторинга используют для всестороннего анализа состояния окружающей среды и определения стратегии управления им, для регулирования ее качества, для определения так называемых допустимых экологических нагрузок на природные системы. Степень ответственности здесь очень велика, поскольку указанные факторы, и в первую очередь химические, способны вызвать геофизические и геохимические изменения (возможное изменение климата, закисление природных вод кислотными дождями, загрязнение Мирового океана и нарушение баланса углекислоты в нем, нарушение озонового слоя).

Перечень и количество выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ чрезвычайно велики, по некоторым оценкам, до 400 тысяч наименований. Прежде всего, наблюдению должны подлежать вещества, выброс которых носит массовый характер, и, следовательно, загрязнение ими повсеместно. Это, например: серы диоксид, углерода оксид, пыль, характерные для городского воздуха; нефтепродукты, поверхностно-активные вещества – для природных вод; пестициды – для почв сельскохозяйственного назначения. Обязательному контролю должны подлежать самые токсичные вещества, отличающиеся наиболее низкими предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Вся эта информация позволяет сформировать список приоритетных загрязняющих веществ, которые следует определять в первую очередь.

Регулирование качества природной среды основано на определении экологически допустимого воздействия на нее, когда самоочищение природы еще способно работать. Определенными нормами такого щадящего воздействия являются установленные медиками-токсикологами ПДК загрязняющих веществ. Они установлены для различных объектов: воды (вода хозяйственно-питьевого назначения и культурно-бытового водопользования, водоемов рыбохозяйственного назначения, сточные воды и др.), воздуха (воздух атмосферный и рабочей зоны, выбросы от источников загрязнения атмосферы), почв [3, 4]. Для предприятий природопользователей устанавливаются в соответствии с национальным законодательством специальные нормативы для загрязняющих веществ: предельно-допустимый сброс (ПДС) в водные объекты, предельно-допустимые выбросы (ПДВ) в атмосферу.

Большинство нормируемых загрязняющих веществ в воздухе имеют ПДК от 0,005 мг/м³ до 0,1 мг/м³. Есть вещества, для которых установлены еще меньшие ПДК, например: металлическая ртуть – 0,0003 мг/м³, свинец и его соединения – 0,0007 мг/м³, бенз(а)пирен – 0,000 001 мг/м³ и др.

В воде водоемов основные нормируемые загрязняющие вещества имеют ПДК от 0,1 мг/дм³ до 1,0 мг/дм³. Для многих токсичных веществ, например, для неорганических соединений ртути, установлены ПДК в пределах (0,001...0,0005) мг/дм³ и небольшое число веществ (соединения бериллия) имеют ПДК в пределах от 0,0001 мг/дм³ до 0,0002 мг/дм³. Для особенно опасных токсичных веществ, таких, как растворимые соли сероводородной кислоты, активный хлор, бенз[а]пирен, N-нитрозоамины, в качестве норматива установлено полное отсутствие их в воде, в водоемах рыбохозяйственного значения не допускается наличие пестицидов.

Отсюда следуют два вывода. Первый состоит в том, что для оценки опасности загрязнения следует иметь некий образец для сравнения.

Второй относится к аналитической химии: необходимо применять мощные, информативные и чувствительные методы анализа, чтобы контролировать концентрации, меньшие ПДК. В самом деле, что означает нормативное «отсутствие компонента»? Может быть, его концентрация настолько мала, что его традиционным способом не удастся определить, но сделать это все равно нужно.

Действительно, охрана окружающей среды – вызов аналитической химии. Современный экологический кризис ставит под угрозу возможность устойчивого развития человеческой цивилизации. Дальнейшая деградация природных систем ведет к дестабилизации биосферы, утрате ее целостности и способности поддерживать качества окружающей среды, необходимые для жизни. Преодоление кризиса возможно только на основе формирования нового типа взаимоотношений человека и природы, исключающих возможность разрушения и деградации природной среды.

Устойчивое развитие, высокое качество жизни и здоровья населения, а также национальная безопасность могут быть обеспечены только при условии сохранения природных систем и поддержания соответствующего качества окружающей среды. Для этого необходимо формировать и последовательно реализовывать единую государственную политику в области экологии, направленную на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Сохранение и восстановление природных систем должно быть одним из приоритетных направлений деятельности государства и общества.

Из всего выше сказанного, следует вывод о необходимости совершенствования системы природопользования в нашей стране. Сохранение природы и улучшение окружающей среды – приоритетные направления государства и общества. Задачами, требующими скорейшего разрешения, являются создание единой государственной структуры, осуществляющей экологический мониторинг, и стимулирование исследовательской деятельности в области химического анализа компонентов окружающей среды вкпе с социальными программами, призванными информировать население о насущных экологических проблемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гигиенические нормативы к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах» (утверждены Приказом Министра на-

- циональной экономики Республики Казахстан от 13 мая 2015 года № 168)
2. Закон Республики Казахстан от 7 июня 2000 года № 53-ІІ «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 29.10.2015 г.)
 3. Кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212-ІІІ «Экологический кодекс Республики Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 24.05.2018 г.)
 4. «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемким объектам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов» (утверждены Приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан от 22 апреля 2015 года № 209).

Поступила 17.07.2018

Н.С. Романова
Т.Н. Козлянская

ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АУДИТ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГ. МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Түйінді сөздер: бакылау әдістері, өлшеу құралдары, улы заттар, химиялық экология

Мақалада ең маңызды мәселелерінің бірі – қазіргі заманның жай-күйінің мониторингін қоршаған ортаны қорғау. Келтірілген шолу қолданыстағы мониторинг жүйелері. Қойылған сұрақтар метрологиялық қамтамасыз ету туралы экологиялық мониторинг.

Romanova N.S., Kozlyanskaya T.N.

ENVIRONMENTAL AUDIT AND MONITORING. METROLOGICAL ASPECTS

Keywords: methods of observation, measuring instruments, toxic substances, chemical ecology

The article deals with one of the most important problems of our time – monitoring of the environment. The review of existing monitoring systems is given. The questions about metrological support of environmental monitoring were raised.

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. Жуматаев ¹
Канд. физ.-мат. наук А.Т. Иванов ²

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.

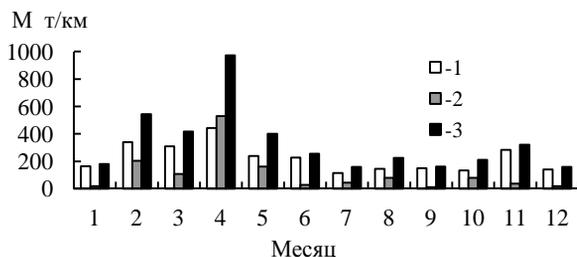


Рис. 3. Средний многолетний годовой ход объемов ветрового переноса песка.
1 – песчаный поземок, 2 – песчаная буря, 3 – оба явления.

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 строчку (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:

Абимульдина 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 – [].

Список литературы формируется по алфавиту.

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 nauka.kz – Национальные ресурсы НТИ – Казахская 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

ӨЖ 577.4:66.046.44.59

Техн. ғылымд. канд. А.Ж. Жуматаев

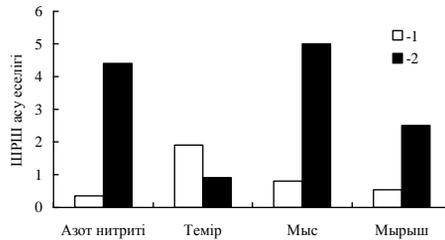
КЕН БАЙЫТУ ҚАЛДЫҚТАРЫН САҚТАУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ЛАСТАУЫН БАҒАЛАУ

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 (Paintbrush) 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	