

*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
2015

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

А.Т. Мендигарин, Генеральный директор РГП «Казгидромет»,
официальный представитель Республики Казахстан
при Всемирной Метеорологической Организации

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

П.Ж. Кожаметов, канд. техн. наук; **Н.И. Ивкина**, канд. геогр. наук

Ответственный секретарь

О.С. Галаева

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р.Г. Абдрахимов, канд. техн. наук; **А.Х. Ахмеджанов**, доктор техн. наук;
М.Ж. Бурлибаев, доктор техн. наук; **В.В. Голубцов**, канд. геогр. наук;
С.А. Долгих, канд. геогр. наук; **Ж.Д. Достай**, доктор геогр. наук;
Р.И. Гальперин, доктор геогр. наук; **А.Р. Медеу**, доктор геогр. наук; **Е.Ж. Муртазин**, канд. геол.-мин. наук; **В.Г. Сальников**, доктор геогр. наук; **О.Е. Семенов**, канд. физ.-мат. наук; **Б.С. Степанов**, доктор геогр. наук; **А.А. Турсунов**, доктор техн. наук; **Э.А. Турсунов**, канд. геогр. наук; **В.С. Чередниченко**, доктор геогр. наук; **С.П. Шиварева**, канд. техн. наук; **Р.К. Яфязова**, доктор техн. наук; **О.С. Галаева** (компьютерная сборка, техническая редакция).

Перевод на казахский язык:

А.М. Бажиева, канд. техн. наук

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 3 (78)

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

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

Подписано в печать

Формат бумаги 70 × 100/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

Отпечатано в типографии ИП «Everest».

г. Талгар, ул. Ыкылас, 21. Тел.: (72774) 2 02 34

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

П.Ж. Кожаметов, К.Т. Елеуова, Б.О. Баймагамбетов, М.А. Жунисова Районирование территории Казахстана по температурным воздействиям	7
Н.У. Кужагельдина, Е.В. Боголюбова Особенности изменения статистических оценок средних сезонных сумм осадков и каталог крупных аномалий на севере и юге Казахстана осенью, в предзимье и зимой	15
М.М. Молдахметов, Л.К. Махмудова Пространственно-временная изменчивость максимальной высоты снежного покрова на территории северного и центрального Казахстана	28
А.Х. Ахмеджанов, Т.К. Караданов Особенности аэрозольной оптической толщины атмосферы на западе Казахстана по данным спутникового зондирования	38
И.Г. Гуршев К вопросу расчета скорости воздушно-песчаного потока и длины пути переноса частиц песка во время песчаной бури	49
Е.Н. Вилесов Изменение состояния оледенения северного макросклона Иле Алатау за 60 лет (1955...2015 гг.)	56
Б.С. Степанов, Р.К. Яфязова Что такое сель?	69
С.П. Шиварева, А.В. Галаева, М.М. Азнабакиева, А.А. Кишкимбаева Анализ многолетней динамики внутригодового распределения речного стока в бассейнах рек Иле и Ертис в пределах Казахстана и Китая в связи с климатическими изменениями	78
К.К. Дускаев, Л.Ю. Чигринец Оценка экологического состояния горных рек Казахстана на основе данных о твёрдом стоке	93
А.Ж. Апсатарова, Л.Ю. Чигринец Оценка водно-эрозионной деятельности рек казахстанской части левобережья реки Ертис с использованием данных о твёрдом стоке ...	105

Н.Г. Верещагина, В.Е. Чуб, А.А. Щетинников, А.М. Мухаметзянова	
Гидрографическая система в дельте Амударьи (современное антропогенное состояние)	118
К.Ж. Мустофаев, З.К. Маймеков	
«Экологический след» – основа для оценки экологической емкости природной системы Казахстана	127
Ж.С. Мустофаев, А.Т. Козыкеева, Л.К. Жусупова	
Эколого-биологическое обоснование способов освоения засоленных земель	137
А.К. Курбаниязов	
Изучение процессов засоления грунтов в зоне аэрации южной части высохшего дна Аральского моря	151
Г.Е. Жидекулова	
Моделирование биоклиматических коэффициентов сельскохозяйственных культур в различных агроклиматических зонах Казахстана ..	159
А.А. Жакупов, Г.М. Джаналеева, О.Б. Мазбаев, М.Н. Мусабаева, Қ.Т. Сапаров	
Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының гидрографиялық жүйесіне гидрохимиялық зерттеулер	168
О.В. Савинкова	
Химический состав и качество вод озер Сладкое и Травянка Павлодарской области в 2014 г.	177
ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ	
Б.К. Акмолдаева, К.Б. Зулпыхаров, Н. Хамидов	
Экологическое состояние земельных ресурсов Республики Казахстан	182
ХРОНИКА	
А.С. Вишненко (к 105-летию со дня рождения)	190
Т.Л. Киренская (к 70-летию со дня рождения)	195

CONTENTS

SCIENTIFIC ARTICLES

P.ZH. Kozhakhmetov, K.T. Eleuova, B.O. Baymagambetov, M.A. ZHunisova	
Zoning of the territory of Kazakhstan with temperature influences . . .	7
N.U. Kuzhagel'dina, E.V. Bogolyubova	
Features of statistical estimates' change of the average seasonal sums of precipitation and large anomalies' catalog in the North and the South of Kazakhstan for autumn, late autumn and winter	15
M.M. Moldakhmetov, L.K. Makhmudova	
Existential variability of the snow cover maximum height in the territory of northern and the central Kazakhstan	28
A.KH. Akhmedzhanov, T.K. Karadanov	
Features of aerosol optical thickness of the atmosphere in the west of Kazakhstan according to satellite sounding	38
I.G. Gurshev	
By the issue of calculating the speed flow of air-sand and length of the migration paths of sand particles during a sandstorm	49
E.N. Vilesov	
Changing the status of glaciation of the northern slope of the Ili Alatau during 60 years (1955...2015)	56
B.S. Stepanov, R.K. Yafyazova	
What is the mudflow?	69
S.P. SHivareyva, A.V. Galayeva, M.M. Aznabakieva, A.A. Kishkimbayeva	
Analysis of long-term dynamics river flow distribution in the Ile River and Ertis River Basins of within Kazakhstan and China because of climate change	78
K.K. Duskeyev, L.YU. CHigrinets	
Estimate of an ecological condition of the mountain rivers of Kazakhstan on the basis of a sediment runoff data	93
A. ZH. Apsatarova, L.YU. CHigrinets	
Estimate of water and erosive activity of the rivers of the Kazakhstan part of a left bank of the Ertis River with use of a sediment runoff data	105

N.G. Vereshagina, V.E. Chub, A.A. Shetinnikov,	
A.M. Mukhametzyanova	
Hydrographic system in the Amu Darya River Delta (modern anthropogenous state)	118
K.ZH. Mustafayev, Z.K. Maimekov	
«Ecological track» – basis for estimation to ecological capacity of natural system of Kazakhstan	127
ZH.S. Mustafayev, A.T. Koziykeeva, L.K. ZHusupova	
Ecological and biological justification of methods of development of the salted lands	137
A.K. Kurbaniyazov	
Studying of processes of salinization of soil in a zone of aeration of the southern part of the dried bottom of the Aral Sea	151
G.E. ZHidekulova	
Modeling of bioclimatic coefficients of crops in various agroclimatic zones of Kazakhstan	159
A.A. ZHakupov, G.M. Dzhanaleyeva, O.B. Mazbayev,	
M.N. Musabayeva, K.T. Saparov	
Hydrographic and hydrochemical researches of the national national Bayanaul Natural Park	168
O.V. Savinkova	
Chemical composition and quality of waters of the Sladkoe and Travyanka Lakes of the Pavlodar Region in 2014	177
REVIEWS AND CONSULTATIONS	
B.K. Akmoldayev, K.B. Zulpiykharov, N. KHamidov	
The ecological state of land resources of Kazakhstan	182
CHRONICLE	
A.S. Vishnenko (to 105-anniversary)	190
T.L. Kirenskaya (to 70-anniversary)	195

УДК 551.577

Канд. техн. наук П.Ж. Кожахметов *
К.Т. Елеуова *
Б.О. Баймагамбетов *
М.А. Жунисова *

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА ПО ТЕМПЕРАТУРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, КАРТА РАЙОНИРОВАНИЯ, МАКСИМАЛЬНАЯ, МИНИМАЛЬНАЯ, СРЕДНЕМЕСЯЧНАЯ, ОТКЛОНЕНИЕ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

По результатам наблюдений на метеорологической сети в системе ArcGIS построены карты районирования территории Казахстана по температуре воздуха (средней месячной за январь и июль, минимальной и максимальной 2 %-ной обеспеченности и отклонениям среднесуточной температуры воздуха наиболее холодных суток от среднемесячной в январе).

Современное общество становится все более зависимым от погодно-климатических факторов, особенно в таких областях, как сельскохозяйственное производство, водные ресурсы, энергетика, транспорт, строительство и другие, поэтому учет климата и его изменений особенно важен в принятии правильных и взвешенных решений, направленных на безопасность и улучшение качества жизни. Развитие климатологии и строительной физики позволяют осуществить научно-обоснованный подход к комплексной оценке климатических условий при проектировании и строительстве зданий.

Исследование температурных воздействий на здания, мосты и другие конструкции, включая их отдельные элементы, является одной из важных задач строительной механики.

Экстремальные температуры воздуха наносят значительный ущерб различным отраслям экономики. Производственные процессы, работа на открытом воздухе, хранение материалов и приборов, автомобильный и железнодорожный транспорт нередко лимитируются определенным уровнем температуры. Нарушается нормальный рост и развитие сельскохозяйственных

* РГП «Казгидромет», г. Алматы

растений, снижается урожайность зерновых культур, пастбищной растительности. Имеющиеся фактические данные достаточно убедительно показывают, что длительные периоды необычайно высоких температур воздействуют на здоровье людей, учащаются случаи теплового обморока, теплового удара, повышается риск сердечно-сосудистых заболеваний, возрастает число гипертонических кризов [2]. При экстремально низких температурах воздуха наблюдается обморожение организма, а иногда и гибель.

Как известно, климат Казахстана, как и глобальный климат, претерпевает существенные изменения, что выражается в повсеместном, значительном повышении температуры приземного воздуха [3]. Выяснилось, что потепление на территории Казахстана более существенное, чем в среднем для земного шара [7]. Такое различие климатологи связывают с тем, что страна находится практически в центре самого крупного Евразийского континента и поверхность континентов нагревается быстрее поверхности океана.

По данным большинства метеостанций Казахстана прослеживается тенденция увеличения годовых максимумов температуры приземного воздуха. Одновременно происходит увеличение значений годовых минимумов температуры воздуха (минимум из суточных минимумов), причем часто более значительными темпами, чем годовых максимумов.

В связи с изменением климата изменяются и климатические нагрузки. Кроме того, по прогнозу климатологов до конца 21 века глобальное потепление климата усилится [3]. Не учет этих факторов может привести к нежелательным последствиям. Отметим также, что существующие до настоящие времени климатические нагрузки в СНИП-ах были рассчитаны на старых климатических данных и с 50 % обеспеченностью [10]. Современные требования Еврокода включают расчет климатических нагрузок с 2 % обеспеченностью, что учитывает современные и будущие изменения климата. Исходя из вышеуказанных причин, в РГП «Казгидромет» с 2013 года выполняется работа по проекту «Районирование территории Республики Казахстан по климатическим характеристикам» по адаптации и внедрению строительных норм РК с учетом требований Европейских нормативов с использованием современных методов [9, 11] и ArcGIS-технологий.

Следует отметить, что в последние годы в Казахстане в связи с изменением климата обновляются климатические карты [1]. Так, например, Институтом географии в 2010 году подготовлен и выпущен Национальный атлас Республики Казахстан, том 1, «Природные условия и ресурсы»

[6]. В атласе помещены многие климатические карты, в том числе и карты температуры воздуха за январь и июль. Отличие климатических карт в Национальном атласе РК [6] от полученных авторами карт заключается в том, что при построении карт температуры воздуха нами были использованы метеорологические данные за период с 1971 по 2011 гг. [5], тогда как в Национальном атласе данные ограничиваются 2000 годом. Важность включения в расчеты данных после 2000 года заключается в том, что именно первое десятилетие 21 века вошло в историю как самое жаркое со времен начала инструментальных наблюдений [3]. Средняя величина температуры за десятилетний период 2002...2011 гг., которая на 0,46 С выше среднего значения за 1961...1990 гг., соответствует 2001...2010 гг. как самому теплому в глобальном масштабе десятилетнему периоду за всю историю наблюдений (рис. 1).

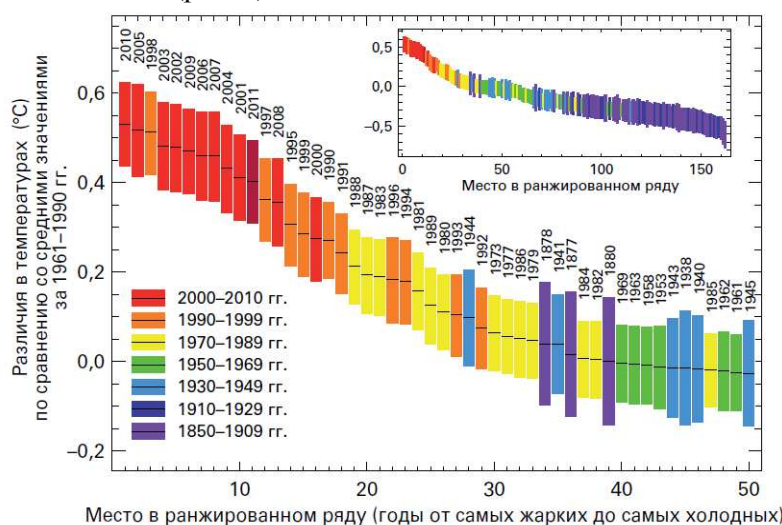


Рис. 1. Ранжированный ряд аномалий глобальной температуры приземного воздуха, представленный для 50-ти самых тёплых лет [3].

На рис 1 во вставке показан ранжированный ряд аномалий глобальной температуры приземного воздуха, начиная с 1850 г. Длина полос указывает на 95 % доверительный интервал для каждого года (Источник: Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2011 г.)

Для составления карт использованы материалы наблюдений за средними месячными температурами воздуха за январь и июль, за минимальной и максимальной температурами воздуха по 235 метеостанциям Казахстана. Перед климатологической обработкой выполнена проверка качества материала с использованием тестов [11]. Расчет вероятностных характеристик метеорологических параметров выполнен с помощью про-

граммы, разработанной в отделе прикладной климатологии ГГО им. А.И. Воейкова [9].

Растровая карта построена в масштабе 1:5000000 с точностью до 0,1 кПа в проекции WGS_1984_UTM_Zone_42N. При составлении карты использованы результаты кластерного анализа, условия расположения метеорологических станций. Учитывались также результаты исследований Института географии [2, 6], рекомендации, руководства и публикации разных авторов [4, 7, 8, 9, 12, 13], топографические карты различных масштабов.

Характеристические значения минимальной и максимальной температуры воздуха обеспеченностью 0,02 (1 раз в 50 лет) рассчитаны с помощью распределения Гумбеля. По экстремальным и среднемесячным значениям температур воздуха рассмотрены 5 вариантов районирования с использованием расчетов критериев оптимальности по алгоритму Прима-Краскала. Оценка вероятности проведения границ проводилась по критерию Чебышева.

Как известно [4], температура воздуха в Казахстане распределяется крайне неравномерно. Одним из важных климатообразующих факторов является рельеф. В связи с этим нами получены высотные зависимости температуры воздуха в предгорных и горных районах Казахстана (рис. 2), которые были учтены при построении карт распределения.

Так, температурный режим предгорных и горных районов Казахстана отличается от термического режима прилегающих к ним равнин. Температура в горах обычно ниже, чем на равнинах, причем с высотой амплитуда температуры уменьшается. Вместе с тем, в предгорной и горной зоне зимой в основном развиты радиационно-орографические инверсии, обуславливающие обратный ход температуры воздуха по вертикали, т.е. рост температуры до некоторой высоты.

Так, в январе в горах Тянь-Шаня инверсия распространяется в среднем до высоты 1300...1500 м над уровнем моря, выше которой отмечается нормальное распределение температуры воздуха, т.е. температура воздуха с высотой понижается (рис. 2а). В горах Западного Алтая чаще верхняя граница инверсионного слоя лежит на высоте 700...900 м над уровнем моря, однако в горных котловинах инверсионный слой располагается выше. Часто инверсии возникают в связи с гравитационным оттоком с гор более холодных и тяжелых масс воздуха.

В отличие от января, в июле зависимость температуры воздуха в горах имеет прямолинейный характер (рис. 2б). Так в горах юго-востока Казахстана (Тянь-Шань) температура воздуха понижается с высотой на

0,068 °С через каждые 100 м (градиент), тогда как в Западном Алтае этот градиент составляет 0,01 °С.

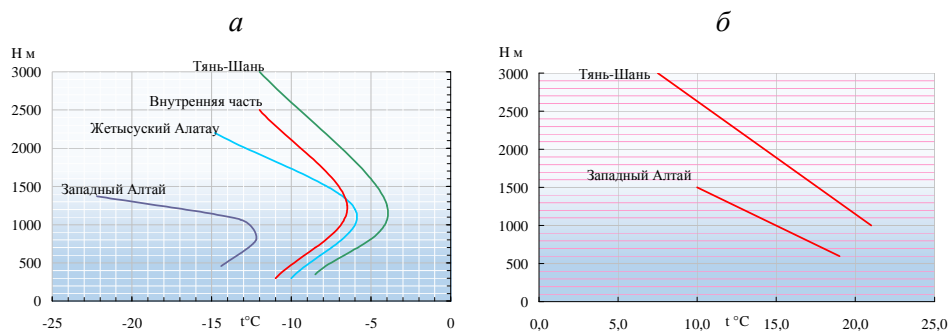


Рис. 2. График изменения с высотой средней температуры воздуха в январе (а) и июле (б) в горных и предгорных районах Казахстана.

Кроме того, горно-долинная циркуляция и теплые фенообразные ветры в горах вносят своеобразие в суточный режим температуры воздуха. Высота и экспозиция горных склонов, характер изрезанности рельефа, глубина и ширина горных долин, их взаимное расположение и ряд других факторов, создают особые условия для формирования здесь разнообразных микроклиматов и своеобразных местных термических условий.

Влияние на температурный режим таких больших водных объектов, как Каспийское и Аральское моря, Балхаш и ряд других озер проявляется, в основном, в теплое время года. Ограничивается оно преимущественно полем деятельности бризовой циркуляции [4]. Учитывая эти факторы, с помощью ArcGIS-технологий построены карты районирования территории Казахстана по температуре воздуха (средней месячной за январь и июль, минимальной и максимальной 2 %-ной обеспеченности и отклонениям среднесуточной температуры воздуха наиболее холодных суток от среднемесячной в январе), и разработаны методики районирования по температурным воздействиям.

В данной работе рассмотрены карты распределения минимальной и максимальной температуры воздуха 2 %-ной обеспеченности, которые для Казахстана были получены впервые (рис. 3 и 4).

В целом, карта минимальной температуры воздуха 2 %-ной обеспеченности сохраняет общие тенденции распределения температур с картой среднего минимума температур воздуха января [6] и показывает изменение минимальных температур воздуха от -28 °С на юге до -49 °С на севере Казахстана и от -28 °С на западе до -52 °С на востоке Казахстана.

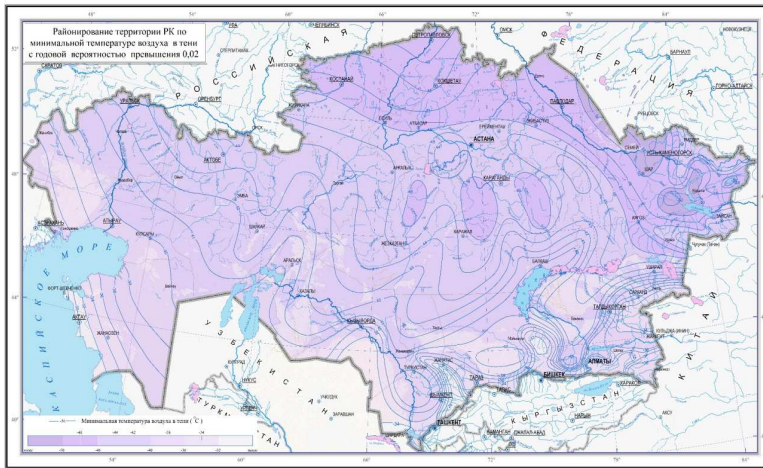


Рис. 3. Карта районирования территории Казахстана по минимальной температуре воздуха 2-х % обеспеченности.

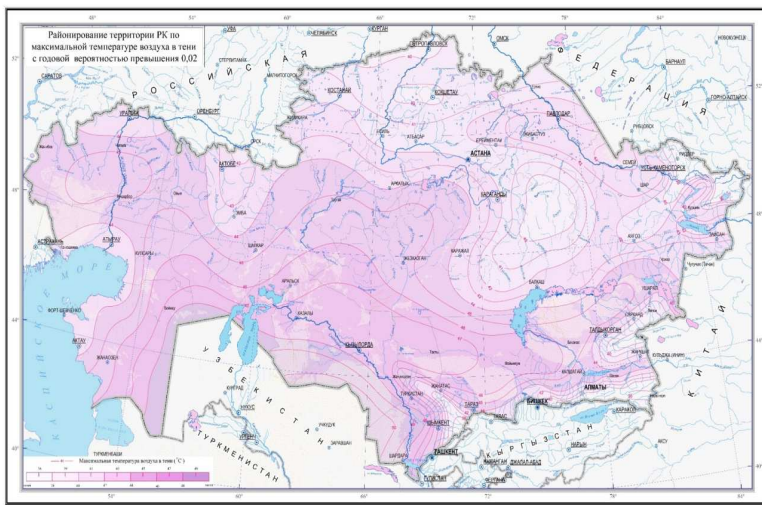


Рис. 4. Карта районирования территории Казахстана по максимальной температуре воздуха 2-х % обеспеченности.

Самой холодной является восточная часть страны, куда входят отдельные районы Павлодарской и Восточно-Казахстанской области. Как видно на карте, минимальные температуры воздуха приурочены преимущественно к замкнутым понижениям (Жайсанская впадина) и горным районам (Казахстанский Алтай).

Карта максимальной температуры воздуха 2 % -ной обеспеченности в целом схожа с картой среднего максимума температуры воздуха июля, приведенной в Национальном атласе [6]. Экстремально высокие температуры воздуха 2 %-ной обеспеченности для различных районов Казах-

стана составляют: на юге 50,4 °С (Кызылкум), на севере 46,7 °С (Екидын), на западе 47,9 °С (Аккудук) и на востоке 45,6 °С (Актогай). Самой теплой является южная часть страны, куда входят пустынные районы запада Мангистауской, юга Кызылординской и Южно-Казахстанской областей. Можно заметить, что широтное распределение изотерм нарушается за счет влияния крупных водных водоемов (Каспийское и Аральское море, оз. Балхаш). Кроме того, очаги холода имеются в Центральном Казахстане. Они связаны с влиянием Азиатского антициклона [4].

Полученные карты могут быть применены в строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве, энергетике и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Казахской ССР. Том 1. Природные условия и ресурсы. – М: 1982. – 81 с
2. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. – Алматы: 2010. – 264 с
3. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения климата Казахстана [Электрон. ресурс]. – 2011 – URL: <http://www.kazhydromet.kz/files/bulleten/04311500013542446943011201254.pdf>. (дата обращения 20.10.2014)
4. Климат Казахстана. / Под ред. Утешева А.С. – Л: Гидрометеоздат, 1959. – 367 с.
5. Метеорологические ежемесячники. – Алмата. 1970-2011 гг.
6. Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1. Природные условия и ресурсы. – Алматы: 2010. – 149 с.
7. Оценочный доклад об изменениях климата на территории Казахстана. – Астана: РГП «Казгидромет», 2015. – 55 с.
8. Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 3. Составление и подготовка к изданию топографической карты масштаба 1:1000000. РКР-3. – М: 1985, – 141 с.
9. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики. / Под ред. Кобышевой Н.В. – СПб: 2008. – 334 с.
10. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. – М: 2001. – 44 с.
11. SN РК EN 1991-2007/2011. Воздействия на несущие конструкции. – Астана.: Агентство РК по делам строительства и ЖКХ. – 2012. – 67 с.
12. СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 Еврокод 1: Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-5. Общие воздействия. Температурные воздействия. – Астана: 2011. –

13. Чупахин В.М. Природное районирование Казахстана. – Алмата: 1970.
– 261 с.

Поступила 20.09.2015

Техн. ғылымд. канд. П.Ж. Кожаметов
К.Т. Елеуова
Б.О. Баймагамбетов
М.А. Жунисова

АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ӘСЕРІ БОЙЫНША ҚР АЙМАҒЫН АУДАНДАСТЫРУ ӘДІСІ

Метеорология желісінің бақылау нәтижелері бойынша ArcGIS жүйесінде ауа температурасының әсері бойынша ҚР аймағын аудандастыру әдісі бойынша карталар жасалған (қаңтар және шілде орташа айлық ауа температурасы, қамтамасыздығы 2 % минималды, максималды және қаңтар айындағы аса суық тәуліктердің орташа тәуліктік температуралардың орташа айлық ауа температурасынан ауытқуы).

УДК 551.577.2

Н.У. Кужагельдина *
Канд. физ.-мат. наук Е.В. Боголюбова ***ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК
СРЕДНИХ СЕЗОННЫХ СУММ ОСАДКОВ И КАТАЛОГ КРУПНЫХ
АНОМАЛИЙ НА СЕВЕРЕ И ЮГЕ КАЗАХСТАНА ОСЕНЬЮ, В
ПРЕДЗИМЬЕ И ЗИМОЙ***СИНОПТИЧЕСКИЕ СЕЗОНЫ, ГОДОВЫЕ СУММЫ ОСАДКОВ,
ВНУТРИГОДОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКОВ, АСИММЕТРИЯ,
ЭКСЦЕСС, ЛИНЕЙНЫЙ ТРЕНД, ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ ТРЕНД,
КРУПНЫЕ АНОМАЛИИ*

В работе был проведен сравнительный анализ годовых сумм осадков за разные периоды, рассчитаны статистические характеристики средних сезонных сумм осадков за синоптические сезоны: осень, предзимье и зима на севере и юге Казахстана. Рассчитаны статистические оценки средних сезонных сумм осадков, среднеквадратическое отклонение, среднее абсолютное отклонение и коэффициенты вариаций. Рассчитаны характеристики нормальности распределения средних сезонных сумм осадков, коэффициенты асимметрии и эксцесса, построены гистограммы. Проведена аппроксимация временного хода аномалии сезонных сумм осадков с помощью линейного и полиномиального тренда 6-го порядка для определения тенденций их изменения. Составлен каталог крупных положительных и отрицательных аномалий сезонных сумм осадков осенью, в предзимье и зимой.

Большое значение имеет выяснение причин и механизма изменений климата. В течение последнего столетнего периода в Казахстане наблюдалась тенденция к повышению сезонных и годовых температур воздуха [2]. Существующие модели предсказывают ухудшение условий увлажнения. Площадь зоны недостаточного увлажнения может сократиться на величину от 6 до 26 %. По некоторым моделям на территории Казахстана зона недостаточного увлажнения может исчезнуть, а засушливая зона может занять 38 % площади республики. Такой характер возможных

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

изменений не может не сказаться на состоянии экономики и природных ресурсов нашей республики. Поэтому задача определения сезонных сумм осадков остается актуальной.

Вся территория Казахстана относится к районам, недостаточно обеспеченным осадками. Здесь в любом летнем месяце повсеместно возможно полное отсутствие осадков или ничтожно малое их количество. Разнообразие климатических и орографических условий Казахстана предопределяет неравномерное распределение осадков по его территории. Так, среднее многолетнее количество годовых сумм осадков изменяется в основном от 100 мм и менее до 1000 мм и более. В то время как на севере в среднем за год выпадает 300...400 мм осадков, на юге их среднегодовое количество не превышает 100...150 мм, в горных и предгорных районах юга, юго-востока и востока республики годовая сумма осадков увеличивается до 400...600 мм, местами даже 800...900 мм.

В Казахстане, таким образом, отмечается резкий контраст в степени увлажнения крайних северных и южных областей за холодное и теплое полугодия. Так, на большей части северной половины республики (лесостепь и степь) в теплое время года (апрель – октябрь) в среднем выпадает 60...80 % годовой суммы осадков, а в холодное время года только 20...40 %. С продвижением на юг эти соотношения постепенно изменяются в сторону увеличения осадков холодного полугодия. На самом же юге Казахстана отмечаются обратные соотношения. Осадки холодного полугодия здесь (Южно-Казахстанская область) в среднем составляют 60...65 % годовых их сумм, а теплого полугодия только 35...40 % [4]. Как это будет видно из дальнейшего, такой характер распределения осадков по Казахстану обуславливается своеобразием происходящих на его территории сезонных циркуляционных процессов. В связи с этим северные и южные районы резко отличаются между собой и внутригодовым распределением осадков.

В работе были использованы данные из «Справочника по климату Казахстана» о месячных суммах осадков [5].

Было проведено сравнение годовых сумм осадков за периоды 1940...2000, 1981...2000 и 1970...2011 гг. Из сравнительного анализа средних годовых сумм осадков следует, что в большинстве случаев наибольшее количество осадков наблюдалась в 1970...2011 гг., т.е. в последние 42 года. Наименьшие значения количества осадков на севере наблюдались в 1940...2000 гг., за исключением Петропавловска, здесь наимень-

шие среднегодовые суммы осадков были 1891...2000 гг. На юге наименьшие значения количества осадков были отмечены в 1891...2000 гг.

На севере преобладающее количество осадков наблюдается в теплую половину года, так как в годовом ходе преобладают июльские осадки. На юге в Талдыкоргане и Алматы также отмечается преобладание количества осадков теплого периода над холодным, так как наибольший вклад в годовую сумму вносят осадки в апреле и мае. Количество осадков на станции Тараз одинаково в оба периода, а в Шымкенте, наоборот, в холодный период осадков больше, чем в теплый период. По данным климатического справочника минимальное количество годовых осадков за последние 110 лет наблюдалось в Есиле (263,0 мм), наибольшее в Алматы (626,0 мм), на это указывают проанализированные данные за 61 и 42 года.

Таким образом, для северных станций имеет место преобладание осадков теплого периода. На юге в Алматы и Талдыкоргане преобладают осадки теплого периода. В Шымкенте преобладают осадки холодного периода (367 мм). В Таразе осадки теплого и холодного периода равны по величине.

В работе был проведен сравнительный анализ статистических характеристик средних сезонных сумм осадков за синоптические сезоны: осень, предзимье и зима на севере и юге Казахстана. Для проведения статистического анализа были рассчитаны следующие статистические характеристики: среднее (\bar{R}), среднее квадратическое отклонение (σ_R), среднее абсолютное отклонение (CAO), коэффициент вариации (C_v), коэффициенты асимметрии (C_{As}) и эксцесса (C_{Ex}).

Расчеты проводились для холодного времени года периода 1970...2011 гг. (табл. 1).

Таблица 1
Характеристики изменчивости и нормальности средних сезонных сумм осадков за 1970...2011 гг.

Станция (h м над ур. моря)	Сезон	\bar{R}	CAO	σ_R	C_v	C_{As}	C_{Ex}
Северные							
Петропавловск (140 м)	осень	30,6	9,6	11,8	0,39	0,54	0,06
	предзимье	25,9	8,4	10,7	0,41	0,34	-0,40
	зима	19,5	5,5	7,5	0,38	0,74	0,62
Костанай (151 м)	осень	27,5	11,0	13,6	0,50	0,81	0,30
	предзимье	23,9	6,6	8,6	0,36	-0,20	-0,37
	зима	16,2	5,6	6,7	0,42	0,16	-0,85

Станция (h м над ур. моря)	Сезон	\bar{R}	CAO	σ_R	C_v	C_{As}	C_{Ex}
Кокшетау (228 м)	осень	21,9	7,8	10,3	0,47	0,92	1,02
	предзимье	14,7	4,6	6,4	0,44	1,47	4,22
	зима	11,6	4,0	5,4	0,47	1,06	0,89
Есиль (219 м)	осень	21,0	7,6	10,6	0,51	0,57	0,63
	предзимье	18,3	5,7	6,8	0,37	-0,04	-0,89
	зима	12,6	3,7	4,7	0,38	0,13	0,02
Южные							
Талдыкорган (601 м)	осень	29,5	12,6	16,5	0,56	0,69	0,16
	предзимье	42,9	10,9	13,3	0,31	0,13	-0,45
	зима	30,3	7,9	10,6	0,35	1,06	2,20
Алматы (847 м)	осень	40,9	17,2	22,3	0,54	0,63	0,68
	предзимье	47,4	10,9	13,9	0,29	0,34	0,08
	зима	37,1	8,3	10,9	0,29	0,44	0,54
Тараз (651 м)	осень	19,8	9,9	12,3	0,62	0,63	-0,27
	предзимье	36,4	14,0	17,6	0,48	0,61	0,23
	зима	29,9	11,1	15,7	0,52	1,47	2,79
Шымкент (606 м)	осень	25,6	12,9	16,7	0,65	0,90	1,39
	предзимье	72,0	24,4	30,0	0,42	0,45	-0,20
	зима	76,5	18,5	22,9	0,30	0,09	-0,57

На севере наибольшее среднее сезонное количество осадков наблюдается осенью, а наименьшее – зимой. На юге наибольшее среднее сезонное количество осадков отмечается в предзимье, кроме Шымкента, а наименьшее – осенью, за исключением Алматы. В Алматы наименьшее среднее сезонное количество осадков наблюдается зимой.

На севере наибольшее CAO отмечается осенью, а наименьшее – зимой, т.е. в соответствии со средними сезонными значениями.

На юге наибольшее CAO в Алматы и Талдыкоргане отмечается осенью, а наименьшее – зимой. В Таразе и Шымкенте наблюдается иная картина: максимальное CAO характерно для предзимья, а минимальное – для осени.

На севере среднее квадратическое отклонение осенью изменяется в пределах от 10,3 мм в Кокшетау до 13,6 мм в Костанай. В предзимье – от 6,4 мм в Кокшетау до 10,7 мм в Петропавловске. Зимой среднее квадратическое отклонение среднесезонных значений колеблется в пределах от 4,7 мм на М Есиль до 7,5 мм в Петропавловске.

Таким образом, на севере наибольшая изменчивость средних сезонных сумм осадков характерна для осени, т.е. для переходного времени года, когда больше среднесезонное количество осадков, а наименьшая – для зимы, когда их меньше.

На юге среднее квадратическое отклонение средних сезонных значений осадков осенью изменяется в пределах 12,3 мм в Таразе и 22,3 мм в Алматы. В предзимье – от 13,3 мм в Талдыкоргане до 30,0 мм в Шымкенте. Зимой среднее квадратическое отклонение среднесезонных значений колеблется в пределах от 10,6 мм на М Талдыкорган до 22,9 мм на М Шымкент.

Сравнительный анализ подводит к выводу, что как на юге, так и на севере максимальная изменчивость отмечается в большинстве случаев (но не во всех) в сезоны с наибольшим значением средних сезонных осадков, а наименьшая – с наименьшими. Величина изменчивости на юге больше, чем на севере.

Анализ коэффициентов вариации говорит о том, что как на севере, так и на юге, рассеяние не превышает норму, хотя является значительным – на всех станциях во все сезоны он более 0,25.

Более полное представление о поведении кривой распределения среднесезонных осадков дают коэффициенты асимметрии и эксцесса. Большинство статистических методов разработано в предположении нормальности распределения исходных данных. Нормальное распределение характеризуется нулевыми значениями коэффициентов асимметрии и эксцесса. Если распределение каких-либо метеовеличин значительно отличается от нормального, то исходные данные необходимо нормализовать в том случае, когда используются для прогноза в физико-статистических моделях. Значимость коэффициентов асимметрии и эксцесса оцениваются с помощью критических значений для 5 %-ного или другого уровней значимости. Если вычисленные значения коэффициентов асимметрии и эксцесса меньше критического, то распределение считают близким к нормальному, а если больше критического, распределение метеовеличины значительно отличается от нормального. Для 5 % уровня значимости $C_{As\ крит.} = 0,59$, $C_{Ex\ крит.} = 0,85$.

В большинстве случаев на севере отмечается положительная асимметрия, за исключением Кустаная ($C_{As} = 0,20$) и Есиля ($C_{As} = -0,04$) в предзимье, где она отрицательна, но не значима. Асимметрия значительно отличается от нулевой во все сезоны в Кокшетау, осенью в Кустанае и зимой в Петропавловске. Таким образом, распределение близко к нормальному в Есиле, Кустанае (в предзимье и зимой), Петропавловске (осенью и в предзимье). На юге для всех случаев асимметрия положительная. Асимметрия значительно отличается от нуля во все сезоны в Таразе, в Талдыкоргане осе-

нию и зимой, в Алматы и Шымкенте – осенью. В предзимье и зимой в Алматы и Шымкенте распределение близко к нормальному, на станции Талдыкорган – в предзимье.

Таким образом, нормальное распределение сезонных осадков по асимметрии осенью, в предзимье и зимой характерно только для Есиля. Данные для других станций необходимо рассматривать конкретно для каждого случая.

Коэффициент эксцесса в половине случаев положителен, в половине – отрицателен. На севере в Петропавловске и Кустанае во все сезоны эксцесс близок к нормальному, в Есиле – осенью и зимой. Коэффициент эксцесса значим во все сезоны на М Кокшетау и в предзимье на М Есиль. На юге в Алматы эксцесс не значим во все сезоны, в Талдыкоргане и Таразе не значим осенью и в предзимье, в Шымкенте – в предзимье и зимой. Эксцесс значимо отличается от нуля в Талдыкоргане и Таразе зимой, в Шымкенте – осенью.

Анализ коэффициентов эксцесса средних сезонных осадков показал, что как на севере, так и на юге единой картины не наблюдается, и распределение среднесезонных осадков необходимо рассматривать конкретно для каждого случая. Однако, из всех рассмотренных случаев, только в 7 коэффициент эксцесса отличен от нормального.

Для получения наглядного представления о виде распределения среднесезонного количества осадков были построены гистограммы для осени, предзимья и зимы по 8 станциям за холодное полугодие за период с 1970 по 2011 гг. В качестве примера взяты гистограммы для Петропавловска (рис. 1) и Шымкента (рис. 2) в предзимье.

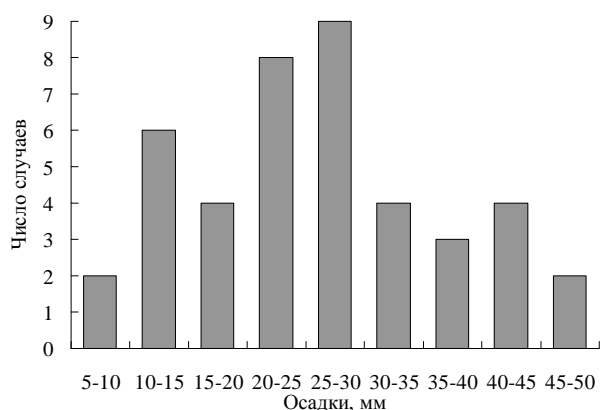


Рис. 1. Гистограмма распределения осадков в предзимье на М Петропавловск.

В соответствии с рис. 1, наибольшую повторяемость имеют осадки градаций от 20 до 25 мм. и от 25 до 30 мм. (8...9 случаев). В целом кривая имеет 3 моды (коэффициент эксцесса отрицателен) и небольшую правостороннюю асимметрию. Осадки больших (45...50 мм) и малых (5...10 мм) градаций встречаются редко: в 2 случаях. Распределение коэффициента асимметрии близко к нормальному, коэффициент эксцесса не значительно отличается от нормального для 5 %- ного уровня значимости.

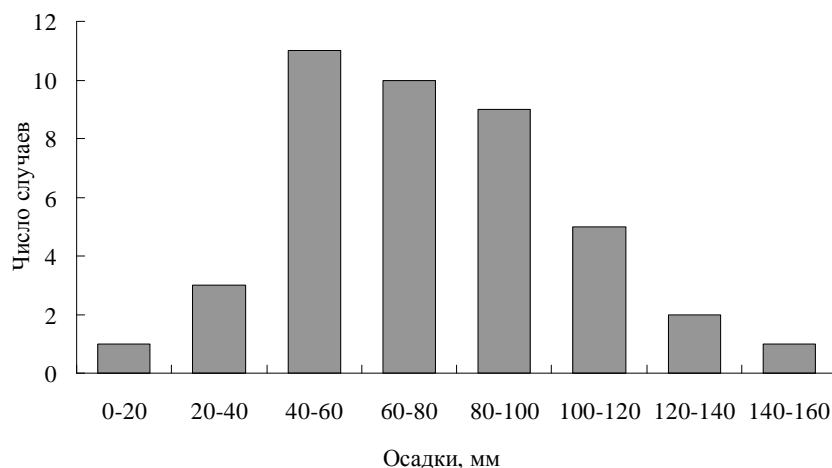


Рис. 2. Гистограмма распределения осадков в предзимье на М Шымкент.

В соответствии с рис. 2, наибольшую повторяемость имеют сезонные осадки градаций 40...60 мм (11 случаев), 60...80 мм (10 случаев). Кривая имеет небольшую правостороннюю асимметрию. Осадки больших (140...160 мм) и малых (0...20 мм) градаций встречаются гораздо реже. Значения коэффициента асимметрии и эксцесса меньше критического, распределение отличается от нормального.

В работе был проведен анализ временного хода аномалий сезонных осадков на севере и юге Казахстана за 1970...2011 гг. Временной ход аномалий сезонных осадков был аппроксимирован с помощью линейного и полиномиального трендов 6-ой степени. Линейный тренд хорошо улавливает тенденцию изменения, а полиномиальный адекватно отражает колебания внутри рассматриваемого периода [1].

Для примера представлены графики аппроксимации временного хода аномалий сезонных осадков с помощью линейного и полиномиального тренда 6- го порядка в Петропавловске (рис. 3, 4, 5) и Шымкенте (рис. 6, 7, 8).

В соответствии с рис.3 осенью в Петропавловске максимумы аномалий сезонных осадков наблюдались в 1973, 1984, 1993 и 2001 гг., а наи-

более выраженный минимум в 1991 г. Линейный тренд не значим, коэффициент корреляции равен нулю, $R_{крит.} = 0,30$. Полиномиальный тренд указывает на рост аномалий осадков с 1970 по 1988 гг., затем следует небольшое уменьшение с 1988 по 2000 гг., затем отмечается ровный ход и уменьшение с 2006 по 2011 гг.

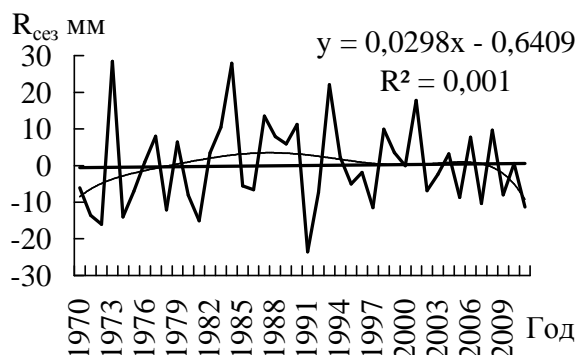


Рис. 3. Аппроксимация временного хода аномалий сезонных осадков осенью с помощью линейного и полиномиального трендов в Петропавловске.

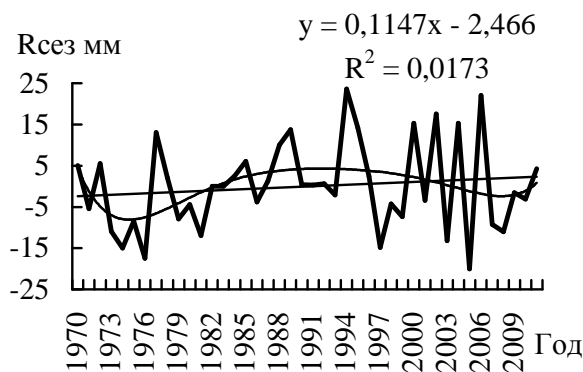


Рис. 4. Аппроксимация временного хода аномалий сезонных осадков в предзимье с помощью линейного и полиномиального трендов в Петропавловске.

В соответствии с рис. 4 в предзимье в Петропавловске наиболее выраженные максимумы аномалий сезонных осадков наблюдались в 1995 и 2006 гг., а минимумы – в 1976 и 2005 гг. Линейный тренд не значим, коэффициент корреляции равен 0,13. Полиномиальный тренд показывает рост аномалий осадков с 1975 по 1992 гг. Далее с 1992 по 2008 гг. отмеча-

ется уменьшение, а затем увеличение аномалии. Коэффициент корреляции полиномиального тренда значим и равен 0,36.

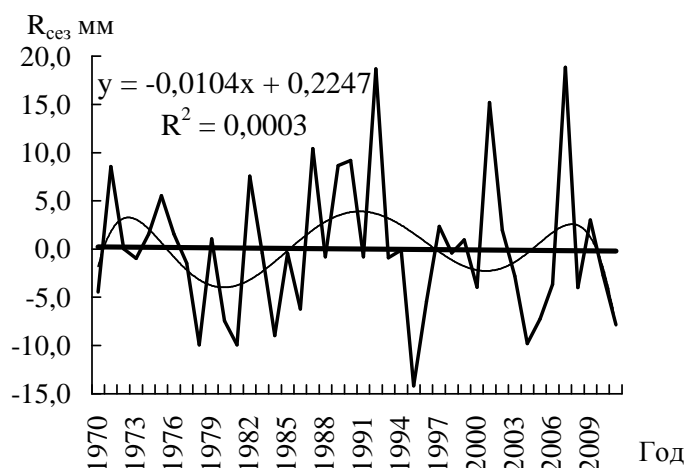


Рис. 5. Аппроксимация временного хода аномалий сезонных осадков зимой с помощью линейного и полиномиального трендов в Петропавловске.

В соответствии с рис. 5 зимой в Петропавловске максимумы аномалий сезонных осадков наблюдались в 1992, 2001 и 2007 гг., а наиболее выраженный минимум в 1995 г. Линейный тренд не значим, коэффициент корреляции равен нулю. Полиномиальный тренд указывает на уменьшение аномалий осадков с 1972 по 1980 гг., затем отмечается рост с 1980 по 1991 гг., далее уменьшение с 1991 по 2001 гг., затем опять рост с 2001 по 2008 гг., и с 2008 г. уменьшение аномалий сезонных осадков. Таким образом, отмечается синусоидальный ход аномалий с неодинаковой периодичностью. Коэффициент корреляции полиномиального тренда равен 0,36.

Аналогичный анализ был проделан над временным ходом аномалий сезонных осадков для южных станций (рис. 6, 7). Например, осенью и в предзимье значимых трендов в Шымкенте не отмечалось. Аппроксимация для зимы в Шымкенте представлена на рис. 8.

В соответствии с рис. 8 зимой в Шымкенте максимумы аномалий сезонных осадков наблюдались в 1979, 1993, 1997, и 2005 гг., а минимум — в 1986 г. Линейный тренд значим, коэффициент корреляции равен 0,30. Полиномиальный тренд указывает на рост аномалий осадков с 1970 по 1975 гг., затем на убывание с 1975 по 1983 гг., далее следует рост с 1983 по 1997 гг. и с 1997 по 2007 гг. убывание с последующим ростом. Коэффициент корреляции для полиномиальной аппроксимации равен 0,45. Рис. 8 указывает на явно выраженную периодичность с меняющимся перио-

дом. Аналогичный анализ был проведен для всех рассмотренных станций осенью, в предзимье и зимой.

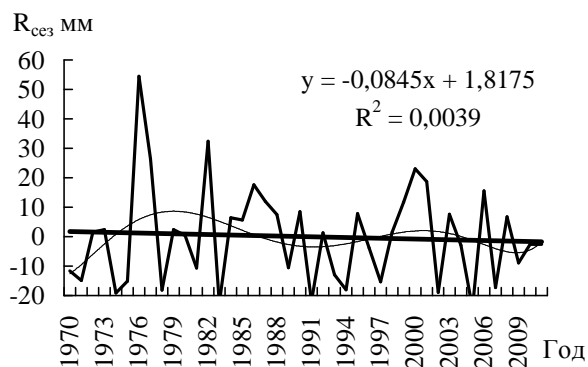


Рис. 6. Аппроксимация временного хода аномалий сезонных осадков осенью с помощью линейного и полиномиального трендов в Шымкенте.

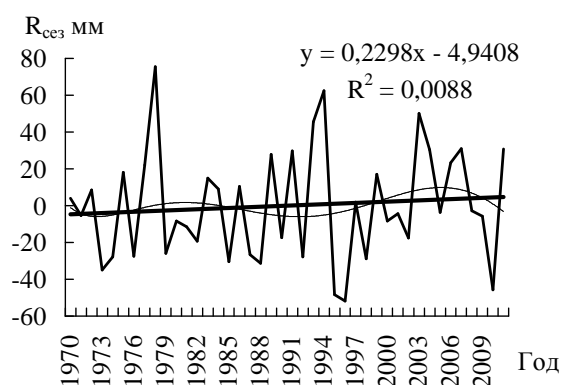


Рис. 7. Аппроксимация временного хода аномалий сезонных осадков в предзимье с помощью линейного и полиномиального трендов в Шымкенте.

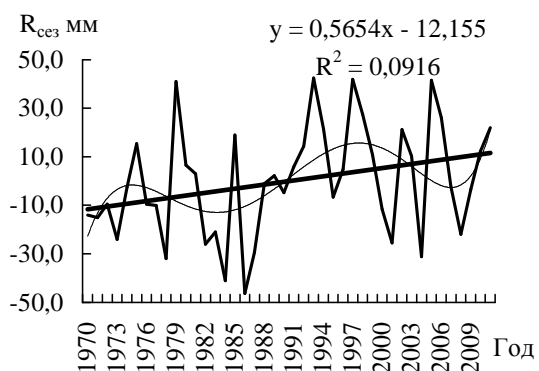


Рис. 8. Аппроксимация временного хода аномалий сезонных осадков зимой с помощью линейного и полиномиального трендов в Шымкенте.

Анализ всех рассмотренных случаев позволил сделать следующий вывод: только в трех случаях для зимы, из 24 рассмотренных, тренды оказались значимыми, следовательно, как на севере, так и на юге Казахстана значимых трендов сезонных осадков в большинстве случаев не наблюдалось.

В работе был составлен каталог крупных аномалий сезонных осадков для станций севера и юга Казахстана (табл. 2). В качестве критерия аномальности принималась величина $A \geq 1,2\sigma$ [3]. При нормальном распределении метеоэлемента вероятность превзойти указанное значение составляет 0,12 для аномалии каждого знака (в сумме 0,24), т.е. примерно около одной четверти всех случаев. Тогда для характеристики аномальности территории можно взять показатель ν^j , т.е. относительное число станций, для которых аномалия превышает уровень $1,2\sigma$. Аналогичным образом можно характеризовать и аномальность заданного периода времени (число месяцев, для которых аномалия $A \geq 1,2\sigma$).

Таблица 2

Каталог крупных положительных и отрицательных аномалии на севере и юге Казахстана осенью, в предзимье и зимой

Станция (h м над ур. моря)	Сезон					
	осень		предзимье		зима	
	+	-	+	-	+	-
Северные						
Петропавловск (140 м)	1973		1977	1994	1987	1981
			1994		2001	1984
Костанай (151 м)	2001		2005		2007	1995
	1973		1994	1994	2001	1981
Кокшетау (228 м)		2010	2005		2007	1984
						1995
Есиль (219 м)			1977		1987	1984
			1994		2001	1995
Талдыкорган (601 м)	1973		1977	1994	1987	1981
		2010	1994		2001	1995
Алматы (847 м)	2001		2005		2007	
Южные						
Талдыкорган (601 м)	1976	1991	1994	1995	1993	1984
	2000	1997	2003		2010	1986
Алматы (847 м)		2005				
	1976	1991	1994	1995		1984
Алматы (847 м)	2000	1997	2003	1996	2010	1986
		2005				

Станция (h м над ур. моря)	Сезон					
	осень		предзимье		зима	
	+	-	+	-	+	-
Тараз (651 м)	2000	1997	1994	1995	1993	1984
		2005	2003	1996	2010	
Шымкент (606 м)	1976	1991	1994	1995	1993	1984
	2000	2005	2003	1996		1986

Согласно табл. 2, осенью на севере в 1973 и 2001 гг. наблюдалась крупная положительная аномалия почти на всех станциях, за исключением Кокшетау. Крупная отрицательная аномалия была характерна для всех северных станций в 2010 г., кроме Петропавловска. В предзимье в 1977 г. наблюдалась крупная положительная аномалия почти на всей территории. 1994 и 2005 гг. также были отмечены на всех станциях как годы крупных положительных аномалий. В предзимье крупная отрицательная аномалия наблюдалась в 1994 г., кроме станции Кокшетау. Зима 1987 г. имела крупную положительную аномалию на 3-х станциях из 4-х рассмотренных. В 2001 и 2007 гг. наблюдались крупные положительные аномалии. В 1981 г. была отмечена крупная отрицательная аномалия, за исключением Кокшетау. 1995 г. отмечен как год крупных отрицательных аномалий.

На юге осенью 1976 г. в большинстве случаев наблюдались крупные положительные аномалии. 2000 год отмечается на всех станциях, как год крупных положительных аномалий. В 1991, 1997, 2005 годах отмечаются крупные отрицательные аномалии, почти на всех станциях. В предзимье 1994 и 2003 годов отмечались крупные положительные аномалии. В 1995 и 1996 гг. наблюдались крупные отрицательные аномалии, за исключением Талдыкоргана. Зимой 1993 года на всех станциях, кроме Алматы, наблюдались крупные положительные аномалии. В 2010 году также отмечалась положительная крупная аномалия на большей части территории. В 1984 году была отмечена крупная отрицательная аномалия на всех южных станциях. В большинстве случаев 1986 год отмечен как год крупных отрицательных аномалий.

Сравнительный анализ крупных аномалий на севере и юге Казахстана показал, что предзимье 1994 года можно считать сезоном крупных положительных аномалий на севере и юге Казахстана. Зимой 1984 года можно считать сезоном крупных отрицательных аномалий. Только на М Есиль таких аномалий не наблюдалось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балтабаева Д.Б., Боголюбова Е.В. Анализ статистических характеристик климатических параметров в центральном Казахстане, в Акмолинской области // Вестн. КазНУ. – 2012. – №1 (34). – С. 78-88.
2. Израэль Ю.А., Хашимото М., Мак У. Дж., Тегарт Г. Оценки экологических и социально-экономических последствий изменения климата // Доклад рабочей группы II МГЭИК – СПб.: Гидрометиздат, 1992 – С. 138-142.
3. Исследование взаимодействия мезо- и микроклиматических процессов в атмосфере и применение статистических методов в метеорологии / КазНИГМИ, ГГО. – М: Гидрометиздат. – 1985. – С. 134-137.
4. Климат Казахстана. / Под ред. А.С. Утешева –Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 358 с.
5. Климатический справочник СССР. Вып.18. – Алма-Ата: Обсерватория Казахский ССР, 1968 – С. 178-179.

Поступила 28.05.2015

Н.У. Кузагельдина

Физ.-мат. ғылымд. канд. Е.В. Боголюбова

ЖАУЫН-ШАШЫННЫҢ ОРТАША МАУСЫМДЫҚ СОМАСЫНЫҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ БАҒАЛАУЫНЫҢ ӨЗГЕРУ ЕРЕКШЕЛІГІ ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІГІНДЕ ЖӘНЕ СОЛТҮСТІГІНДЕ КҮЗДЕ, ҚЫС АЛДЫ ЖӘНЕ ҚЫС МЕЗГІЛІНДЕГІ ІРІ АНОМАЛИЯ ТІЗБЕСІ

Осы жұмыста әр түрлі периодқа арналған жауын-шашынның жылдық сомасына салыстырмалы талдау жүргізілді, Қазақстанның оңтүстігінде және солтүстігінде күзде, қыс алды және қыс синоптикалық мезгіліне жауын-шашынның орташа маусымдық сомасының статистикалық сипаттамасына есептеулер жүргізілді. Жауын-шашынның орташа маусымдық сомасын бағалауына, орташа квадраттық ауытқуына, орташа абсолютті ауытқуына және вариация коэффициентіне статистикалық есептеулер жүргізілді. Жауын-шашынның орташа маусымдық сомасының қалыпты таралуы, асимметрия коэффициенті және эксцесс сипаттамаларына есептеулер жүргізілді. Өзгеру үрдісін анықтау үшін 6-шы ретті полиномиалды және сызықты тренд көмегімен жауын-шашынның маусымдық сомасы аномалиясының уақыттық жүрісіне аппроксимация жүргізілді. Жауын шашынның күз, қыс алды, қыс маусымдық сомасына ірі оң таңбалы және теріс таңбалы аномалия тізбесі жасалды.

УДК 551.5

Канд. геогр. наук

М.М. Молдахметов *

Канд. геогр. наук

Л.К. Махмудова *

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
МАКСИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА
ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО И ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА**

*СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЗАЛЕГАНИЯ
СНЕЖНОГО ПОКРОВА, ВЫСОТА СНЕЖНОГО ПОКРОВА*

В статье рассматривается динамика максимальной высоты снежного покрова на территории Северного и Центрального Казахстана за период с 1935 по 2012 гг. Выявлены закономерности изменения максимальной высоты снежного покрова на рассматриваемой территории и во времени.

Проблеме глобального изменения климата и его прогнозу сейчас в мире уделяется огромное внимание [3, 4]. В связи с этим изучение изменений характеристик снежного покрова важно для анализа формирования речного стока, воздействия на атмосферу, экономики и общества в целом. Согласно исследованиям казахстанских ученых в стране уже к 90-м годам прошлого столетия повышение температуры воздуха составило 1...1,3 °С [2, 8]. Есть сведения, что только за 1954...2003 гг. здесь среднегодовая температура воздуха, как показывают данные длиннорядных метеостанций, повысилась на 1,5 °С, а по некоторым станциям (например, Павлодар, Семипалатинск) – на 2...2,5 °С [6].

Естественно, существенное изменение температуры влечет за собой изменение других метеорологических характеристик, в том числе и характеристик снежного покрова. И эти изменения особенно заметны с 70-х гг. В частности, с середины 70-х гг. отмечается систематическое увеличение повторяемости зональных форм макроциркуляции атмосферы [1, 7]. Во внутриконтинентальных районах средних широт повышение температуры вызывает увеличение испарения, сокращение периода снегонакопления.

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

Период снегонакопления при продвижении с севера на юг Казахстана последовательно уменьшается. Так нарастание снежного покрова в северных районах происходит в течение всего зимнего периода. В северных районах Казахстана средняя из наибольших декадных высот снега отмечается в первой и второй декаде марта, в центральных районах – во второй и третьей декаде февраля.

Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова колеблется в значительных пределах. Для рассматриваемой территории она последовательно убывает с севера на юг.

Между продолжительностью залегания и мощностью снежного покрова существует удовлетворительная связь. Так в период 2001...2002 гг. по данным М Астана отмечалась самая короткая продолжительность залегания снежного покрова – 86 суток. Значение высоты снежного покрова в этот период незначительное, всего 18 см, при среднеемноголетнем значении – 26 см. Зима 1976...1977 гг. была многоснежной. Максимальная высота снежного покрова составила 39 см, а продолжительность залегания снежного покрова длилась 176 суток.

Были рассчитаны коэффициенты корреляции связей между максимальной высотой снежного покрова и продолжительностью его залегания, осредненными за многолетний период (1974...2012 гг.). Построено две зависимости: для Северного и Центрального Казахстан (рис. 1). При этом использованы данные метеостанций сети РГП «Казгидромет», расположенных в этих регионах. Заметим, коэффициенты корреляции, полученные для этих зависимостей между собой равны. Это свидетельствует об одинаковой закономерности режима залегания снежного покрова.

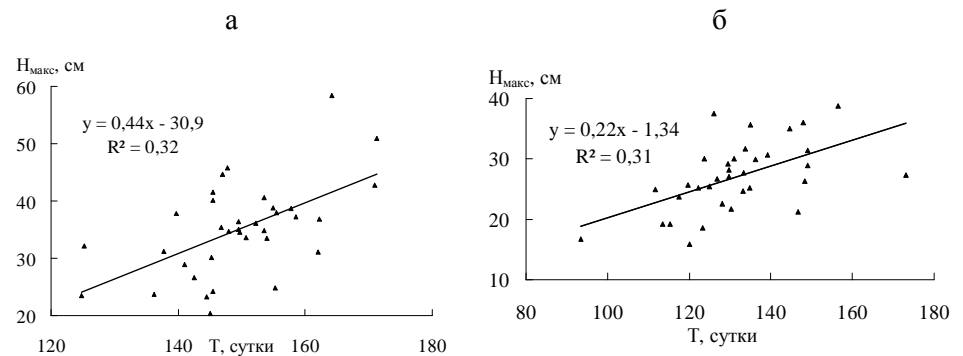


Рис. 1. Зависимость максимальной высоты снежного покрова от продолжительности его залегания на территории Северного Казахстана (а) и Центрального Казахстана (б).

Между рассматриваемыми характеристиками снежного покрова получены удовлетворительные связи. Теснота связи зависимости $H_{\text{макс.}} = f(T)$ для территории Северного Казахстана характеризуется коэффициентом корреляции $r = 0,56$. Уравнение регрессии имеет вид $y = 0,44x - 30,9$.

Теснота связи зависимости $H_{\text{макс.}} = f(T)$ для территории Центрального Казахстана характеризуется коэффициентом корреляции $r = 0,55$. Уравнение регрессии имеет вид $y = 0,22x - 1,34$.

По ежегодным данным рассчитаны средние многолетние значения максимальной высоты снежного покрова. Анализ изменчивости максимальной высоты снежного покрова осуществлялся путем вычисления коэффициента вариации, который за последний 38-летний период изменялся для максимальной высоты в пределах от 0,28 (Астана) до 0,65 (Атбасар).

Средняя высота снежного покрова перед началом весеннего снеготаяния на открытых участках достигает 25...35 см в северо-западной части Акмолинской области и 20...25 см – на остальной территории (табл. 1).

Таблица 1

Максимальная высота снежного покрова

Период	Наименьшая высота, см	Средняя высота, см	Наибольшая высота, см
Костанай			
1974...2012	13	31	60
Петропавловск			
1935...2012	5	37	124
1935...1973	5	22	62
1974...2012	14	51	124
Астана			
1935...2012	10	26	52
1935...1973	10	25	52
1974...2012	15	28	42
Атбасар			
1935...2012	8	41	115
1935...1973	16	39	115
1974...2012	8	43	102
Есиль			
1974...2012	9	26	52
Жанаарка			
1974...2012	10	21	39

Период	Наименьшая высота, см	Средняя высота, см	Наибольшая высота, см
1974...2012	7	21	37
	Жезказган		
1936...2012	7	27	51
1936...1973	7	25	44
1974...2012	7	29	51
	Торгай		
1939...2012	5	29	79
1939...1973	5	22	79
1974...2012	14	36	77

Наибольшие значения максимальной высоты снежного покрова превышают средние многолетние значения примерно в 2 раза (осредненное значение по территории). Осредненные наименьшие значения максимальной высоты снежного покрова отличаются от максимальных значений примерно в 6,3 раза. Самые наибольшие отличия минимальных и максимальных значений высоты снежного покрова наблюдаются на метеостанциях Атбасар и Петропавловск, в 12,8 и 8,85 раза соответственно (по данным наблюдений за период с 1974 по 2012 гг.).

Высота снежного покрова изменяется в значительных пределах – в отдельные годы, в течение всей зимы, а также в зависимости от расположения метеостанции. На рис. 2 приведена пространственная изменчивость этой характеристики.

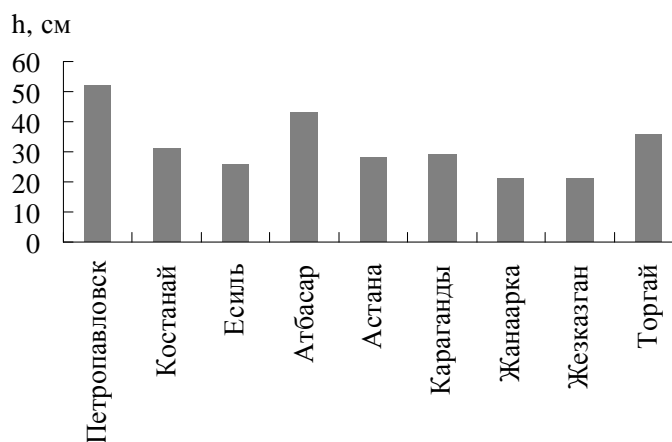
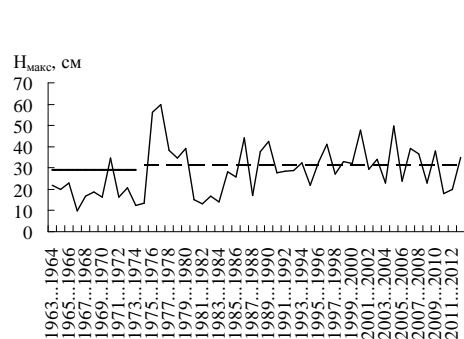


Рис. 2. Пространственная изменчивость максимальной высоты снежного покрова в Северном и Центральном Казахстане.

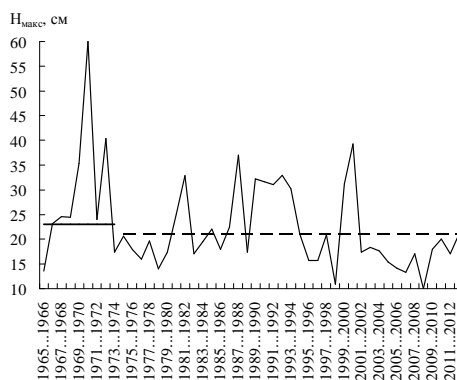
Хорошо прослеживается общая закономерность залегания снежного покрова. Наибольшая высота наблюдается на севере и на северо-западе рассматриваемой территории. Средняя максимальная высота снежного покрова по территории за период с 1974 по 2012 гг. составляет 32 см. Более подробные характеристики высоты снежного покрова приведены в табл. 1.

Амплитуда колебаний высоты снежного покрова минимальна в центральной части рассматриваемой территории, в районе М Жезказган и М Жанаарка составляет 30 см, и увеличивается к северо-западу и югу.

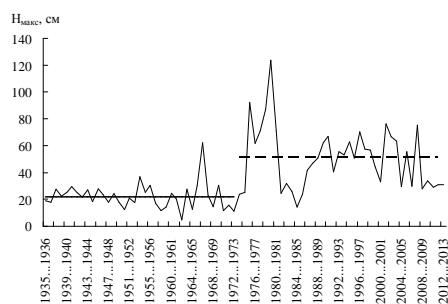
Основная особенность современных изменений максимальной высоты снежного покрова – увеличение в последние десятилетия мощности залегания снежного покрова. Для ряда метеостанций характерно увеличение средней многолетней величины максимальной высоты снежного покрова по сравнению с предыдущим периодом. Все это хорошо иллюстрируется приведенными графиками хода максимальной высоты снежного покрова (рис. 3, табл. 2).



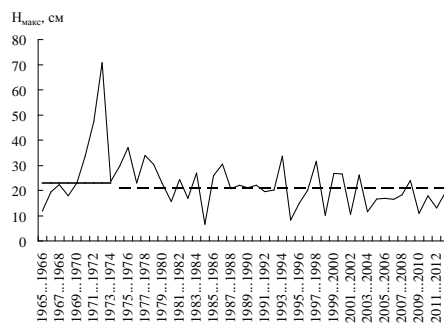
a



д



б



е

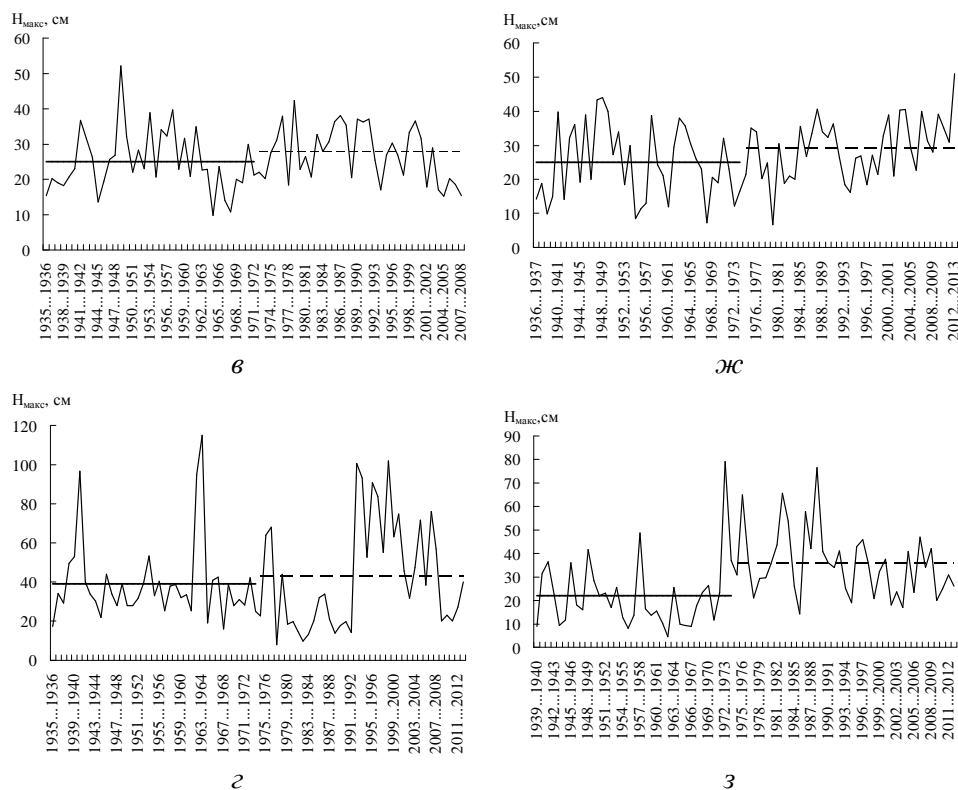


Рис. 3. Графики хода максимальной высоты снежного покрова по метеостанциям Северного и Центрального Казахстана. а – Костанай, б – Петропавловск, в – Астана, г – Атбасар, д – Жанаарка, е – Жезказган, ж – Караганды, з – Торгай.

Таблица 2
Статистические характеристики снежного покрова

Метеостанция	Период	Максимальная высота снежного покрова		
		Норма, см	σ	C_v
Костанай	1963...2012	29	12	0,41
	1974...2012	31	12	0,37
Петропавловск	1935...2012	37	23	0,62
	1935...1973	22	10	0,43
	1974...2012	51	23	0,45
Астана	1935...2006	26	8	0,32
	1935...1973	25	9	0,35
	1974...2008	28	8	0,28

Метеостанция	Период	Максимальная высота снежного покрова		
		Норма, см	σ	C_v
Атбасар	1935...2012	41	24	0,60
	1935...1973	39	21	0,53
	1974...2012	43	28	0,65
Есиль	1965...2012	24	10	0,42
	1974...2012	26	10	0,40
Жанаарка	1965...2012	23	9	0,41
	1974...2012	21	7	0,34
Жезказган	1965...2012	23	11	0,47
	1974...2012	21	8	0,36
Караганды	1936...2012	27	10	0,37
	1936...1973	25	11	0,44
	1974...2012	29	9	0,30
Торгай	1939...2012	29	16	0,55
	1939...1973	22	15	0,67
	1974...2012	36	14	0,40

В малоснежные зимы максимальная высота снежного покрова составляет всего около 15 см в северной части территории и 10 см – в южной. В многоснежные зимы максимальная высота снега увеличивается до 50...60 см на севере бассейна р. Есиль и до 30...40 см – в южной её части.

В центральной части исследуемой территории средняя многолетняя высота снежного покрова была ниже на 10...12 %, чем за предшествующий многолетний период.

Расчет значений среднего квадратического отклонения для высоты снежного покрова за последний период показал, что они изменяются от 7 см в Жанаарке до 28 см в Атбасаре.

В научно-прикладном справочнике [5] обобщены материалы наблюдений за период 1891...1980 гг. Сравнительная оценка показала, что средняя продолжительность устойчивого залегания снежного покрова в условиях Северного Казахстана за период с 1974 по 2010 гг., по сравнению с предыдущим периодом, в целом не претерпела значительных изменений. По данным М Костанай и М Караганды число дней со снежным покровом осталось без изменений. А в районе М Петропавловск и М Жанаарка продолжительность устойчивого залегания снежного покрова сократилась на одни сутки. В районах М Атбасар и М Жезказган наоборот увеличилась на 1 сутки и составила 158 и 115суток соответственно. Более

значительное сокращение продолжительности залегания снежного покрова отмечены в районе М Астана и М Торгай. Число дней со снежным покровом уменьшилось на 9 и 8 суток соответственно [9].

Анализ изменчивости высоты снежного покрова Северного Казахстана за последние десятилетия осуществлялся путем построения графика отклонения высоты снежного покрова от нормы за период с 1974 по 2012 гг.

Были вычислены отклонения от среднего многолетнего значения по высоте снежного покрова по всем 9 метеостанциям. Эти данные были осреднены по всему Северному Казахстану. По результатам вычислений были построены графики отклонений для высоты снежного покрова (рис. 4).

Как видно на рис. 4, отклонение от средних многолетних значений носят как положительный, так и отрицательный характер. Линия тренда описывается уравнением полинома второй степени $y = -0,013x^2 + 0,40x - 1,23$, где x – период времени, год, y – высота снежного покрова, см.

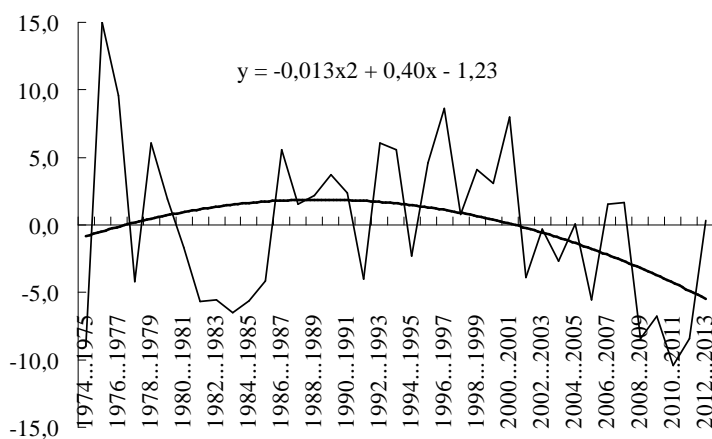


Рис. 4. Отклонение от среднего многолетнего значения высоты снежного покрова по метеостанциям Северного Казахстана.

Увеличение значений величины снежного покрова наблюдалось до середины 90-х годов прошлого столетия. В настоящее время преобладает тенденция к уменьшению высоты снежного покрова.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- Выявлена зависимость максимальной высоты снежного покрова от продолжительности его залегания, что позволяет определять ее величины в условиях Северного и Центрального Казахстана при отсутствии дан-

ных наблюдений за выпавшими зимними атмосферными осадками, колебаниями температуры воздуха и другими факторами формирования максимальной высоты снежного покрова.

- Установлено, что продолжительность залегания снежного покрова в условиях глобального потепления практически не изменилась. Значительные изменения имеются лишь в районе г. Астаны (уменьшение продолжительности на 9 суток) и М Торгай (уменьшение на 8 суток).

- Анализ среднемноголетней максимальной высоты снежного покрова на рассматриваемой территории показал, что она распределяется в основном равномерно, значения колеблются в пределах 20...30 см, и только в районе 3-х метеостанций она имеет большую величину: Петропавловск – 57 см, Атбасар – 43 см, Торгай – 36 см.

- При анализе изменения максимальной высоты снежного покрова во времени, прежде всего, проанализированы ее колебания в районе конкретных метеостанций (рис. 3). При этом выявлено ее увеличение в период с 1974 по 2012 гг. в сравнении с периодом до 1974 г. Так же сделан вывод о том, что максимальная высота снежного покрова в целом по рассматриваемому региону до середины 90-х годов прошлого столетия увеличивалась, а далее по настоящее время уменьшается.

Полученные результаты, закономерности, выводы могут быть использованы в дальнейших исследованиях снежного покрова, стока воды рек, а также для практических целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление: Т. VII: Ресурсы речного стока Казахстана: кн. 1: Возобновляемые ресурсы поверхностных вод Западного, Северного, Центрального и Восточного Казахстана / Под науч. ред. Гальперина Р.И. – Алматы: 2012. – 684 с.
2. Долгих С.А. Мониторинг и сценарии изменения климата Республики Казахстан с учетом глобального потепления: Автореф. дисс. канд. геогр. наук. – Алматы, 1999. – 23 с.
3. Мелешко В.П., Катцов В.М., Говоркова В.А., Спорышев П.В., Школьник И.М., Шнееров Б.Е. Климат России в XXI веке. Часть 3 – Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана СМIP3 // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 9. – С. 5-21.

4. Мелешко В.П., Катцов В.М., Мирвис В.М., Говоркова В.А., Павлова Т.В. Климат России в XXI веке. Часть 1 – Новые свидетельства антропогенного изменения климата и современные возможности его расчета // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 6. – С. 5-19.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Вып. 18. Казахская ССР. Книга 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 322-352.
6. О состоянии окружающей среды в РК в 2003 году Национальный доклад Министерства окружающей среды РК – Астана, 2005. – 256 с.
7. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е., Молдахметов М.М., Махмудова Л.К. Климатические колебания общей циркуляции атмосферы, осадков и речного стока над территорией Казахстана // Вестник КазНУ, сер. геогр. – 2011. – №2(33). – С. 19-24.
8. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 304 с.
9. Moldakhmetov M., Makhmudova L., Mussina A., Bolatov K. Dynamics of snow characteristics in terms of regional climate change in the Northern and the Central Kazakhstan // 7th Conference «European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches», Hosted by the ORT Publishing and the center for social and political studies «Premier». Conference papers / December 16, 2013. – Stuttgart, Germany. – P. 6-9.

Поступила 20.04.2015

Геогр. ғылымд. канд. М.М. Молдахметов
 Геогр. ғылымд. канд. Л.К. Махмудова

**СОЛТҮСТІК ЖӘНЕ ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ
 ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ЕҢ ЖОҒАРҒЫ ҚАЛЫҢДЫҒЫНЫҢ
 КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ӨЗГЕРІСІ**

Мақалада Солтүстік және Орталық Қазақстан аумағындағы 1935...2012 жж. аралығындағы қар жамылғысының ең жоғарғы қалыңдығының динамикасы қарастырылған. Қарастырылып отырған аумақтар бойынша қар жамылғысының ең жоғарғы қалыңдығының аумақ және уақыт бойынша өзгеру заңдылықтары айқындалған.

УДК 551.501: 629.195.1

Доктор техн. наук

А.Х. Ахмеджанов *

Канд. техн. наук

Т.К. Караданов *

**ОСОБЕННОСТИ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ
АТМОСФЕРЫ НА ЗАПАДЕ КАЗАХСТАНА ПО ДАННЫМ
СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ***АТМОСФЕРНЫЙ АЭРОЗОЛЬ, АЭРОЗОЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ
ТОЛЩИНА, ВИДИМЫЙ ДИАПАЗОН СПЕКТРА, ИНФРАКРАС-
НЫЙ ДИАПАЗОН СПЕКТРА*

Рассмотрены особенности сенсоров спутников, измеряющих уходящее и рассеянное излучение, по значению которых вычисляется аэрозольная оптическая толщина атмосферы для видимого и ближнего инфракрасного диапазонов спектра. Получены значения аэрозольной оптической толщины атмосферы по спутниковым данным для территории Западного Казахстана.

Изменение баланса нисходящего и восходящего потоков излучения на верхней границе тропосферы, обусловленное аэрозолями, может вызывать дополнительный нагрев (или охлаждение) земной поверхности. Но этот процесс имеет существенные неопределенности. Это обусловлено тем, что аэрозоль в атмосфере мало изучен. Отсутствуют данные регулярных наземных измерений на региональном уровне. В настоящее время NASA по проекту AERONET располагает широкой сетью солнечных фотометров, расположенных в различных точках мира. Данные, полученные с этих приборов, послужили основой для создания аэрозольных моделей, используемых для обработки спутниковых измерений. Результаты спутниковых наблюдений над территорией суши позволяют получить значения аэрозольной оптической толщины (АОТ) атмосферы на длине волны 0,55 мкм, что позволяет описать поведение АОТ в спектральном диапазоне, ограниченном 0,5...0,68 мкм [6]. В трудах ИОА СО РАН проанализированы многолетние тенденции изменения оптических и аэрозольных характеристик атмосферы для условий Томска и некоторых других районов восточной части России [3, 4]. На основе экспедиционных исследований показано, что весенняя атмосфера в Приморье и Японском море отличается двукратным превышени-

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

ем аэрозольного замутнения в сравнении с другими (морскими и континентальными) районами умеренных широт. Высокие значения АОТ наблюдаются во всем диапазоне спектра (0,3...2,14 мкм) и обусловлены совокупным влиянием выносов аэрозоля (пылевого, антропогенного, дымового) из соседних районов континента [1, 5].

Измерения аэрозольной оптической толщины атмосферы проводятся с помощью спектрорадиометра MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Он состоит в комплекте приборов на борту американских спутников серии EOS (Terra (EOS AM-1) и Aqua (EOS PM-1)) [7]. Этот спектрорадиометр работает с 2000 года. Общий ряд данных – 15 лет. MODIS является сканирующим спектрорадиометром среднего разрешения. Сам MODIS состоит из двух сканирующих спектрометров. MODIS-N ведет съемку в надир, а ось съемки MODIS-T может быть отклонена. 36 спектральных зон MODIS охватывают диапазон с длинами волн от 0,4 до 14,4 мкм. Съемка в зонах (620...670 и 841...876 нм) проводится с разрешением 250 м, в пяти зонах видимого и ближнего инфракрасного диапазона с разрешением 500 м, а в остальных (диапазон от 0,4 до 14,4 мкм) – 1000 м. Траектория движения носителя и угол обзора системы 110° (ширина полосы обзора 2330 км) позволяют MODIS за сутки получать изображение почти всей поверхности Земли, за исключением узких промежутков между полосами сканирования в низких широтах. Концентрация и оптические свойства аэрозолей исследуются в видимой (голубой) зоне спектра, которые получены в дневное время и позволяют наблюдать районы поступления в атмосферу взвесей природного и антропогенного происхождения. Наличие голубой спектральной зоны в системе MODIS впервые позволило получать параметры оптической плотности аэрозолей над поверхностью суши. Алгоритм определения оптической плотности аэрозолей использует зоны MODIS 1-7 и 20, а также маску контуров облачного покрова; кроме того, используются результаты наблюдений параметров аэрозолей с поверхности Земли для создания динамических моделей их поведения. Зависимость оптической толщины атмосферы от длины волны на основе функции прозрачности атмосферы по документации MODIS для среднеширотных условий удовлетворяет средним значениям наземных измерений. Первым этапом является расчет интенсивности уходящего излучения, фиксируемого на спутнике. Космическое изображение, восстановленное с применением программного пакета ENVI конвертируется в ASCII таблицу и с помощью калибровочных коэффициентов пересчитыва-

ется в матрицу. В этой матрице каждому пикселю соответствует значение интенсивности уходящего излучения с соответствующей размерностью ($\text{Вт/м}^2 \cdot \text{мкм} \cdot \text{ср}$).

Значения АОТ поступают с многоугольного сканирующего спектрорадиометра MISR (Multi-angle Imaging Spectro-Radiometer) [8] по 5 длинам волн 443, 555, 670, 865 нм для территории Казахстана. Объем данных охватывает период с февраля 2000 года по ноябрь 2013 года. Данные MISR не покрывают всю территорию Казахстана. Поэтому были выбраны участки с имеющимися над ними данными. MISR позволяет определять отражательные характеристики объектов в девяти разных направлениях. Это позволяет получать данные в двух режимах пространственного разрешения. В детальном (Local) режиме отдельные источники размером 300×360 км наблюдаются с максимальным разрешением 275 м всеми камерами. Пропускная способность радиоканала позволяет передать информацию в среднем всего для шести таких участков в день. Остальные данные передаются в обзорном (Global) режиме, при котором Земля наблюдается с более низким разрешением. Большинство съемочных инструментов, устанавливаемых на спутниках, ведут наблюдения вертикально. Для изучения аэрозолей, облачного покрова, водных поверхностей, растительности, горных пород необходимо знать количество солнечного света, рассеиваемого или отражаемого в естественных условиях по разным направлениям. MISR – не имеющий аналогов инструмент нового поколения – предназначен специально для решения задач такого типа. Он состоит из 9 камер, ведущих съемку по 9 разным направлениям: в надир, а также с отклонением под разными углами вперед и назад по направлению полета. Камеры позволяют получать изображения всей планеты в четырех спектральных диапазонах (голубом, зеленом, красном и ближнем инфракрасном) со средним и низким пространственным разрешением. Изменение отражения света при разных углах наблюдения позволяет распознавать различные типы атмосферных аэрозолей, форму облаков, покровы поверхности суши. Регулярное наблюдение этих объектов позволяет проследить месячные, сезонные и долговременные тенденции их изменений. При привлечении стереоскопических методов анализа изображений возможно наблюдение пространственных моделей местности и структур облачности. Использование наблюдений в разных направлениях позволяет более точно оценивать общее количество солнечной радиации, отраженной

различными участками земной поверхности. Обработку данных и создание производных изображений осуществляет Центр атмосферных данных NASA Langley Atmospheric Sciences Data Center. MISR обеспечивает получение глобальных карт альbedo поверхности Земли, позволяет изучать различные типы облачных полей при классификации их по неоднородности пространственного распределения и по различиям в высотах верхней границы, получать значения амплитуд и пространственно-временной изменчивости поглощения и рассеяния солнечного света частицами тропосферного аэрозоля. При этом также обеспечивается получение информации об источниках и стоках аэрозольных частиц в атмосфере, формирующих глобальный баланс естественного и антропогенного аэрозоля, знание характеристик которого требуется для исследования не только глобального климата, но для проведения текущей атмосферной коррекции.

По территории Казахстана имеются несколько полос данных АОТ атмосферы с прибора ОМІ (Ozone Monitoring Instrument) [9], который был создан Голландским аэрокосмическим агентством, Финским метеорологическим институтом и NASA. Этот прибор в 2004 году сменил на околоземной орбите спутник TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer). ОМІ спектрометр, измеряющий количество солнечного света, рассеянного в атмосфере и по поверхности Земли, что позволяет оценить количество озона на разной высоте. ОМІ обладает более широким спектральным и пространственным разрешением. Он способен осуществлять ежедневный глобальный мониторинг состояния атмосферы в диапазоне 270...500 нм длины волны и спектральным разрешением 0,5 нм с пространственным разрешением 13×24 км на один пиксель. Частота съёмки – 1 раз в сутки. Имеющийся объем данных аэрозольной оптической толщины по длинам волн 342,5; 388,0; 442,0; 463,0 и 483,5 нм с октября 2004 года по настоящее время. В каждом случае определяются координаты участков с данными.

Оптическая толщина среды τ_λ , безразмерная величина, характеризующая ослабление оптического излучения в среде за счет совместного действия поглощения света и рассеяния света. Учитывая различие в рассеянии прямой и рассеянной радиации, удобно разделить последние члены в уравнениях переноса излучения в атмосфере на две части – на однократное и многократное рассеяние. Наземные экспериментальные работы показали, что в полном рассеянии солнечного излучения большую часть со-

ставляет однократное рассеяние (свыше 80 %). При условии однократного рассеяния излучения в атмосфере введем средневзвешенную индикатрису, учитывающую релеевское и аэрозольное рассеяние. Средневзвешенная индикатриса в нижних слоях атмосферы в основном определяется аэрозольной составляющей, которая оказывается намного больше релеевской. С ростом высоты концентрация аэрозолей в атмосфере убывает и увеличивается роль релеевского рассеяния. Однако данные наблюдений показывают, что и в верхних слоях атмосферы встречаются замутненные слои, в которых индикатриса рассеяния сильно вытянута вперед. Вообще изменчивость индикатрисы и оптических толщин наряду с чисто математическими трудностями приводит к практической невозможности корректного решения уравнений переноса рассеянной радиации. Изменение индикатрисы с высотой не очень сильно влияет на поток рассеянной радиации. Поэтому реальную средневзвешенную индикатрису можно заменить осредненным по высоте значением $\chi_{\lambda_{cp}}$. В таком случае обыкновенное неоднородное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами решается методом Лагранжа. Его решение имеет вид

$$J_{\lambda}^{\uparrow} = \frac{A_{\lambda}}{\pi} [S_{\lambda 0} \cos \vartheta_0 e^{-\tau_{\lambda} \sec \vartheta_0} + D_{\lambda}(0)] \cdot e^{-\tau_{\lambda} \sec \vartheta} + \frac{S_{\lambda 0} \chi_{\lambda_{cp}} \sec \vartheta}{\sec \vartheta + \sec \vartheta_0} [1 - e^{-\tau_{\lambda} (\sec \vartheta_0 - \sec \vartheta)}],$$

$$J_{\lambda}^{\downarrow} = \frac{S_{\lambda 0} \chi_{\lambda_{cp}} \sec \vartheta}{\sec \vartheta_0 - \sec \vartheta} [1 - e^{-\tau_{\lambda} \sec \vartheta_0}],$$

$$D_{\lambda}(0) = 2\pi S_{\lambda 0} \chi_{\lambda_{cp}} [1 - e^{-\tau_{\lambda} \sec \vartheta_0}] \int_0^{\pi/2} \frac{\sin \vartheta}{\sec \vartheta_0 - \sec \vartheta} d\vartheta$$

где J_{λ}^{\uparrow} и J_{λ}^{\downarrow} – восходящее и нисходящее излучения, A_{λ} – альbedo земной поверхности, $S_{\lambda 0}$ – спектральная солнечная постоянная, ϑ_0 – угол Солнца, τ_{λ} – оптическая толщина атмосферы, ϑ – угол зондирования.

Эти соотношения дают спектральную интенсивность восходящей и нисходящей рассеянной радиации на произвольном уровне $\tau_{\lambda}(z)$ в безоблачной атмосфере. Интенсивность рассеянной радиации на рассматриваемом уровне складывается из интенсивности лучей, рассеянных всеми вышележащими или нижележащими слоями. Пологая, что J_{λ}^{\uparrow} – измеряемая на спутнике интенсивность отраженного излучения с выбранного участка земной поверхности с известным значением альbedo A_{λ} , а χ_k – усред-

ненное значение индикатрисы для однократного рассеяния можно определить оптическую толщину атмосферы:

$$\tau_{\lambda} = \left(\left(\sqrt{b^2 - 4ac} \right) - b \right) / 2a,$$

$$\text{где } a = A_{\lambda} \left[\frac{1}{\pi} - \chi_{\lambda} (1 + \cos \vartheta_0 \operatorname{In}(\cos \vartheta - \cos \vartheta_0)) \right],$$

$$b = \chi_{\lambda} \left\{ \frac{\sec \vartheta_0 - \sec \vartheta}{\sec \vartheta_0 + \sec \vartheta} \cdot \sec \vartheta + A_{\lambda} \left[\frac{1}{\pi} - 2 \cos \vartheta_0 (1 + \cos \vartheta_0 \operatorname{In}(\cos \vartheta - \cos \vartheta_0)) \right] \right\}.$$

При многократном рассеянии излучения в атмосфере поступивший сигнал на спутник $J_{cn\lambda}^{\uparrow}$ формируется за счет отраженного от земной поверхности сигнала и рассеянного в атмосфере излучения.

$$J_{cn\lambda}^{\uparrow} = \frac{A_{\lambda}}{\pi} (S_{\lambda}^{\downarrow} \cos \vartheta_0 + J_{atm\lambda}^{\downarrow}) \cdot e^{\frac{\tau_{\lambda}}{\cos \vartheta}} + J_{atm\lambda}^{\uparrow},$$

где S_{λ}^{\downarrow} – спектральная солнечная постоянная, $J_{atm\lambda}^{\downarrow}$ – рассеянное вниз излучение, $J_{atm\lambda}^{\uparrow}$ – рассеянное вверх излучение.

Если подобрать такой участок водной поверхности, где альбедо стремиться к нулю, то можно определить $J_{atm\lambda}^{\uparrow}$. Для нахождения значения $J_{atm\lambda}^{\downarrow}$ рассмотрим соотношения прямого и рассеянного излучений, попадающих на земную поверхность.

В среднем для оптического диапазона (около 500 нм) было принято следующее соотношение

$$J_{atm\lambda}^{\downarrow} = 0,2 \cdot E_{\lambda}^{\downarrow}.$$

В результате получено следующее выражение для приближенного расчета оптической толщины атмосферы

$$\tau_{\lambda} = -\cos \vartheta \operatorname{In} \left[\frac{J_{cn\lambda}^{\uparrow} - J_{atm\lambda}^{\uparrow}}{\frac{A_{\lambda}}{\pi} E_{\lambda}^{\downarrow} (0,2 + \cos \vartheta_0)} \right].$$

Для расчета оптической толщины атмосферы применялась спектральная функция прозрачности атмосферы из документации MODIS для среднеширотных условий. Значения аэрозольной оптической толщины связано с прямой солнечной радиацией, пропусканием излучения с учетом поглощения озоном (рэлеевского рассеяния); относительным поглощением, обусловленным водяным паром; и внеатмосферной солнечной радиации.

Значения АОТ, характеризующие обусловленное аэрозолем ослабление прямой солнечной радиации всей толщей атмосферы, рассчитаны по формуле [2]:

$$\tau_a = \frac{1}{m' \ln \left[\frac{I}{(T_0 - a_w) I_0} \right]},$$

где τ_a – АОТ; m' – воздушная масса, рассчитанная с учетом поправки на наблюдаемое атмосферное давление; I – прямая солнечная радиация, мДж/(м²·ч); T_0 – пропускание с учетом поглощения озоном (рэлеевского рассеяния); a_w – относительное поглощение, обусловленное водяным паром; I_0 – внеатмосферная солнечная радиация.

По данным многоуглового сканирующего спектрорадиометра MISR были определены величины аэрозольной оптической толщины по 5 длинам волн 443, 555, 670, 865 нм по территории Казахстана. Имеющийся объем данных с февраля 2000 г. по ноябрь 2013 г.. Данные MISR не покрывают всю территорию Казахстана. MISR позволяет определять отражательные характеристики объектов в девяти разных направлениях. Это позволяет получать данные в двух режимах пространственного разрешения. Получен набор предварительно обработанных матриц (ascii-file) с координатной привязкой по территории Казахстана, соответствующим каналам видимого диапазона спектра 443 нм, 555 нм, 670 нм и ближнего инфракрасного участка спектра – 865 нм. Полученные значения могут использоваться в оптической и ближней ИК областях спектра для определения величины альbedo однократного рассеяния. Одновременное восстановление двух важных параметров во всех спектральных каналах является важным усовершенствованием по сравнению с другими работами. В случае рассмотрения многоугловых и спектральных измерений процесс обработки данных производится для всех длин волн и пикселей независимо. В случае интерпретации измерений только для одного направления визирования обрабатываются соседние пиксели, для которых различаются как углы визирования, так и углы Солнца.

Данные АОТ (длины волны 443 нм и 865 нм) со спектрорадиометра MISR по участку территории Западного Казахстана (50,5...54,5° в.д.; 45,5...49,5° с.ш.) за июнь – август 2013 года представлены на рис. 1 и 3. Расчетные данные АОТ по этому же участку и за этот же период времени

показаны на рис. 2 и 4. На этих рисунках наблюдается удовлетворительное соответствие с рис. 1 и 3.

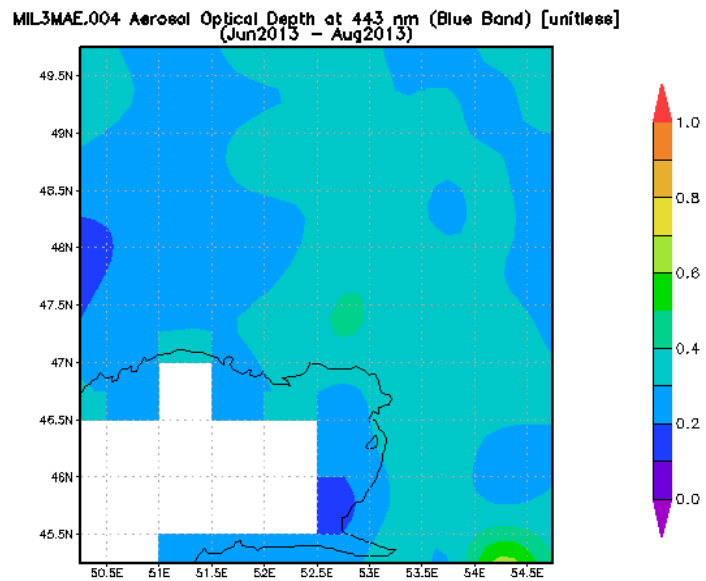


Рис. 1. Данные AOT (длина волны 443 нм) со спектро радиометра MISR по территории Западного Казахстана за июнь – август 2013 года.

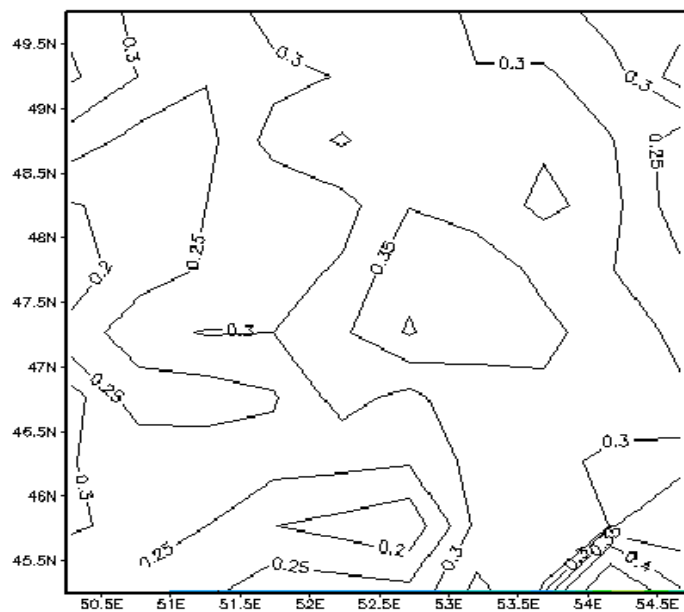


Рис. 2. Расчетные данные AOT (длина волны 443 нм) со спектро радиометра MISR по территории Западного Казахстана за июнь – август 2013 года.

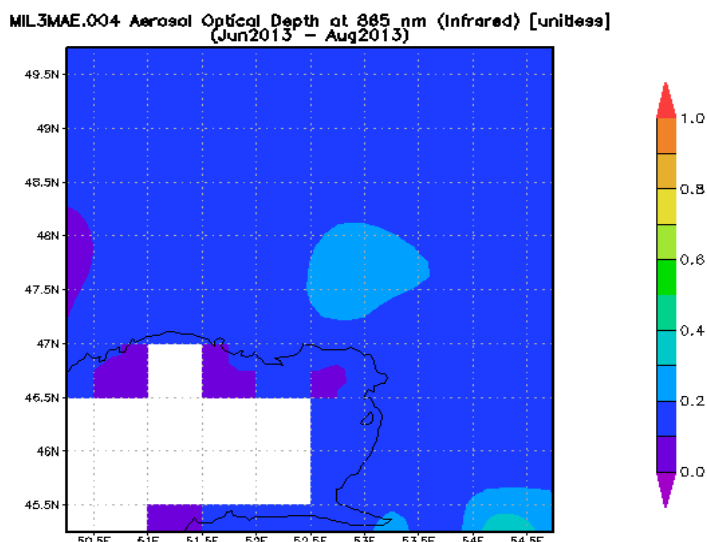


Рис. 3. Данные АОТ (длина волны 865 нм) со спектро радиометра MISR по территории Западного Казахстана за июнь – август 2013 года.

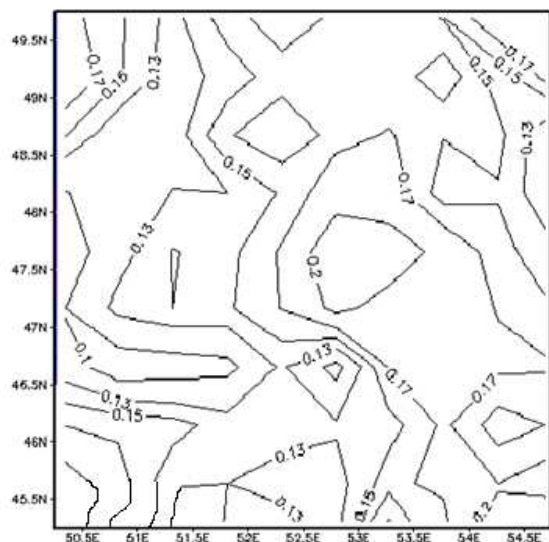


Рис. 4. Расчетные данные АОТ (длина волны 865 нм) со спектро радиометра MISR по территории Западного Казахстана за июнь – август 2013 года.

Статистический анализ значений АОТ в 100 точках выбранного участка для длины волны 550 нм показал: min – 0,157000, max – 0,638000, среднее – 0,295000, среднеквадратичное отклонение – 0,060329. Для длины волны 865 нм: min – 0,080000, max – 0,370000, среднее – 0,153490, среднеквадратич-

ное отклонение – 0,040813. Расчеты подтверждают известное положение об уменьшении значений АОТ атмосферы с ростом длины волны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонин С.В., Энгель М.В., Майор А.Ю. Павлов А.Н., Столярчук С.Ю., Шмирко К.А., Букин О.А. Результаты комплексного аэрозольного эксперимента в переходной зоне материк-океан (Приморье и Японское море). Часть 2. Анализ пространственной и временной изменчивости характеристик аэрозоля по спутниковым данным и лидарным измерениям // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23. – №9. – С. 811-819.
2. Галиндо И., Кондратьев К.Я., Зентено Г. Аэрозольная оптическая толщина атмосферы после извержения вулкана Эль-Чичон по данным наблюдений в Мехико и Ванкувере // Оптика атмосферы и океана. – 1996. – №3 (9). – С. 351-356.
3. Панченко М.В., Свириденков М.А., Емиленко А.С. Козлов В.С., Тсрпугова С.А., Ужегов В.Н., Докукина Т.А. Сопоставление оптических и микрофизических характеристик аэрозоля в локальном объеме и на протяженной трассе // Оптика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 20. – №6. – С. 491-496.
4. Сакерин С.М., Береснев С.А., Горда С.Ю. Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Маркелов Ю.И., Михалев А.В., Николашкин С.В., Панченко М.В., Поддубный В.А., Полькин В.В., Смирнов А.В., Тащилин М.А., Турчинович С.А., Турчинович Ю.С., Холбен Б.Н., Еремينا Т.А. Характеристики годового хода спектральной аэрозольной оптической толщи атмосферы в условиях Сибири // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22. – №6. – С. 566-574.
5. Сакерин С.М., Павлов А.Н., Букин О.А. Кабанов Д.М., Корниенко Г.И., Полькин В.В., Столярчук С.Ю., Турчинович Ю.С., Шмирко К.А., Майор А.Ю. Результаты комплексного аэрозольного эксперимента в переходной зоне материк-океан (Приморье и Японское море). Часть 1. Вариации аэрозольной оптической толщи атмосферы и вертикальные профили // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23. – №8. – С. 691-699.
6. Фирсов К.М., Бобров Е.В., Клиточенко И.И. Первые результаты фотометрических измерений аэрозольной оптической толщи и общего влагосодержания над территорией г. Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. ун-та, Сер. 1, Мат. Физ. – 2012. – № 1 (16). – С. 107-112.

7. Modis Web – URL: <http://modis.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения: 2.03.2015).
8. MISR Homepage – URL: <http://www-misr.jpl.nasa.gov> (дата обращения: 11.03.2015).
9. NASA Ozone Monitoring instrument (OMI) – URL: http://www.nasa.gov/mission_pages/aura/spacecraft/omi.html (дата обращения: 18.03.2015).

Поступила 28.05.2015

Техн. ғылымд. докторы А.Х. Ахмеджанов
Техн. ғылымд. канд. Т.К. Караданов

ҚАЗАҚСТАННЫҢ БАТЫСЫНДАҒЫ АТМОСФЕРАНЫҢ СЕРІКТІК ЗЕРДЕЛЕУ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША АЭРОЗОЛДЫ ОПТИКАЛЫҚ ҚАЛЫҢДЫҒЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Спутниктің ерекше сенсорлары өлшелінген, кетілген және ұмытшақ бүгілмелері қарастырылды. Осы маңыздылық арқылы аэрозолдық оптикалық атмосфераның қалыңдығында көрінетін және жақын инфрақызыл диапазондық спектраларды есептеп шығарады. Батыс Қазақстан территориясы үшін ғарыштық мәліметтер аэрозолдық оптикалық атмосфераның қалыңдығының маңыздылығы алынды.

УДК 551.515.532.5.18

Канд. техн. наук И.Г. Гуршев *

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ВОЗДУШНО-ПЕСЧАНОГО ПОТОКА И ДЛИНЫ ПУТИ ПЕРЕНОСА ЧАСТИЦ ПЕСКА ВО ВРЕМЯ ПЕСЧАНОЙ БУРИ*СКОРОСТЬ ВОЗДУШНО-ПЕСЧАНОГО ПОТОКА, ДЛИНА ПУТИ ПЕРЕНОСА ПЕСЧАНЫХ ЧАСТИЦ*

Обсуждается возможный вариант оценки скорости воздушно-песчаного потока на различных высотах приземного слоя атмосферы. Дается сравнение рассчитанных значений с результатами измерений в полевых условиях. Приводится оценочный расчет дальности переноса частиц песка во время песчаной бури. Масштабы длины выноса аэрозолей могут достигать от нескольких сотен до нескольких тысяч километров.

При нейтральной термической стратификации приземного слоя атмосферы, профиль скорости ветра $u(z)$ с изменением высоты описывается уравнением

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln z / z_0, \quad (1)$$

где u_* – динамическая скорость потока, $\kappa = 0,4$ – постоянная Кармана, z – направленная вертикально вверх координата, начало которой находится на песчаной поверхности, z_0 – параметр шероховатости поверхности, принимаемый в однофазных воздушных потоках постоянной величиной. Однако во время песчаных бурь величина z_0 является переменной величиной, изменяющейся на несколько порядков с изменением скорости ветра [3]. Это усложняет выполнение расчетов по формуле (1).

В связи с этим предлагается для упрощения расчетов вместо z_0 использовать высоту h_0 возникновения критической скорости ветра u_k , при которой начинается перенос частиц песка. Пусть на высоте $z = h_0$

* г. Санкт-Петербург

скорость воздушного потока будет равна критической скорости u_k для частиц песка определенного размера. В этом случае равенство (1) имеет следующий вид

$$u_k = \frac{u_*}{\kappa} \ln h_0 / z_0 . \quad (2)$$

Из уравнения (2) находим следующее равенство

$$\frac{1}{z_0} = \frac{1}{h_0} \exp \left(\frac{\kappa u_k}{u_*} \right) . \quad (3)$$

Подставляя соотношение (3) в равенство (1), получаем, что скорость потока на произвольной высоте $z = h_1$ равна

$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln \left(\frac{h_1}{h_0} \exp \frac{\kappa u_k}{u_*} \right) = u_k + \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{h_1}{h_0} . \quad (4)$$

Параметр h_0 является величиной определяемой из опытных данных. Формально формула (4) совпадает с предложенным Багнольдом уравнением для описания профилей скорости потока при переносе песка [5]. Багнольд обнаружил, что профили скоростей ветропесчаного потока в полулогарифмическом масштабе с ростом динамической скорости изменяют угол наклона, как бы вращаясь около некоторой точки (фокуса) на уровне $z = \delta$. Он предложил для описания профилей скорости потока при переносе песка формулу

$$u(z) = 5,751g \frac{z}{\delta} + u_\delta ,$$

где δ – уровень, на котором скорость потока сохраняет постоянную величину u_δ независимо от изменения скоростей в остальной части потока. Багнольд получил для крупного песка из пустынь Ливии ($x_0 \approx 270$ мкм) следующие значения параметров этой формулы: $\delta = 0,3$ см и $u_\delta = 2,5$ м/с в трубе и $\delta = 1$ см и $u_\delta = 4$ м/с – для полевых условий [5]. Позднее была обнаружена изменчивость обоих параметров δ и u_δ . Для упрощения в рассматриваемых ниже случаях значение h_0 принято постоянным и равным $h_0 \sim 2 \cdot 10^{-2}$ м.

Необходимо отметить, что u_k является переменной величиной, так как она зависит как от размера частиц песка, так и от высоты измерения. Дальнейшие расчеты проводились с использованием значений u_k , и среднего геометрического размера частиц исследованных образцов песка, опубликованных в работе [3].

В нижеследующей таблице приведены результаты расчетов по формуле (4) величин скоростей u_T и сравнение с измеренными величинами скоростей потоков $u_{\text{Э}}$ на высоте $h_1 = 1$ м [3]. В этой же таблице даются интервалы изменений динамической скорости u_* потоков, пределы изменений скоростей потоков $u_{\text{Э}}$ и среднего геометрического размера частиц песка x_0 .

Таблица

Сравнение измеренных скоростей потоков $u_{\text{Э}}$ на высоте одного метра с расчетными u_T

Дата	u_* , м/с	$u_{\text{Э}}$, м/с	u_T , м/с
1980 г. $x_0 = 210$ мкм, $u_k \approx 4,6$ м/с			
21июня	0,22...0,35	5,9...7,7	6,7...8,0
23июня	0,40...0,50	8,3...10,6	8,5...9,5
1981 г. $x_0 = 270$ мкм, $u_k \approx 5,0$ м/с			
28 июня	0,69	11,8	11,6
6 июля	0,24...0,57	7,0...10,9	7,3...10,5
7 июля	0,29...0,42	7,5...7,9	7,3...8,9
9 июля	0,33...0,38	5,7...6,8	8,2...8,5
10 июля	0,46...0,56	9,3...10,6	8,9...10,5
1982 г. $x_0 = 108$ мкм, $u_k \approx 3,6$ м/с			
9 июня	0,28...0,36	6,0...7,1	6,3...7,1
12 июня	0,28...0,37	7,2...8,1	6,3...7,3
13 июня	0,35...0,45	7,1...8,1	7,3...7,9
21июня	0,25...0,42	6,7...7,8	6,0...7,7
1983 г. $x_0 = 100$ мкм, $u_k \approx 3,6$ м/с			
28 июня	0,32...0,45	6,8...8,2	6,7...7,9
4 июля	0,24...0,34	5,5...6,9	5,9...6,9
5 июля	0,24...0,36	5,1...6,4	5,9...7,1
6 июля	0,27...0,38	4,7...6,4	6,3...7,3
1984 г. $x_0 = 120$ мкм, $u_k \approx 3,7$ м/с			
12 июня	0,29...0,74	6,1...11,1	6,5...10,9

Дата	u_* , м/с	u_{ε} , м/с	u_T , м/с
13 июня	0,26...0,42	5,9...7,6	6,0...7,6
16 июня	0,75...0,94	9,8...12,6	10,0...12,7
1986 г. $x_0 = 78$ мкм, $u_k \approx 3,7$ м/с			
16 июня	0,29...0,40	6,7...8,8	6,5...7,6
17 июня	0,23...0,30	5,5...7,0	6,0...6,6
18 июня	0,36...0,44	7,4...8,6	7,2...8,0
19 июня	0,24...0,30	6,2...7,6	6,0...6,6
21 июня	0,18...0,41	5,9...8,2	5,5...7,6
1989 г. $x_0 = 105$ мкм, $u_k \approx 3,6$ м/с			
25 июня	0,22...0,53	5,1...8,5	5,7...8,7
27 июня	0,23...0,48	4,4...6,5	5,9...8,2
1990 г. $x_0 = 97$ мкм, $u_k \approx 3,6$ м/с			
15 июня	0,21...0,27	5,3...6,5	5,5...6,3
16 июня	0,36...0,51	5,4...6,6	7,1...8,6
17 июня	0,27...0,46	4,7...6,8	6,2...7,9
18 июня	0,29...0,77	4,8...10,2	6,3...11,0
21 июня	0,25...0,53	6,3...8,2	5,9...8,6
1991 г. $x_0 = 104$ мкм, $u_k \approx 3,6$ м/с			
4 октября	0,27...0,39	5,6...7,0	6,3...7,3
10 октября	0,50...0,70	7,6...8,6	8,2...10,2
1992 г. $x_0 = 105$ мкм, $u_k \approx 3,6$ м/с			
30 мая	0,26...0,60	6,6...10,4	6,1...9,5
4 июня	0,29...0,55	5,6...9,3	6,4...9,1
1998 г. $x_0 = 108$ мкм, $u_k \approx 3,6$ м/с			
23 сентября	0,18...0,29	4,7...6,7	5,2...6,3
26 сентября	0,22...0,43	5,2...7,8	5,8...7,5

Дополнительно рассмотрим следующее: измерения в полевых условиях 16 июня 1984 г. показали, что на высоте $h_1 = 16$ м преобладает перенос частиц песка с размером $x_0 = 60$ мкм. Перенос таких частиц на этой высоте происходил при средних скоростях потока в пределах 19,0...21,0 м/с и значениях u_* в интервале 0,75...0,95 м/с [3].

При расчете скорости потока ориентируемся на следующие значения: $u_k \approx 4,4$ м/с, $u_* = 0,75$ м/с, $h_0 \sim 2 \cdot 10^{-2}$ м. В этом случае по формуле (4) находим скорость потока $u_T \sim 17,1$ м/с на высоте 16 м. Если $u_* = 0,95$ м/с, то при использовании упомянутых значений для h_1 , u_k , h_0 определяем $u_T \sim 20,4$ м/с.

Несмотря на сделанные при расчетах допущения в выборе значений параметров в формуле (4), полученные результаты коррелируют с наблюдаемыми значениями скоростей ветра.

Необходимо отметить, что формула (4) может быть использована при выполнении оценочных расчетов длины пути переноса частиц песка. Определение расстояния s , на которое могут быть перенесены частицы песка во время песчаной бури, является важной задачей, как в практическом, так и в теоретическом отношениях.

Предположим, что длина пути переноса песка s зависит от высоты h_1 поднятия частиц песка над поверхностью, скорости гравитационного падения w_g частицы песка, скорости потока $u(h)$ на высоте h_1 . В соответствии с методом анализа размерностей допустим существование следующего соотношения [1, 4]

$$s = cu^x w_g^y h_1^a, \quad (5)$$

где c – некоторая безразмерная постоянная, x , y , a – безразмерные показатели степени.

Обозначим размерность длины в горизонтальном и вертикальном направлениях через L_0 и L_1 , времени – T . Определяем размерности величин, входящих в формулу (5): $[u] = L_0 T^{-1}$, $[w_g] = L_1 T^{-1}$, $[h_1] = L_1$. В этих формулировках квадратными скобками обозначена размерность величины.

Равенство размерностей

$$L_0 = (L_0 T^{-1})^x (L_1 T^{-1})^y L_1^a. \quad (6)$$

Показатели степени у L_0 , L_1 , T в левой и правой частях равенства (6) должны быть равны, поэтому получаем следующие равенства для:

$$\begin{aligned} L_0 & 1 = x, \\ L_1 & 0 = y + a, \\ T & 0 = -x - y. \end{aligned}$$

Отсюда получаем $x = 1$, $y = -1$, $a = 1$ и формула (5) принимает следующий вид

$$s = c h_1 \frac{u(h_1)}{w_g}. \quad (7)$$

Используя формулу (4), находим зависимость для оценки длины пути переноса песка

$$s = c \frac{h_1}{w_g} \left(u_k + \frac{u_*}{K} \ln \frac{h_1}{h_0} \right). \quad (8)$$

Результаты анализа проб воздуха во время песчаных бурь самолёт-лабораторией на высоте 1500 м над осушенной частью Аральского моря показывают, что счетная функция распределения частиц песка по размерам имеет сложный вид с максимумами в точках 3,5 мкм, 8,4 мкм [2] и 40 мкм [3]. Обнаруженные в пробах воздуха частицы песка имеют скорости падения $w_g \sim 10^{-2} \dots 10^{-3}$ м/с. Такое предположение согласуется с достаточно большим временем нахождения указанных частиц в атмосфере (3...30 час) [3], в связи с чем, будем оценивать длину пути переноса частиц песка с вышеуказанными величинами скоростей падения w_g . Проведем оценку величины s по порядку величин, входящих в формулу (8). Принимаем $h_1 \sim 10^3$ м, $w_g \sim 10^{-2}$ м/с, $u_k \sim 1$ м/с, $u_* \sim 0,1$ м/с, $h_0 \approx 0,02$ м. Подставляя значения параметров в формулу (8), получаем $s \sim c \cdot 370,3$ км. Если принять $c = 1$, то находим $s \sim 370,3$ км.

Таким образом, расстояние переноса аэрозолей, имеющих малую гидродинамическую крупность, может составлять по порядку величины несколько сотен километров, что качественно согласуется с данными анализа космических снимков шлейфов песчаных бурь, приведенными в работе [3]. В заключение отметим, что при использовании вышеназванных значений для h_1 , u_k , u_* , h_0 , а также $w_g \sim 10^{-3}$ м/с, получим по формуле (8) $s \sim c \cdot 3703$ км. Для $c = 1$ получаем $s \sim 3703$ км, т.е. дальность выноса очень мелких частиц может достигать несколько тысяч километров. Таким образом, масштабы длины выноса аэрозолей может достигать от нескольких сотен до нескольких тысяч километров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аленицын А.Г., Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Краткий физико-математический справочник. – М.: Наука, 1990. – 308 с.
2. Жвалев В.Ф., Дьяченко Л.Н., Романова Т.С. Изменение прозрачности атмосферы и аэрозольных характеристик в регионе Аральского моря // Мо-

- ниторинг природной среды в бассейне Аральского моря / Под ред. Ю.А. Израэля и Ю.А.Анохина. – СПб.: Гидрометеоздат, 1991. – С. 132-143
3. Семенов О.Е. Введение в экспериментальную метеорологию и климатологию песчаных бурь. – Алматы: ИП Волкова, 2011. – 580 с.
 4. Чертов А.Г. Физические величины (терминология, определения, обозначения, размерности, единицы). – М.: Высшая школа, 1990. – 334 с.
 5. Bagnold R.A. The physics of blown sand and desert dunes. – London: Methuen. 1954. – 265 p.

Поступила 1.06.2015

Техн. ғылымд. канд. И.Г. Гуршев

**АУА-ҚҰМДЫҚ АҒЫН ЖЫЛДАМДЫҒЫН ЖӘНЕ ҚҰМДЫ ДАУЫЛ
КЕЗІНДЕГІ ҚҰМ БӨЛШЕКТЕРІНІҢ ТАСЫМАЛДАНУ ЖОЛ
ҰЗЫНДЫҒЫН ЕСЕПТЕУ СҰРАҚТАРЫНА**

Ауаның жерлік қабатының әртүрлі биіктігіндегі ауалық құмды ағынның жылдамдығын бағалаудың әртүрлі нұсқасы қарастырылады. Есептелген нәтижелермен далалық жағдайда өлшенген көрсеткіштердің салыстырулары ұсынылады. Құмды дауыл кезіндегі құм бөлшектерінің тасымалдану ұзақтығын бағалау есептері келтірілген. Аэрозоль шығаруларының ұзындық масштабы бірнеше жүзден бірнеше мың километрге жетеді.

УДК 551.324.86

Доктор геогр. наук Е.Н. Вилесов*

**ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ОЛЕДЕНЕНИЯ СЕВЕРНОГО
МАКРОСКЛОНА ИЛЕ АЛАТАУ ЗА 60 ЛЕТ (1955...2015 гг.)***КАТАЛОГ ЛЕДНИКОВ, ДИНАМИКА, АККУМУЛЯЦИЯ, АБЛЯЦИЯ,
БАЛАНС МАССЫ*

По материалам Каталогов оледенения северного склона Иле (Заилийского) Алатау, составленных на 1955, 1979, 1990 и 2008 гг., характеризуются величины и темпы сокращения основных морфометрических показателей ледников – их площадей, длин и объемов, а также баланса их массы за 53 года. Оценивается состояние ледников в 2015 г.

Введение. Левые притоки нижнего течения р. Или начинаются из ледников северного склона Иле Алатау. Он простирается на 280 км с запада на восток по 43° с.ш. в пределах 75...78° в.д.

Иле Алатау наибольших высот, 4000 м и более, достигает в центральной части, имеющей протяженность 140...150 км. Высшей точкой хребта является пик Талгар (4978 м) (рис. 1). Водораздельный гребень хребта на большей части своего протяжения имеет относительно небольшое расчленение. Вершины гор лежат почти на одном уровне и над прилегающими участками долин поднимаются невысоко – на 800...1000 м. В Талгарском узле глубина расчленения более значительна. Амплитуда высот вблизи пика Талгар достигает 2000 м. Здесь возвышаются пики альпийского облика: Актау (4686 м), Караульчитау (4500 м), Копр (4631 м), Металлург (4600 м) и др.

Современное оледенение на северном склоне Иле Алатау лежит между 76°18' и 78°00' в.д. Первой с запада рекой с ледниковым питанием является р. Узункаргалы. К востоку от нее текут реки Чемалган, Каскелен, Аксай, Большая и Малая Алматинки, Талгар, Иссык и Тургень.

Материалы и методы. Первые достаточно достоверные сведения о размерах оледенения северного склона Иле Алатау в середине прошлого века приведены в монографии Н.Н. Пальгова [9]. По данным [9], тогда здесь насчитывалось 194 ледника с общей площадью 297 км².

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

Первоначальной же «точкой отсчета» слежения за состоянием ледниковой системы северного склона Иле Алатау послужил 1955-й год, когда здесь впервые была проведена аэрофотосъемка (АФС), охватившая весь макросклон хребта. Ее материалы легли в основу составленного нами, совместно с Р.В. Хониным, Каталога ледников бассейнов левых притоков р. Или [4], а также карты оледенения хребта в масштабе 1:100000. В этом Каталоге, выполненном в соответствии с рекомендациями «Руководства» [10], точность определения площадей ледников составляла 0,1 км², а их длин – 0,1 км.



Рис. 1. Высшая точка Иле Алатау – пик Талгар (4978 м).

Летом 1979 г. была осуществлена вторая АФС, покрывшая территорию гляциальной зоны хребта. По ее данным в 1987 г. была создана новая карта оледенения хребта в масштабе 1:25000. Точность определения площадей увеличилась, по сравнению с [4], на порядок и составила 0,01 км², а ошибка их измерений не превышала 2...3 %. Результаты этих определений обобщены в наших работах [1, 2].

В сентябре 1990 г. проведена третья сплошная АФС рассматриваемой ледниковой системы. Площади отдешифрированных контуров ледников вычислялись по карте 1987 г. уже не планиметром, а с помощью палетки (размер ячейки = 1 мм²), что обеспечило возможность определения площади льда с точностью 0,001 км².

Наконец, еще один, четвертый по счету, Каталог ледников северного склона Иле Алатау по их состоянию на 2008-й год составлен по данным космических снимков Ikonos, ALOS, IRS и Landsat-7 в двух вариантах – А.Л. Кокаревым [5] и автором. Определение параметров ледников производилось в ГИС программе MapInfo. К сожалению, при составлении этого Каталога не удалось определить высотные отметки высших и низших точек ледников, а также высоты фирновой линии (границы питания).

Тем не менее, имеющиеся данные за четыре «реперных» года (1955, 1979, 1990 и 2008) позволяют выявить изменения основных показателей оледенения, получить объективную количественную информацию о темпах и интенсивности этих изменений для суждения о направленности процессов массообмена и современной эволюции изучаемой ледниковой системы за период 1955...2008 гг. Нумерация ледников в Каталогах 1979, 1990 и 2008 гг., в целях преемственности, производилась в соответствии с первым Каталогом [4]. Вновь появившимся, вследствие распада, ледникам присваивались те же номера с добавлением индекса – буквы русского алфавита.

По данным А.Л. Кокарева [5], в 2008 г. в пределах рассматриваемого района насчитывался 441 ледник с площадью открытой части 171,958 км² и объемом 6,898 км³. При этом число ледников с площадью > 0,1 км² составило 220 единиц, а с площадью < 0,1 км² – 221. По варианту автора, в 2008 г. здесь имелись 383 ледника с площадью 171,477 км² и объемом 5,5481 км³. В нашем варианте количество ледников с площадью > 0,1 км², как и в [5], составило 220 единиц, а число ледников с площадью < 0,1 км² – 163, на 58 единиц меньше, чем в [5]. Можно полагать, что эти 58 ледяных объектов являются не настоящими «живыми» ледниками, а неподвижными скоплениями льда на склонах, неиграющими к тому же никакой роли в формировании ледникового стока. Показательно, что разница в определении ледниковых площадей в обоих вариантах несущественна, менее 0,3%, что свидетельствует о достаточно высокой точности этих определений.

Динамика оледенения. Ниже рассмотрены изменения основных характеристик оледенения северного склона Иле Алатау, полученные автором за четыре временных среза, охватывающих 53 года (1955...2008 г.).

Изменение количества ледников. Как и в других ледниковых районах, изменение численности ледников происходило за счет: 1) их полного стаивания, 2) распада крупных ледников на более мелкие и 3) отчленения притоков. За прошедший период в целом по макросклону в сумме преобладали второй и третий процессы, что привело к увеличению числа ледников (табл. 1).

За весь период в границах ледниковой системы растаяли десятки ледников. Все растаявшие ледники располагались на отрогах хребта с небольшими абсолютными высотами и малым вертикальным диапазоном. Они относились к группе ледников склонов, висячим и каровым, с преобладающей площадью 0,05...0,1 км². Однако обусловленное стаиванием

уменьшение количества ледников с лихвой перекрывается их увеличением за счет их разделения, а также в результате обнаружения «новых» ледничков, неучтенных ранее и обозначенных на картах, как снеговые пятна площадью порядка 0,01 км². Небольшое число ледников с площадью < 0,1 км² в 1979 г. как раз и объясняется неучетом таких ледничков. Количество ледников с площадью > 0,1 км² за 53 года уменьшилось на 43, т.е. на 16 %. Число же мелких ледников увеличилось в 3,7 раза. Если в 1955 г. по численности явно преобладали ледники с площадью > 0,1 км² (более 85 %), то в 2008 г. число крупных ледников сократилось до 57 %.

Таблица 1

Изменение численности ледников разных размеров

Год, период	Число ледников с площадью, км ²		
	> 0,1	< 0,1	Всего
1955	263	44	307
1979	251	16	267
1990	232	98	330
2008	220	221	441
Изменение численности ледников по периодам			
1955...1979	-12	-28	-40
1979...1990	-19	+82	+63
1990...2008	-12	+123	+111
1955...2008	-43	+177	+134

Изменение общего количества ледников по частным бассейнам макросклона хребта представлено в табл. 2.

Таблица 2

Изменение общего числа ледников по бассейнам рек в реперные годы

Бассейн реки	Число ледников				Изменение числа ледников		
	1955	1979	1990	2008	1955-79	1979-90	1990-08
Узункаргалы	16	15	19	40	-1	+4	+21
Чемолган	10	9	10	18	-1	+1	+8
Каскелен	20	18	22	32	-2	+4	+10
Аксай	18	16	19	31	-2	+3	+12
Каргалинка	7	7	10	14	0	+3	+4
Бол. Алматинка	49	45	55	86	-4	+10	+31
Мал. Алматинка	12	12	19	11	0	+7	-8
Талгар	92	77	98	124	-15	+21	+26
Иссык	49	37	39	52	-12	+2	+13
Тургень	34	31	39	33	-3	+8	-6
Итого	307	267	330	441	-40	+63	+111

Только в бассейне Малой Алматинки количество ледников сократилось (всего лишь на один), в бассейне Каргалинки оно осталось прежним, в остальных бассейнах оно увеличилось. За счет распада и выявления мелких ледничков, пропущенных в ранних каталогизациях, общее количество ледников к 2008 г. по ледниковой системе в целом увеличилось на 76 единиц, т.е. на 25 % от их числа в 1955 г.

Изменение площади оледенения. Сопоставление данных Каталогов ледников за четыре реперных года показывает весьма заметное сокращение площади оледенения района (табл. 3).

Таблица 3

Изменение площади оледенения (км²) по частным бассейнам северного макросклона Иле Алатау за 1955...2008 гг.

Бассейн	Год				Период	в %
	1955	1979	1990	2008	1955...2008	
Узункаргалы	12,9	10,31	9,169	7,818	-5,082	-39,4
Чемолган	2,6	2,24	1,540	1,324	-1,276	-49,1
Каскелен	13,5	12,86	10,667	8,687	-4,813	-35,6
Аксай	13,5	12,49	10,644	9,255	-4,245	-31,4
Каргалинка	3,9	2,89	2,439	2,348	-1,552	-39,8
Б. Алматинка	33,9	25,25	21,938	17,432	-16,468	-48,6
М. Алматинка	9,3	8,12	6,353	5,674	-3,626	-39,0
Талгар	112,5	89,24	79,702	67,450	-45,050	-40,0
Иссык	49,5	36,77	34,755	31,526	-17,974	-36,3
Тургень	35,7	28,88	26,338	20,456	-15,244	-42,7
Итого	287,3	229,05	203,540	171,970	-115,33	-40,1

Как показывают данные табл. 3, наибольшему сокращению подверглось мелкое дисперсное, рассредоточенное на большой территории оледенение бассейнов Чемолгана, Каргалинки и Большой Алматинки. Менее значительны потери площади льда у ледников бассейнов Аксая, Иссыка и Тургени, часто залегающих в глубоких и затененных «закоулках» рельефа.

Увеличение численности ледников к 2008 г. способствовало увеличению дробности оледенения, показателем которой служит средняя площадь ледника в системе. Изменение этого показателя по реперным годам представлено в табл. 4.

В 1955 г. средняя площадь ледника в трех бассейнах – Талгара, Иссыка и Тургени – была > 1 км². К 1979 г. такой средней площадью обладали ледники только одного бассейна – Талгара. В 1990 г. во всех бассейнах макросклона средняя площадь ледника стала уже < 1 км². Наибольшим сокращением средней площади, в 2,6 раза, отличились ледники бассейнов

Чемолгана и Большой Алматинки, а наименьшим, в 1,5 раза, ледники выдвинутого к северу бассейна р. Малой Алматинки. По макросклону в целом средняя площадь ледника сократилась на 0,55 км², или в 2,4 раза.

Таблица 4

Изменение средней площади ледника (км²) за 1955...2008 гг.

Бассейн	Год				Период
	1955	1979	1990	2008	1955...2008
Узункаргалы	0,81	0,69	0,48	0,20	-0,61
Чемолган	0,26	0,25	0,15	0,07	-0,19
Каскелен	0,68	0,71	0,48	0,27	-0,41
Аксай	0,75	0,78	0,56	0,30	-0,45
Каргалинка	0,56	0,41	0,24	0,17	-0,39
Б. Алматинка	0,69	0,56	0,40	0,20	-0,49
М. Алматинка	0,78	0,68	0,33	0,52	-0,26
Талгар	1,22	1,16	0,81	0,54	-0,68
Иссык	1,01	0,99	0,89	0,61	-0,40
Тургень	1,05	0,93	0,68	0,62	-0,43
Среднее	0,94	0,86	0,62	0,39	-0,55

Представляет также интерес изменение размеров самых крупных ледников макросклона хребта за 53 года. В 1955 г. первую пятерку самых больших по площади ледников составляли: Дмитриева – 17,0 км² (рис. 2), Шокальского – 10,8 км² (рис. 3), Горного института – 9,4 км² (рис. 4), Григорьева – 8,5 км² и Пальгова – 7,1 км². За прошедшие годы в процессе деградации ледники Горного института и Григорьева разделились на 3 ледника, ледник Дмитриева – на 4 (к 2012 г. он распался уже на 6 отдельных ледников – рис. 5), а ледник Шокальского – на 7 самостоятельных ледников. В результате в 2008 г. самым крупным по площади остался ледник Дмитриева, точнее его левая ветвь – 5,655 км², за ним следуют ледники Кассина – 4,896 км², Пальгова – 4,713 км² и Горного института – 4,200 км².



Рис. 2. Ледник Дмитриева (№ 134) в бассейне р. Левый Талгар.



Рис. 3. Котловинный ледник Шокальского (№ 167) в бассейне р. Средний Талгар.



Рис. 4. Ледник Горного института (№ 234) в бассейне р. Тургенъ.



Рис. 5. Ледник Дмитриева (в центре) на космоснимке 2012 г.

За 53 года площадь оледенения северного макросклона хребта сократилась на 115,83 км², с 287,3 до 171,47 км², т.е. на 40,3 % (рис. 6). Средняя скорость сокращения площади ледников за весь период составила 2,185 км²/год, или по 0,76 %/год.

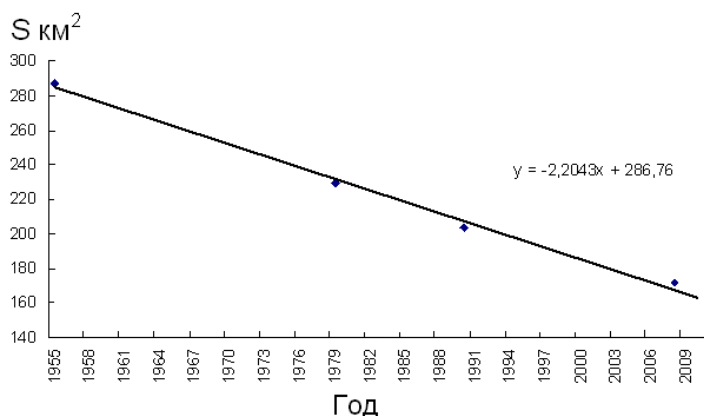


Рис. 6. Динамика сокращения площади ледников северного склона Иле Алатау за 1955...2008 гг.

В работе [2] расчетным путем (пропорционально средней летней температуре воздуха на высоте границы питания) была определена площадь оледенения исследуемого района для 1930 г. в 334 км². Таким образом, за последние 78 лет ледники здесь лишились 162 км², или почти половины (точнее – 48,5 %) своей площади.

Изменение длины ледников. Общая деградация оледенения района четко проявилась не только в сокращении площади льда, но и в уменьшении длины ледников, в основном вследствие их отступления (табл. 5).

Таблица 5
Изменение средней длины ледников (км) за 1955...2008 гг.

Бассейн	Год				Период
	1955	1979	1990	2008	1955...2008
Узункаргалы	1,29	1,13	0,96	0,51	-0,78
Чемолган	0,77	0,71	0,55	0,38	-0,39
Каскелен	1,18	1,02	0,73	0,53	-0,65
Аксай	1,38	1,32	1,06	0,63	-0,75
Каргалинка	1,20	0,97	0,70	0,48	-0,72
Б. Алматинка	1,24	1,02	0,85	0,56	-0,68
М. Алматинка	1,34	1,25	0,76	0,98	-0,36
Талгар	1,80	1,59	1,18	1,07	-0,73
Иссык	1,57	1,34	1,17	0,95	-0,62
Тургень	1,49	1,33	0,98	1,03	-0,46
Среднее	1,47	1,29	0,99	0,78	-0,69

По ледниковой системе в целом средняя длина ледников за 53 года уменьшилась на 690 м, или на 47 %. Некоторое увеличение средней длины от 1990 к 2008 г., отмечено у ледников бассейнов Малой Алматинки и Тургени. Оно связано с резким уменьшением имеющих небольшие длины мелких ледничков в результате их стаивания. Наибольшее относительное сокращение длины, от 50 до 60 %, испытали ледники западного фланга хребта, в междуречье Узункаргалы – Большая Алматинка. Существенно меньшие потери своей протяженности, от 30 до 40 %, имели ледники восточной части хребта, в междуречье Малой Алматинки – Тургени, где основные массы льда залегают на значительно больших абсолютных высотах (почти до 5000 м в бассейне Талгара), чем на западе.

В 1955 г. средняя длина ледников во всех бассейнах, кроме Чемолгана, была > 1 км (с максимумом в 1,9 км в бассейне Левого Талгара). В 2008 г. такая длина сохранилась лишь в двух бассейнах – Талгар и Иссык. Для всех же ледников системы она стала < 1 км (780 м). В 1955 г. самым длинным был ледник Конституции в бассейне Левого Талгара (рис. 7) – 5,7 км. В 2008 г. он сохранил свое первенство по этому показателю, несмотря на то, что за эти годы его длина сократилась на 1,27 км – до 4,43 км.

При изучении колебаний ледников важно знать не столько изменение их общей длины, сколько величину отступления их концов. Средняя скорость отступления концов ледников в системе оценивается в 10...12 м/год. В целом за 53 года здесь не зафиксировано ни одного случая наступания ледников или даже их стационарного состояния.

Изменение объема ледников и оценка их баланса массы. Сокращение площади и длины ледников, сопровождавшееся понижением уровня поверхности льда, естественно, привело к уменьшению их толщины и объема содержащегося в них льда. Объемы ледников за 1955, 1979 и 1990 гг. рассчитывались по известной формуле Мазо-Глазырина [7], учитывающей характерные особенности морфометрии ледников. Объемы ледников в 2008 г. подсчитаны А.Л. Кокаревым по формулам, разработанным Ю.Я. Мачеретом и П.А. Черкасовым [8, 11] по данным радиозондирования ледников Джунгарского Алатау.

По мнению автора, расчеты объемов льда для условий Заилийского Алатау по формулам, представленным в [8, 11], не совсем адекватно отражают действительные запасы льда этого хребта. Об этом говорят простые сопоставления объемов ледников, взятых наугад (случайной выборкой) из Каталога 2008 г. [5].



Рис. 7. Ледник Конституции.(№ 137) в бассейне Левого Талгара.

Совершенно очевидно, что максимальным объемом и наибольшей средней толщиной льда должны обладать долинные ледники, а не ледники висячих долин и не шлейфовые и, тем более, не карово-висячие. Из данных Каталога 2008 г. следует, что средняя толщина типичных долинных ледников Туюксу (рис. 8), Городецкого левый, Дмитриева-г, Тогузак левый, Северцова, Шокальского, Шокальского-в, Григорьева 1 и 2 и других, заключена в пределах 42...44 м. Средние же толщины висячих долинных ледников Богдановича, Туристов, Советских альпинистов, С. Стальского, Фрунзе, № 178 и других, шлейфовых ледников Молодежный, Кокбулак, № 228, № 230, Гляциологов и других варьируются в интервале 50...54м, т.е. на 20...25 % больше, чем у ледников долин. Даже висячий каровый ледник № 244-а в бассейне р. Тургень толще (48 м), чем названные выше долин-ные ледники. А максимальной средней толщиной льда в ледниковой системе обладает, оказывается, не какой-нибудь из долинных, а шлейфовый ледник № 227 в той же долине р. Тургень – 57 м (!). Напрашивается вывод: величина суммарного объема льда в системе для 2008 г., равная 6,799 км³ [5, 6], явно завышена (примерно на 20 %).



Рис. 8. Долинный ледник Туюксу (в центре) и шлейфовый ледник Молодежный (справа).

Оценку объема льда в 2008 г. произвели следующим образом. В [2] была установлена линейность изменения площади оледенения в 1955...1979...1990 гг. во всех частных бассейнах хребта. В [5, 6] эта закономерность была подтверждена с привлечением данных 2008 г. Об этом свидетельствует и рис. 6. Вполне резонно предположить, что объемы ледников изменяются также по линейному закону, т.к. при их расчетах по всем методам, в том числе по [7], главным аргументом служит именно площадь льда. В действительности так и оказалось. На рис. 9, для примера, показано изменение рассчитанных по [7] объемов ледников в бассейнах Иссыка и Талгара, содержащих наибольшие площади льда, и по ледниковой системе в целом за три реперных года – 1955. 1979 и 1990.

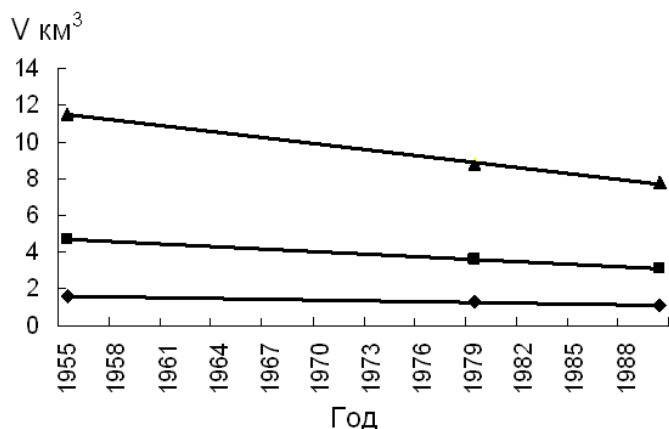


Рис. 9. Сокращение объемов ледников за 1955...79...90 гг. в бассейнах Иссыка (нижняя линия), Талгара (средняя линия) и ледниковой системы северного склона Иле Алатау (верхняя линия).

По всем частным бассейнам хребта для всех четырех реперных лет, включая 2008-й год, были получены величины объемов ледников, рассчитанные, что очень важно, по одной и той же формуле Н.В. Ерасова [3]. Изменение объемов льда за рассматриваемый период представлено в табл. 6.

Объем ледников, рассчитанный по [3], в 2008 г. оказался равным 5,5481 км³, на 1,25 км³ или на 22 % меньше, чем в Каталоге 2008 г. [5, 6]. За весь период ледники района потеряли 49,5 % от своего объема в 1955 г., по 0,93 %/год.

По рассчитанным потерям объема льда, отнесенным к средней площади оледенения, были оценены величина и знак баланса массы ледниковой системы в целом за 53 года. Среднее годовое значение баланса массы оледенения за этот период оказалось равным – 40,2 г/см². Иначе

говоря, общая безвозвратная потеря массы со всей площади ледников за это время составила около 22 м в слое воды.

Таблица 6

Изменение объема ледников (км³) по бассейнам рек на северном склоне Иле Алатау за 1955...2008 гг.

Бассейны	Год				Период 1955...2008
	1955	1979	1990	2008	
Узункаргалы	0,417	0,307	0,2777	0,2010	-0,2160
Чемолган	0,054	0,047	0,0322	0,0244	-0,0296
Каскелен	0,575	0,555	0,5047	0,4871	-0,0879
Аксай	0,490	0,455	0,4029	0,3754	-0,1146
Каргалинка	0,160	0,102	0,0863	0,0441	-0,1159
Б. Алматинка	1,164	0,781	0,6835	0,4201	-0,7439
М. Алматинка	0,339	0,280	0,2234	0,1766	-0,1624
Талгар	4,704	3,580	3,1100	2,3161	-2,3879
Иссык	2,068	1,449	1,3505	0,9297	-1,1383
Тургень	1,569	1,273	1,1429	0,9338	-0,6352
Всего	11,540	8,829	7,8141	5,9083	-5,6317

К 2015 г. в бассейнах рассматриваемого района растаяли около шести десятков мелких ледников с площадью 0,05 км² и менее, и число ледников здесь к этому году уменьшилось до 318. Согласно расчетам по формулам сложных процентов, эти ледники имеют площадь 162,5 км² и объем почти 5,2 км³.

Заключение. Таким образом, за 60 лет, с середины прошлого века до середины второй декады нынешнего столетия, площадь оледенения района сократилась на 124,8 км², с 287,3 до 162,5 км², или на 43,4 %, а объем уменьшился на 6,3 км³, с 11,54 до 5,2 км³, или почти на 55 %. Представленные здесь материалы о состоянии ледников за четыре временных среза объективно отражают зафиксированные в Каталогах пространственно-временные изменения в сокращении площади и объема оледенения северного склона Иле Алатау. Эти материалы однозначно указывают на устойчиво сохраняющуюся общую тенденцию в преобладании отрицательного баланса массы ледников и их деградации в течение всего исследованного периода. С большой долей вероятности можно полагать, что такая тенденция сохранится в ближайшие десятилетия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Макаревич К.Г., Поляков В.Г. Пространственно-временная изменчивость ледниковой системы Заилийского Алатау // МГИ. – 1993. – Вып. 76. – С. 90-95.

2. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке. – Алматы: КазНУ, 2001. – 252 с.
3. Ерасов Н.В. Метод определения объема горных ледников // МГИ. – 1968. – Вып. 14. – С. 307-308.
4. Каталог ледников СССР. Том 13. Вып. 2. Часть 1. Бассейны левых притоков р. Или от устья р. Курты до устья р. Тургень. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 79 с.
5. Кокарев А.Л. Оценка современных изменений горноледниковых систем Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук – Алматы, 2009. – 20 с.
6. Кокарев А.Л., Шестерова И.Н. Изменение ледниковых систем северного склона Заилийского Алатау во второй половине XX и начале XXI вв. // Лед и снег. – 2011. – № 4 (116). – С. 39-46.
7. Мазо А.Б., Глазырин Г.Е. Метод расчета объема стационарного горного ледника // Труды САРНИГМИ. Гляциология горных областей. – 1986. – Вып. 117 (198). – С. 88-98.
8. Мачерет Ю.Я., Черкасов П.А., Боброва Л.И. Толщина и объем ледников Джунгарского Алатау по данным аэрорадиозондирования // МГИ. – 1988. – Вып. 62. – С. 59-71.
9. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау. – Алма-Ата: АН КазССР, 1958. – 312 с.
10. Руководство по составлению Каталога ледников СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 154 с.
11. Черкасов П.А. Расчет составляющих водно-ледового баланса внутриконтинентальной ледниковой системы. – Алматы: Каганат, 2004. – 334 с.

Поступила 13.07.2015

Геогр. гылымд. докторы Е.Н. Вилесов

60 ЖЫЛДАҒЫ (1955...2015) ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК МАКРОБӨКТЕРІНІҢ МҰЗ БАСУ ЖАҒДАЙЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ

1955, 1979, 1990 және 2008 жылдарында құрастырылған Іле Алатауының солтүстік бөктерінің мұз басу каталогы мәліметтері бойынша мұздықтардың негізгі морфометриялық корсеткіштірдің азаю қарқыны, олардың шамалары мен ауданы, ұзындығы және көлемі, сонымен қатар 53 жылдағы салмақ балансы сипатталады. 2015 ж. мұздықтарының жағдайы бағаланады.

УДК 551.311(574)

Доктор геогр. наук

Б.С. Степанов *

Доктор техн. наук

Р.К. Яфязова

ЧТО ТАКОЕ СЕЛЬ?*СЕЛЬ, ВОДНЫЙ ПОТОК, НАНОСЫ, ОПОЛЗЕНЬ, КОНЦЕНТРАЦИЯ, ПЛОТНОСТЬ, ВЯЗКОСТЬ, ПЛАСТИЧНОСТЬ*

Катастрофический сель – сложный многофакторный процесс. Главными причинами селеформирования являются: климатическая, гидрометеорологическая, гляциологическая, геоморфологическая, почвенно-растительная, антропогенная и другие. Взаимодействие факторов в определенных ситуациях может приводить к тому, что главную роль играет фактор, который в других условиях является второстепенным.

Полстолетия оказалось достаточным для того чтобы катастрофическое природное явление из приданий старины далекой трансформировалось в науку о селях. Но этого срока не хватило для формулировки определения, что есть сель.

Многообразие эндогенных и экзогенных процессов, протекающих в различных климатических, геологических, геоморфологических и иных природных условиях, а также деятельность человека становятся причиной катастрофических явлений, угрожающих жизни и здоровью, а также хозяйственной деятельности человека. К таким явлениям относятся и сели.

Сель, сіль (арабск. – бурный поток) по определению Большой советской энциклопедии, – внезапно возникающий на горных реках бурный паводок, несущий очень большое количество наносов как в виде мелких частиц (грязевые сели), так и в виде гальки, валунов и глыб (грязекаменные сели) [1]. Существуют и другие определения селя (селевого потока) [6, 7, 9].

Слово «сель» (от сайль – «бурный поток») – арабского происхождения. Сель в Австрии – мур, в Швейцарии – руфф, в Германии – вильдбах, во Франции – торрент, в Индонезии – банджир, в Японии – ямацунами, в Перу – уайко и так далее [6].

* Казгидромет, г. Алматы

По определению, данному в терминологическом словаре «Селевые явления» «сель (селевой поток) – стремительный русловой поток, состоящий из смеси воды и обломков горных пород, внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек. Сель характеризуется резким подъемом уровня, пульсационным (волновым) движением, кратковременностью действия (преимущественно в пределах 1...4 часов, значительным эрозионно-аккумулятивным эффектом ...» [6].

Такое «современное» определение селя страдает очевидными недостатками.

При проведении экспериментов по искусственному воспроизведению селей начало зарождения селя происходит согласно плану работ. Время образования селя дождевого генезиса в очагах рассредоточенного селеобразования можно предсказать, имея информацию о продолжительности и интенсивности дождя.

Далеко не обязательно, что сель – бурный паводок. Так, во время селя 1975 г. на р. Улкен Алматы (Большая Алматинка) (Иле Алатау (Заилийский Алатау)) поток представлял собой относительно медленное движение плотной грязекаменной массы (0,64 м/с при уклоне 0,077; глубина потока 5,0...5,2 м; плотность селевой массы 2400...2500 кг/м³), оставлявшей на берегах четкие границы наивысшего уровня. Движение же селя 1973 г. на р. Киши Алматы (Малая Алматинка) было настолько бурным, что его поверхность скрывалась под облаком, состоявшим из мелких частиц грязи.

Сели образуются не только в горной местности, но и в равнинных пустынях. Продолжительность селей может изменяться от долей часа до (с перерывами) нескольких суток. Столь же различной (в зависимости от генезиса) может быть их повторяемость.

Катастрофическим селям при движении в горных долинах, как правило, недостаточно не только русла, но и поймы реки. Их руслом становится дно и борта долины. При выходе на конус выноса мощного грязекаменного селя, русло заполняется селевой массой и его влиянием на дальнейший характер отложения селевой массы можно пренебречь. Как правило, заново русло на конусе выноса формируется постселевым потоком (представленным разжиженной селевой массой) на новом месте.

Поведение селя определяется плотностью и реологическими свойствами селевой массы (упругостью, вязкостью, пластичностью), расходом и объемом селя, морфометрическими характеристиками пути его движения.

Продолжительность селевых процессов варьирует от нескольких минут до нескольких (с перерывами) суток. Расход селей изменяется от долей до нескольких десятков тысяч кубометров в секунду. Максимальный расход селевого потока 15 июля 1973 г. в бассейне р. Киши Алматы, по разным оценкам, составлял 5–10 тыс. м³/с [1, 2]. Плотность селевой массы, даже в течение одного процесса, колеблется в широком диапазоне – от 950 до 2400 кг/м³ и более (плотность массы лахара, в случае большой концентрации пемзы, может быть значительно меньше 950 кг/м³).

Твердый компонент селевой массы может состоять из частиц горных пород различного размера: от долей микрона до 10 м и более. Их плотность может изменяться в пределах от нескольких сотен (пемза) до 4000 кг/м³, плотность льда при 0 °С близка к 0,917 кг/м³.

Попытки классификации селей по вещественному составу селевой массы по составу субстрата («грязевой», «грязекаменный», «водокаменный», «наносоводный», не говоря уже о более «экзотических»: «льдо-водо-грязевой», «водо-древесно-каменный», «водно-пылеватый» и т.д.) и режиму движения («структурный», «турбулентный», «квазиламинарный» и т.п.) оказались непродуктивными. Реальное представление о вещественном составе селевой массы, ее реологических характеристиках и режиме движения потока может быть получено по данным о минералогическом и гранулометрическом составе (и других химических и физико-механических характеристиках) твердых частиц, их объемном (весовом) содержании в селевой массе, расходе селя и морфометрических характеристиках пути движения селя.

Широко распространенное представление о том, что глыбы (весом в несколько десятков тонн) транспортируются селом в большинстве ситуаций неверно. Перемещение крупных фракций твердого компонента в плотной селевой массе, обладающей пластичностью, даже на малых уклонах происходит за счет их потенциальной энергии.

Сель – поток, состоящий из трех компонент: твердой, жидкой и газообразной. Их объемное соотношение, а также гранулометрический и химический составы твердого компонента определяют плотность селевой массы и ее реологические свойства. Роль газообразного компонента становится значимой лишь при интенсивной деформации селевой массы, имеющей место при ее движении на больших уклонах. Количественные данные о его влиянии на реологические характеристики селевой массы (из-за сложности их экспериментального определения и малой практической значимости)

практически отсутствуют. Основное внимание при изучении свойств селевой массы уделяется твердому и жидкому компонентам.

В зависимости от размеров частиц, их минерального состава и соотношения твердого и жидкого вещества сели подразделяются на грязекаменные, грязевые, водокаменные, водоснежные, водолеяные и т.д. Еще относительно недавно к селям относили только грязекаменные потоки [4], о водоснежных и водолеяных селях не упоминается даже в научно-популярной книге Ю. Б. Виноградова «Этюды о селевых потоках» – книге, прочитав которую человек, любящий горы, уже навсегда при слове сель не останется равнодушным.

Сель настолько многообразное понятие, что охарактеризовать его только с помощью определений невозможно. Как минимум, для этого необходимы численные характеристики. Так, приблизительно 5000 лет назад на склонах вулкана Рейнир (США) в результате прорыва ледниковых вод сформировался сель с объемом, достигавшим 4 млрд. м³, прошедший по долине р. Уайт приблизительно 65 км [3].

Сель, начало которому, в результате землетрясения, положил обвал льда и скальных пород на склоне вершины Уаскаран (Перу), продвигался на 14-километровом участке со средней скоростью 110 м/с (396 км/ч) [3].

Плотность селевой массы (при плотности горных пород 2650 кг/м³) может превышать 2500 кг/м³. При этом вес породы в селевой массе в 24 раза превышает вес воды. Вязкость селевой массы может в миллионы раз превышать вязкость воды, совместное действие архимедовой силы и предельного напряжения сдвига (характеризующего пластичность селевой массы) приводит к тому, что глыбы горных пород не будут тонуть в окружающей их среде.

И как противоположность: плотность селевой массы может быть меньше плотности воды, вязкость – практически равной таковой воды, пластичность отсутствовать, скорость движения – менее 0,36 км/ч, объема селя – доли кубометра.

Сель, как природное явление, граничит с двумя природными явлениями: оползнями и водными потоками, транспортирующими твердый компонент. И если граница между оползнями и селями уверенно определяется визуально (движение оползней сопровождается разрывом их сплошности), то для того, чтобы отличить сель от водного потока, транспортирующего наносы, необходимо, как минимум, обладать критериями.

Если твердый компонент двухфазной смеси имеет плотность, значительно превышающую плотность воды, в качестве критерия, позволяющего отличить сель от водного потока, транспортирующего наносы, могут выступать пластичность, вязкость и плотность.

Пластичность двухфазной смеси в решающей мере определяется содержанием глинистых фракций в гранулометрическом составе твердого компонента и их химическим составом. В подавляющем числе селеформирующих грунтов содержание глинистых фракций мало, поэтому (если объемная концентрация твердого компонента в селевой массе меньше 0,5), пластичность селевой массы практически не влияет на сопротивление движению потока и на энергию, затрачиваемую на поддержание твердого компонента во взвешенном состоянии (под взвешенным состоянием понимается отсутствие кулоновского трения частицы с поверхностью, по которой движется селевая масса), и, следовательно, пластичность не может быть использована в качестве критерия, позволяющего отличить сель от водного потока, несущего наносы.

Вязкость селевой массы неоднозначно зависит от ее плотности и определяется объемной концентрацией твердого компонента, а также его минералогическим и гранулометрическим составами. Поскольку роль вязкости в динамике потока определяется соотношением сил инерции и вязкости, использовать значение вязкости двухфазной смеси с целью идентификации потока (сель или водный поток, транспортирующий наносы) затруднительно.

Привлекательным (для этой цели) кажется энергетический критерий. Движение жидкого и твердого компонентов селевой массы определяется изменением их потенциальной энергии за единицу времени.

Если

$$m_B g v_B \sin \alpha > m_T g v_T \sin \alpha ,$$

где m_B – масса жидкого компонента (воды), m_T – масса твердого компонента, v_B – средняя поступательная скорость жидкого компонента, v_T – средняя поступательная скорость твердого компонента, α – угол наклона пути движения селевой массы, g – ускорение свободного падения, то это водный поток, транспортирующий наносы, в противном случае – сель.

Твердый компонент в составе двухфазной смеси может перемещаться (вследствие ее перемешивания и отсутствия свойства пластичности) во взвешенном состоянии, сальтацией, качением и скольжением. Од-

нако только при перемещении твердого компонента во взвешенном состоянии его скорость может приближаться к скорости движения жидкого компонента, так как перемещение твердого компонента путем сальтации, качения и скольжения (на уклонах менее 0,17) происходит, когда скорость движения жидкого компонента превышает скорость твердого компонента.

Если скорости движения твердого и жидкого компонентов равны, а это (при относительно малой концентрации твердого компонента в смеси) имеет место, когда твердые частицы перемещаются во взвешенном состоянии, то равенство изменения их потенциальных энергий наступает при равенстве масс компонентов.

Для единичного объема смеси жидкого и твердого компонентов

$$\begin{aligned} m_T &= C\rho_T, \\ m_B &= (1 - C)\rho_B, \\ C &= \frac{\rho_B}{\rho_T + \rho_B}, \end{aligned}$$

где ρ_T – плотность твердого компонента, ρ_B – плотность жидкого компонента, C – объемная концентрация твердого компонента в двухфазной смеси.

При $\rho_T = 2650 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$, $C = 0,274$, а плотность селевой массы $\rho_{см} = \rho_T C + \rho_B(1 - C) = 1452 \text{ кг/м}^3$.

Следовательно, при принятых значениях ρ_T и ρ_B плотность двухфазной смеси ($\rho_{см}$), равная 1452 кг/м^3 , является максимально возможной, при которой энергия водной составляющей равна или превышает энергию, затрачиваемую твердым компонентом на движение потока.

Однако эта гипотеза обладает существенными недостатком. При полидисперсном составе твердого компонента перемещение частиц может происходить и путем скольжения, качения, сальтации. В такой ситуации доля энергии, затрачиваемой на перемещение упомянутых частиц (за счет изменения их потенциальной энергии в единицу времени),

$$\Delta W_{II} = g \sin \alpha (m_{ck} v_{ck} + m_k v_k + m_{cl} v_{cl}),$$

где m_{ck} и v_{ck} – масса и скорость частиц, перемещающихся скольжением,

m_k и v_k – масса и скорость частиц, перемещающихся качением, m_{cl} и v_{cl}

– масса и скорость частиц, перемещающихся сальтацией.

К сожалению, осуществить измерение масс и скоростей движения этих частиц при проведении производственных работ невозможно. Следо-

вательно, равенство энергий твердого и жидкого компонентов не может быть принято в качестве критерия, позволяющего отличить водный поток, транспортирующий наносы, от селя.

Не менее сложной является проблема идентификации двухфазных потоков, когда твердый компонент представлен льдом, плотность которого меньше плотности воды. В гидрологии такие потоки (с плотностью менее 1000 кг/м^3) получили названия шугоход и ледоход. Их определения даны в Гидрологическом словаре [8]. Природа шугоходов и ледоходов изучена в степени, позволяющей с достаточной предупредительностью и оправдываемостью их прогнозировать.

В последние десятилетия наблюдаются и изучаются водоснежные и водолеяные сели. Их определения даны в Гляциологическом словаре [5] и терминологическом словаре «Селевые явления» [6]. Механизмы их образования просты, возможно, поэтому им не нашлось «места» в Гидрологическом словаре.

В 2006 г. был описан механизм формирования водолеяного селя, который связан с лавинообразным разрушением водолеяных образований, формирующихся при резком понижении температуры воздуха ($-10 \text{ }^\circ\text{C}$ и ниже) в отсутствие ледяного покрова на горных реках, продольный уклон русла которых составляет $2...7^\circ$, т.е. на склонах, на которых расположены населенные пункты с сотнями тысяч человек.

Природа селей многообразна, однако если сели формируются на склонах вулканов, селеведы всех континентов называют их лахарами. Одним из «продуктов» извержения вулканов является пемза – пористое вулканическое стекло, образующееся в результате выделения газов при быстром застывании кислых и среднекислых лав. Плотность пемзы $2000...2500 \text{ кг/м}^3$, но из-за замкнутости большинства пор объемная плотность пемзы может изменяться в пределах $300...900 \text{ кг/м}^3$. При большой концентрации пемзы в смеси с водой, ее плотность может быть значительно меньше плотности смеси воды и льда. Однако вряд ли потоку такой смеси будет отказано называться лахаром, т.е. селем. Следовательно, плотность смеси жидкого и твердого компонентов не является критерием отличия селя от водного потока, транспортирующего наносы.

В научно-популярной книге «Этюды о селевых потоках» Ю.Б. Виноградов в разделе «Селевики и селеведение, терминологические дебри, классификационная эпидемия» пишет «В 1947 г. по инициативе президента Академии наук СССР С.И. Вавилова была организована селе-

вая комиссия. ... На ежегодных пленарных заседаниях комиссии рассматривались разного рода организационные и методические вопросы, селевики советовались друг с другом, а время от времени вспыхивали безнадежные дискуссии по вопросам терминологии и классификаций. Только одно обсуждение животрепещущего вопроса «что такое сель» неоднократно приводило селевую комиссию почти к гибели». Возвращаясь к этой проблеме, в разделе «Шутят не только физики» Ю.Б. Виноградов пишет: «Рассказывают, что первый председатель Селевой комиссии член-корреспондент АН СССР Михаил Андреевич Великанов на одном из вещаний сказал:

– А главную задачу – дать определение «что такое сель», – Академия наук берет на себя» [3].

За прошедшее полувековье эта задача так и не решена, что приводит к трагическим последствиям из-за того, что водоледающие сели не прогнозировались. Так, в 2004 г. в центре г. Каскелен в водоледающей селье погину мальчик. В 2006 г. во время прохождения водоледающей сели по территории населенного пункта Фабричный (при температуре воздуха около -20 °С) погибли люди.

Угрозу здоровью и жизни людей, большой материальный ущерб наносят как водные потоки, так и сели. Принципиальным отличием селей от катастрофических водных потоков является относительно большое содержание в них твердого компонента. Но, как мы уже убедились, зависимость физических характеристик селевой массы от концентрации твердого компонента носит непрерывный характер и, поэтому, они не могут быть использованы в качестве критерия, позволяющего отличить сель от водного потока, транспортирующего наносы.

Так, может быть, в качестве такого критерия использовать социально-экономический критерий: если основной ущерб нанесен твердым компонентом, то это – сель, а если водой – паводок, несущий наносы? Недостатки этого критерия очевидны

Так что же такое сель?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большая советская энциклопедия. – М.: Большая советская энциклопедия, 1955. – Т. 38. – 668 с.
2. Боровинский Б.А. Электроразведочные работы на морене Малоалма-тинских ледников // Гляциологические исследования в период МГТ:

- Заилийский и Джунгарский Алатау. – Алма-Ата: АН КазССР, 1961. – Вып. 1. – С. 113–135.
3. Виноградов Ю.Б. Этюды о селевых потоках. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 144 с.
 4. Гагошидзе М.С. Селевые явления и борьба с ними. – Тбилиси: Сабчота Сакартвело, 1970. – 386 с.
 5. Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 528 с.
 6. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. – М.: МГУ, 1996. – 45 с.
 7. Флейшман С.М. Сели. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 312 с.
 8. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 308 с.
 9. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. – М.: Недра, 1980. – 296 с.

Поступила 27.08.2015

Геогр. ғылымд. докторы Б.С. Степанов
Техн. ғылымд. докторы Р.К. Яфязова

СЕЛ ДЕГЕНІМІЗ НЕ?

Апаттық сел – күрделі көпфакторлы процесс. Селдің қалыптасуының негізгі себептері: климаттық, геоморфологиялық, топырақ-өсімдік, антропогендік және басқалар. Белгілі жағдайларда факторлардың өзара әрекеттесуі бір фактордың негізгі ролі, басқа жағдайда көмекші болуы мүмкін.

Алыс ескінің ениісінен сел туралы ғылымға апаттық табиғи құбылыстардың ауысуына жарты жүзжылдық жеткілікті болды. Бірақ осы уақыттың өзі, сел бар екеніне анықтама құрастыруға жетпеді.

УДК 556.18.004.14

Канд. техн. наук С.П. Шиварева *
А.В. Галаева *
М.М. Азнабакиева *
А.А. Кишкимбаева *

**АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ВНУТРИГОДОВОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА В БАССЕЙНАХ РЕК ИЛЕ И
ЕРТИС В ПРЕДЕЛАХ КАЗАХСТАНА И КИТАЯ В СВЯЗИ С
КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ**

*БЫТОВОЙ СТОК, ВОССТАНОВЛЕННЫЙ СТОК, ВОДОПОТРЕБ-
ЛЕНИЕ*

Приводится оценка внутригодового распределения стока рек: Улькен Алматы (Большая Алматинка), р. Иле (Или) – уроч. Капшагай, р. Иле (Или) – с. Ямату, р. Кара Ертыс (Черный Иртыш) – с. Боран, р. Буришын – с. Чункулей в пределах КНР и РК в связи с изменением климата.

Многолетняя динамика внутригодового распределения стока определяется в основном климатическими изменениями. Климат бассейна оз. Балкаш (Балхаш) и бассейна Ертыса (Иртыша) в пределах Казахстана с середины 19 века до последних десятилетий 20 века характеризовался стационарными условиями. Изменения проявлялись в виде циклических колебаний температуры воздуха и атмосферных осадков длительностью, как правило, не более 10 лет. Длительные изменения температуры воздуха и атмосферных осадков отсутствовали. В последних десятилетиях 20 века и начале 21 века в рассматриваемых регионах наблюдается достаточно хорошо выраженная тенденция повышения температуры воздуха и увеличения атмосферных осадков. Эта тенденция проявляется и в изменении речного стока.

Анализ многолетней динамики в Или-Балхашском бассейне. Наблюдения за стоком рек в бассейне Иле в основном начались с 30-х годов 20 века. Для анализа многолетней динамики внутригодового распределения стока использованы данные о стоке рек, неподверженных или почти неподверженных влиянию хозяйственной деятельности. В бассейне Иле к таким

* РГП «Казгидромет», г. Алматы

рекам относится река Улькен Алматы (Большая Алматинка) пост в 2 км выше оз. Улькен Алматы, находящаяся на территории Казахстана. На рис. 1 приведены совмещенные разностные интегральные кривые стока р. Улькен Алматы – пост 2 км выше озера Улькен Алматы, осадков и температуры воздуха, измеренных на М Алматы за период 1952...2012 гг.

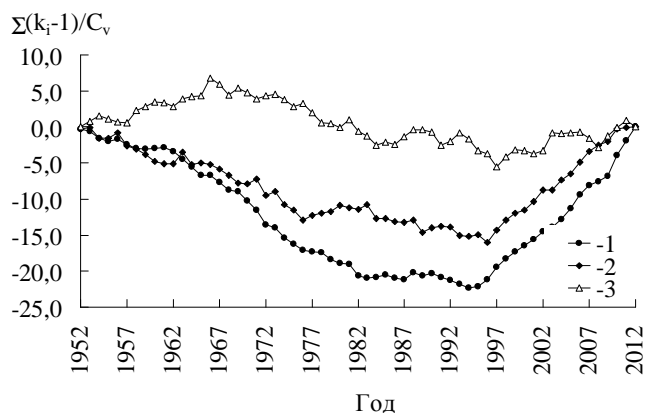


Рис. 1. Совмещенные разностные интегральные кривые среднего годового стока (1), температуры воздуха (2) и осадков (3) р. Улькен Алматы – 2 км выше оз. Улькен Алматы, 1952...2012 гг.

Если рассмотреть разностную интегральную кривую осадков по М Алматы (рис. 1), то можно увидеть, что количество годовых осадков колебалось в пределах нормы и лишь к концу рассматриваемого периода наблюдалось их некоторое увеличение. Что касается разностной интегральной кривой температуры воздуха, то видно, что среднегодовая температура воздуха, начиная с середины 80-х годов прошлого века, начала значительно увеличиваться. Сток реки Улькен Алматы также значительно увеличился с конца прошлого века. Такое повышение, по-видимому, связано с усилением деградации горного оледенения, которое началось в связи с повышением температуры воздуха, а также в связи с некоторым небольшим увеличением осадков.

Для оценки динамики стока реки Улькен Алматы по сравнению со стоком, который наблюдался в период с 1952 по 1986 гг., когда ещё не отмечалась тенденция изменения климата, построена разностная интегральная кривая среднего годового стока за период наблюдений с 1952 по 2012 гг. (рис. 2). Параметры этой кривой были определены за период с 1952 по 1986 гг.

Средний многолетний сток р. Улькен Алматы – п. 2 км выше оз. Улькен Алматы за период 1952...1986 гг. оказался равным 1,56 м³/с.

Анализ разностной интегральной кривой, приведенной на рис. 2, показывает, что за период 1987...2012 гг. наблюдается устойчивая тенденция повышения стока этой реки, равного 2,07 м³/с. За последние 26 лет сток реки повысился на 0,51 м³/с или на 32,6 %.

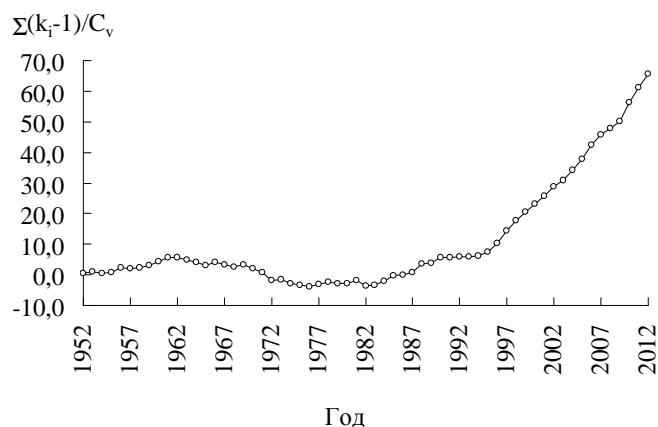


Рис. 2. Разностная интегральная кривая среднего годового стока р. Улькен Алматы – п. 2 км выше оз. Улькен Алматы за 1952...2012 гг.

Анализ различной водности за периоды 1952...1986 гг. и 1987...2012 гг. показывает, что за последний период (табл. 1) повторяемость многоводных лет увеличилась на 43,4 %, средних по водности лет уменьшилось на 3,43 %, а количество маловодных лет в последнем периоде отсутствует.

Таблица 1

Сток р. Улькен Алматы – п. 2 км выше оз. Улькен Алматы за различные периоды по группам водности

Водность	Речной сток за периоды				Изменение числа лет водности, %
	1952...1986 гг.		1987...1998 гг., 2000...2012 гг.		
	число лет	%	число лет	%	
Многоводные годы	10	28,6	18	72,0	43,4
Средние годы	11	31,4	7	28,0	-3,43
Маловодные годы	14	40,0	0	0,0	0,00

Многолетняя динамика внутригодового распределения стока оценена путем сопоставления стока за отдельные кварталы в % от величины годового стока (табл. 2).

Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что в многоводные годы происходит увеличение стока во 2-ом, 3-ем кварталах и его умень-

шение в 1-ом и 4-ом. Аналогичные изменения происходят и в средние по водности годы. Таким образом, современное изменение климата (1987...2012 гг.) привело к относительному увеличению стока 2-го, 3-го кварталов и уменьшению стока 1-го и 4-го кварталов.

Таблица 2

Внутригодовое распределение стока р. Улькен Алматы – п. 2 км выше оз. Улькен Алматы в % за различные периоды по кварталам

Период	Речной сток по кварталам, %			
	1	2	3	4
Многоводные и очень многоводные годы				
1952...1986 гг.	8,33	21,5	53,6	16,6
1987...2012 гг.	7,51	22,8	54,2	15,5
Разница	-0,82	1,30	0,60	-1,10
Средние годы				
1952...1986 гг.	8,96	21,5	53,4	16,1
1987...2012 гг.	7,73	22,5	54,0	15,8
Разница	-1,23	1,00	0,60	-0,36
Маловодные и очень маловодные годы				
1952...1986 гг.	9,67	22,2	51,3	16,9
1987...2012 гг.	0,00	0,00	0,00	0,00
Разница	0,00	0,00	0,00	0,00

Рассмотрена динамика внутригодового распределения стока, подверженного влиянием хозяйственной деятельности, на примере р. Иле в гидрометрическом створе урочище Капшагай, расположенном ниже Капшагайского водохранилища. Для определения внутригодового распределения естественного стока р. Иле в этом створе были использованы наблюдения за период с 1930...1969 гг., а для оценки его изменения под влиянием хозяйственной деятельности – с 1973...2012 гг.

В табл. 3 приведены значения среднего стока по группам водности за периоды, характеризующиеся различными условиями использования стока. Данные табл. 3 показывают, что в многоводные и очень многоводные годы сток уменьшился на 66,0 м³/с или на 11,8 %. В средние по водности годы – на 78,0 м³/с или на 17,0 %, а в маловодные и очень маловодные годы – на 39,0 м³/с или на 9,97 %. Суммарное уменьшение годового стока при его использовании (1973...2012 гг.) по сравнению с естественными условиями (1930...1969 гг.) составило 831 м³/с, а в среднем – 20,8 м³/с или 4,43 %. Проведенный ранее анализ [2] показал, что в течение 1973...2012 гг. произошло значительное сокращение и регулирование сто-

ка в верхней части р. Или на территории Китая, и его сокращение, в сравнении с восстановленным естественным стоком.

Таблица 3

Сток р. Или – уроч. Капшагай за различные периоды по группам водности

Водность	Речной сток, м ³ /с				Изменение годового стока	
	1930...1969 гг.		1973...2012 гг.		м ³ /с	%
	м ³ /с	число лет	м ³ /с	число лет		
Многоводные и очень многоводные годы	560	14	494	26	-66,0	-11,8
Средние годы	458	11	380	5	-78,0	-17,0
Маловодные и очень маловодные годы	391	15	352	9	-39,0	-9,97
Суммарный сток	18743	40	17912	40	-831	-
Среднее за 40 лет	469		448		-20,8	-4,43

Влияние использования стока на его внутригодовое распределение, оценено путем сопоставления его значений за отдельные кварталы в % от величины годового стока за периоды 1930...1969 гг. и 1973...2012 гг. (табл. 4).

Таблица 4

Внутригодовое распределение стока р. Или – уроч. Капшагай по кварталам за различные периоды, %

Период	Речной сток по кварталам, %			
	1	2	3	4
Многоводные и очень многоводные годы				
1930...1969 гг.	11,3	31,3	41,8	15,6
1973...2012 гг.	18,4	28,0	31,9	21,6
Разница	7,10	-3,30	-9,90	6,00
Средние годы				
1930...1969 гг.	13,5	29,2	41,5	15,8
1973...2012 гг.	19,9	30,0	28,2	21,8
Разница	6,40	0,80	-13,3	6,00
Маловодные и очень маловодные годы				
1930...1969 гг.	16,0	27,0	39,1	18,0
1973...2012 гг.	22,4	28,9	27,9	20,8
Разница	6,40	1,90	-11,2	2,80

Данные табл. 4 показывают, что в 1-ом квартале наблюдается увеличение стока независимо от водности. В 1 квартале в многоводные и очень многоводные годы сток увеличивается на 7,10 %, в средние по водности, а также маловодные и очень маловодные годы – на 6,40 %. В 4-том

квартале, также наблюдается увеличение стока: в многоводные, очень многоводные и средние по водности годы, сток увеличивается на 6,00 %, а в маловодные и очень маловодные годы, несколько меньше – на 2,80 %. Во 2-ом квартале за счет влияния хозяйственной деятельности в многоводные и очень многоводные годы наблюдается уменьшение стока на 3,30 %, а в маловодные, очень маловодные и средние годы сток незначительно увеличился всего на 1,90 % и на 0,80 % соответственно. В 3-ем квартале наблюдается уменьшение стока в различные по водности годы от 9,90 до 13,3 %.

Проведенный анализ показал, что в условиях влияния хозяйственной деятельности на территории Китая и существовании Капшагайской ГЭС на территории Казахстана, в гидрометрическом створе р. Иле – уроч. Капшагай в различные по водности годы наблюдается увеличение стока в 1-ом и 4-ом кварталах и его уменьшение во 2-ом и 3-ем.

Оценка влияния хозяйственной деятельности на внутригодовое распределение стока произведена путем анализа стока р. Иле в пункте с. Ямату, находящегося на территории Китая.

На рис. 3 приведена динамика стока и климатических характеристик в виде совмещенных разностных интегральных кривых стока р. Иле – с. Ямату, температуры воздуха и осадков, измеренных на станции Ямату за 1954...2010 гг.

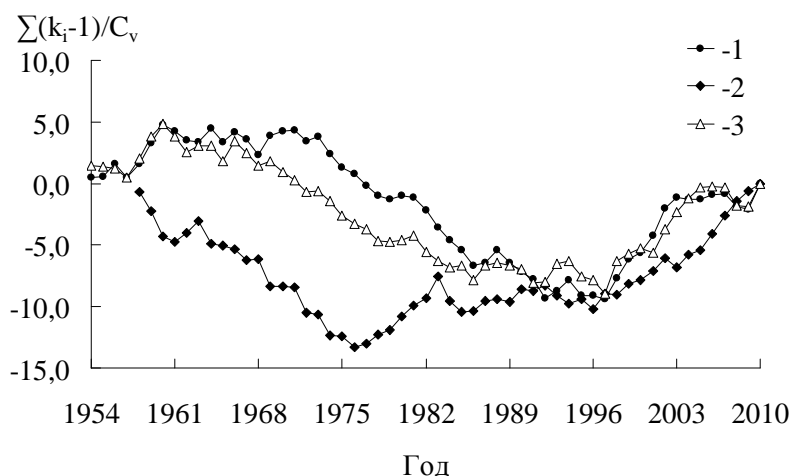


Рис. 3. Совмещенные разностные интегральные кривые стока (1), температуры воздуха (2) и осадков (3) р. Иле – с. Ямату, 1954...2010 гг.

На рис. 3 прослеживается повышение температуры воздуха, количества осадков и речного стока, начиная с середины 80-х годов прошлого века.

Для оценки динамики стока р. Иле – с. Ямату построены совмещенные разностные интегральные кривые наблюдаемого (бытового) и восстановленного естественного стока за период наблюдений с 1956 по 2010 гг. (рис. 4). Параметры этой кривой были определены за период с 1956 по 1995 гг.

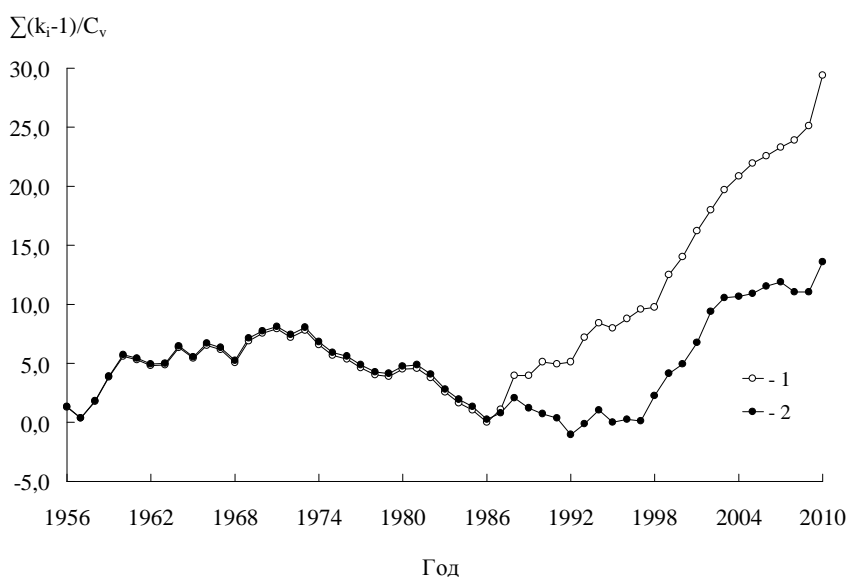


Рис. 4. Совмещенные разностно-интегральные кривые восстановленного естественного (1) и наблюдаемого (бытового) (2) стока р. Иле – с. Ямату за 1956...2010 гг.

Восстановление естественного стока этой реки производилось в зависимости от суммарного стока 5-ти рек (Шарын, Шилик, Каратал, Коксу и Тентек), бассейны которых расположены на территории Китая [2]. Зависимость стока р. Иле у с. Ямату от суммарного стока рассматриваемых рек была определена за период 1961...1986 гг. Коэффициент корреляции равен 0,91.

Средний многолетний сток р. Иле – с. Ямату за 1956...1995 гг. оказался равным 372 м³/с. Наблюдаемый (бытовой) сток за 1996...2010 гг. оказался равным 417 м³/с, а восстановленный естественный сток за этот же период равен 452 м³/с, что на 35,0 м³/с или на 8,5 % выше наблюдаемого (бытового) стока. Сопоставление наблюдаемого стока за 1956...1995 гг. и 1996...2010 гг. показывает, что за последний период, даже в условиях повышенного водопотребления в рассматриваемом бассейне, уменьшение среднего годового стока не происходило. Это было обусловлено повыше-

нием естественного стока за счет увеличения количества осадков и происходящей деградации горного оледенения.

Влияние использования стока на внутригодовое распределение оценено путем сопоставления его значений за отдельные кварталы от величины годового стока в % (табл. 5).

Таблица 5

Внутригодовое распределение стока р. Иле – с. Ямату в % за различные периоды по кварталам

Период	Речной сток по кварталам, %			
	1	2	3	4
Многоводные и очень многоводные годы				
1954...1986 гг.	9,40	33,1	44,8	12,8
1996...2010 гг.	11,0	33,7	40,2	15,1
Разность	1,60	0,66	-4,60	2,30
Средние годы				
1954...1986 гг.	11,6	32,4	40,9	15,1
1996...2010 гг.	13,1	31,7	38,7	16,5
Разница	1,50	-0,70	-2,20	1,40
Маловодные и очень маловодные годы				
1954...1986 гг.	13,1	29,9	41,8	15,2
1996...2010 гг.	25,7	32,6	24,6	17,1
Разница	12,6	2,70	-17,2	1,90

В табл. 5 приведены характеристики внутригодового распределения квартального стока за периоды 1954...1986 гг. и 1996...2010 гг. Кроме этого, для различных групп водности приведена разность в % между стоком за период 1954...1986 гг. и за период 1996...2010 гг. Данные, приведенные в табл. 5, показывают, что в многоводные годы происходит увеличение стока в 1-ом, 2-ом и 4-ом кварталах, а уменьшение – в 3-ем квартале. В средние по водности годы происходит увеличение стока в 1-ом и 4-ом кварталах, а уменьшение стока во 2-ом и 3-ем. В маловодные годы сокращение стока определить практически невозможно, так как в этот период (1996...2010 гг.) наблюдался всего 1 маловодный год.

Проведенный анализ показал, что в течение 1996...2010 гг. происходило значительное сокращение, и регулирование стока в верхней части р. Иле на территории Китая, и его сокращение в сравнении с восстановленным естественным стоком.

Анализ многолетней динамики в бассейне р. Ерчис. Оценка влияния хозяйственной деятельности на внутригодовое распределение

стока может быть произведена путем использования данных стока р. Кара Ертис – с. Боран, расположенного на территории РК.

На рис. 5 приведена разностная интегральная кривая среднего годового стока р. Кара Ертис – с. Боран за период наблюдений 1956...2010 гг. Параметры этой кривой были определены за период с 1956 по 1995 гг.

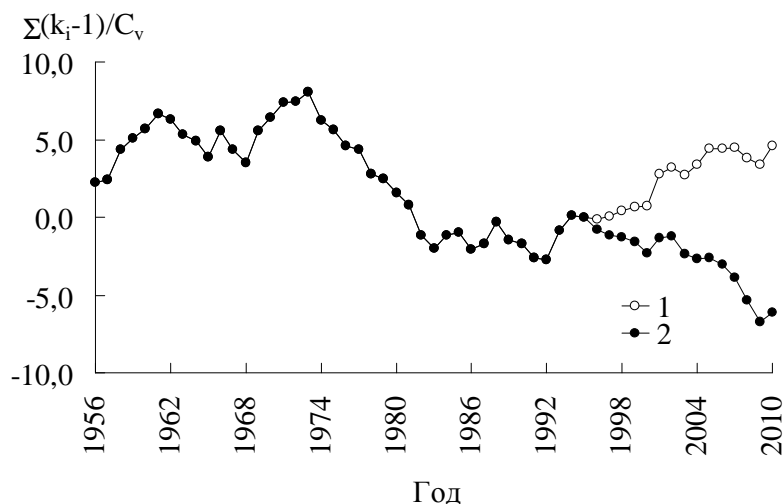


Рис. 5. Совмещенные разностно-интегральные кривые восстановленного естественного (1) и наблюдаемого (бытового) (2) стока р. Кара Ертис – с. Боран за 1956...2010 гг.

Восстановление естественного стока этой реки производилось в зависимости от стока р. Буршын – с. Чункулей, бассейн которой расположен на территории Китая и сток которой не нарушен влиянием хозяйственной деятельности [1]. Уравнение этой зависимости за период 1961...1990 гг. имеет следующий вид:

$$Q_{КЕБ} = 3,01 \cdot Q_{БЧ} - 112,$$

где $Q_{КЕБ}$ – сток р. Кара Ертис – с. Боран, м³/с, $Q_{БЧ}$ – сток р. Буршын – Чункулей, м³/с. Коэффициент корреляции $r = 0,96$.

Средний многолетний естественный (восстановленный) сток р. Кара Ертис – с. Боран за 1956...1995 гг. оказался равным 296 м³/с. Наблюдаемый (бытовой) сток за 1996...2010 гг. равен 265 м³/с, а восстановленный естественный сток за этот же период равен 327 м³/с, что на 62,0 м³/с или на 23,2 % выше наблюдаемого (бытового) стока. По сравнению со средней величиной стока за период 1956...1995 гг., естественный сток за этот период увеличился на 31,0 м³/с или 10,5 %, в основном, за счет увлажнения рассматриваемого бассейна в последние десятилетия.

В табл. 6 приведены значения среднего стока по группам водности за периоды, характеризующиеся различными условиями использования воды.

В 1956...1995 гг. использование стока было незначительное, а в 1996...2010 гг. оно было достаточно большим. В многоводные годы сток уменьшился на 75,0 м³/с или на 19,0 %, в средние по водности годы – на 48,0 м³/с или на 16,9 %, а в маловодные годы – на 16,0 м³/с или на 7,96 %. Для маловодных лет эту оценку можно считать приближенной, в связи с тем, что в рассматриваемом ряду (1996...2010 гг.), маловодный год был единственным.

Таблица 6

Сток р. Кара Ертис – с. Боран за различные периоды по группам водности

Водность	Сток за период, м ³ /с				Изменение годового стока	
	1956...1995 гг.		1996...2010 гг.		м ³ /с	%
	м ³ /с	число лет	м ³ /с	число лет		
Многоводные и очень многоводные годы	394	15	319	6	-75,0	-19,0
Средние годы	284	11	236	8	-48,0	-16,9
Маловодные и очень маловодные годы	201	14	185	1	-16,0	-7,96

Влияние использования стока в пункте р. Кара Ертис – с. Боран на его внутригодовое распределение оценено путем сопоставления его значений за отдельные кварталы в % от величины годового стока (табл.7).

Таблица 7

Внутригодовое распределение стока р. Кара Ертис – с. Боран в % за различные периоды по кварталам

Период	Речной сток по кварталам, %			
	1	2	3	4
Многоводные и очень многоводные годы				
1956...1995 гг.	4,28	50,1	37,6	8,05
1996...2010 гг.	5,94	62,0	23,8	8,25
Разница	1,66	11,9	-13,8	0,20
Средние годы				
1956...1995 гг.	5,38	54,3	31,5	8,81
1996...2010 гг.	7,51	54,2	26,9	11,4
Разница	2,13	-0,10	-4,60	2,59
Маловодные и очень маловодные годы				
1956...1995 гг.	6,86	51,5	31,3	10,3
1996...2010 гг.	8,04	54,9	25,2	11,9
Разница	1,18	3,40	-6,10	1,60

Данные, приведенные в табл. 7, показывают, что в многоводные годы происходит значительное увеличение стока во 2-ом квартале, а также значительное его уменьшение в 3-ем квартале. В средние по водности годы происходит увеличение в 1-ом и 4-ом кварталах, а во 2-ом и 3-ем кварталах его относительное уменьшение. Такие же изменения происходят и в маловодные годы, причем наибольшее относительное увеличение стока наблюдается в 1-ом квартале. В маловодные годы, также как и в многоводные годы, наблюдается уменьшение стока только в 3-ем квартале. Проведенный анализ показал, что в течение 1996...2010 гг. происходило значительное сокращение и регулирование стока р. Кара Ертис – с. Боран на территории Китая. Средний сток реки за 1996...2010 гг. понизился не только по сравнению с естественным (восстановленным) значением за тот же период, но и по сравнению со стоком за период 1956...1995 гг.

Рассмотрена динамика внутригодового распределения стока, подверженного влиянию хозяйственной деятельности, на примере анализа в гидрометрическом створе ГЭС Усть-Каменогорская, расположенном ниже водохранилища Буктырминской ГЭС. Для определения внутригодового распределения естественного стока р. Ертис в этом створе были использованы наблюдения за период с 1920...1959 гг., а для оценки его изменения под влиянием хозяйственной деятельности с 1960...1999 гг.

В табл. 8 приведены значения среднего стока по группам водности за периоды, характеризующиеся различными условиями использования воды.

Таблица 8

Сток р. Ертис – ГЭС Усть-Каменогорская за различные периоды по группам водности

Водность	Речной сток за период, м ³ /с				Изменение речного стока	
	1920...1959 гг.		1960...1999 гг.		м ³ /с	%
	м ³ /с	число лет	м ³ /с	число лет		
Многоводные и очень многоводные годы	781	14	612	10	-169	-21,6
Средние годы	609	16	557	12	-52,0	-8,54
Маловодные и очень маловодные годы	476	10	494	18	18,0	3,78
Суммарный сток	25439	40	21707	40	-3732	-
Среднее за 40 лет	636		543		-93,0	-14,6

В 1920...1959 гг. использование стока было незначительное, а в 1960...1999 гг. оно было довольно значительным. В многоводные годы сток уменьшился на 169 м³/с или на 21,6 %, в средние по водности годы –

на 52,0 м³/с или на 8,54 %, а в маловодные годы наоборот увеличился на 18,0 м³/с или на 3,78 %. Суммарное уменьшение годового стока при его использовании (1960...1999 гг.) по сравнению с естественными условиями (1920...1959 гг.) составило 3732 м³/с, а в среднем – 93,0 м³/с или 14,6 %.

Влияние использования стока в пункте р. Ертис – ГЭС Усть-Каменогорская на его внутригодовое распределение оценено путем сопоставления значений за отдельные кварталы от величины годового стока в % (табл. 9).

Таблица 9

Внутригодовое распределение стока р. Ертис – ГЭС Усть-Каменогорская в % за различные периоды по кварталам

Период	Речной сток по кварталам, %			
	1	2	3	4
Многоводные и очень многоводные годы				
1920...1959 гг.	9,10	44,1	30,6	16,2
1960...1999 гг.	20,3	28,7	25,7	25,2
Разность	11,2	-15,4	-4,90	9,00
Средние годы				
1920...1959 гг.	10,0	45,2	28,7	16,1
1960...1999 гг.	21,6	27,8	25,4	25,2
Разница	11,7	-17,4	-3,30	9,10
Маловодные и очень маловодные годы				
1920...1959 гг.	12,3	44,4	26,8	16,5
1960...1999 гг.	19,7	30,9	26,0	23,4
Разница	7,40	-13,5	-0,80	6,90

В табл. 9 показано, что в 1-ом квартале наблюдается увеличение стока: в многоводные и очень многоводные годы – на 11,2 %, в средние по водности, а также маловодные и очень маловодные годы – на 7,40 %. В 4-том квартале, также наблюдается увеличение стока: в многоводные и очень многоводные годы – на 9,00 %, в средние по водности – на 9,10 %, а в маловодные и очень маловодные годы, несколько меньше – на 6,90 %. Во 2-ом квартале за счет влияния хозяйственной деятельности наблюдается уменьшение стока: в многоводные и очень многоводные годы – на 15,4 %, в средние по водности – на 17,4 %, а в маловодные и очень маловодные годы несколько меньше – на 13,5 %. В 3-ем квартале наблюдается уменьшение стока в различные по водности годы от 0,80 до 4,09 %.

Проведенный анализ показал, что в условиях влияния хозяйственной деятельности на территории Китая и существовании Буктырминской ГЭС на территории Казахстана, в гидрометрическом створе р. Ертис –

ГЭС Усть-Каменогорская в различные по водности годы наблюдается увеличение стока 1-го и 4-го кварталов и его уменьшение во 2-ом и 3-ем.

Для оценки многолетней динамики внутригодового распределения стока на территории Китая использованы данные о стоке р. Буршын – с. Чункулей, не подверженной или почти не подверженной влиянию хозяйственной деятельности.

На рис. 6 приведена разностная интегральная кривая среднего годового стока р. Буршын – с. Чункулей за период наблюдений 1956...2010 гг. Параметры этой кривой были определены за период с 1956 по 1992 гг.

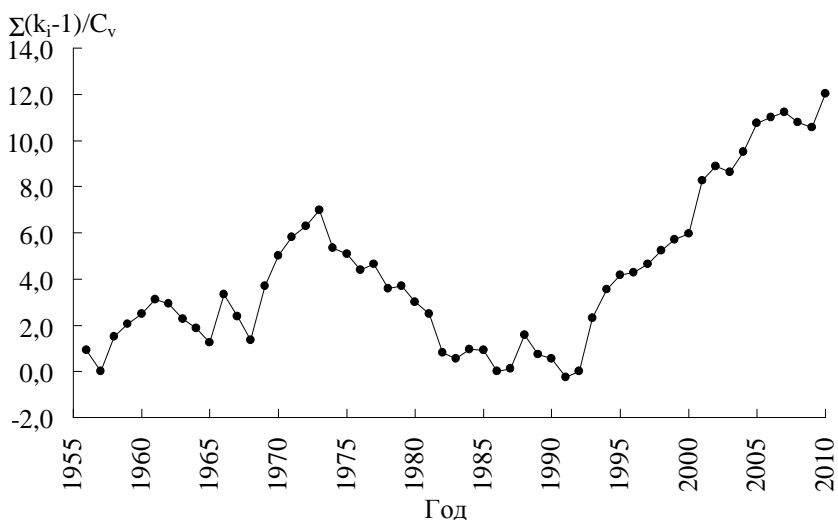


Рис. 6. Разностная интегральная кривая среднего годового стока р. Буршын – с. Чункулей за 1956...2010 гг.

Средний многолетний сток р. Буршын – с. Чункулей за период 1956...1992 гг. оказался равным $132 \text{ м}^3/\text{с}$, а за период с 1956...1995 гг., сток которого использовался для анализа внутригодового распределения стока, равен $135 \text{ м}^3/\text{с}$. Анализ разностно-интегральной кривой (рис. 6) показывает, что за период 1993...2010 гг. наблюдается устойчивая тенденция повышения стока этой реки, равное $151 \text{ м}^3/\text{с}$. За последние 18 лет сток реки повысился на $19,0 \text{ м}^3/\text{с}$ или на $14,4 \%$.

Анализ различной водности за периоды 1956...1992 гг. и 1993...2010 гг. показывает увеличение процентного содержания многоводных и очень многоводных лет на $29,9 \%$, средних по водности лет на 7% , а количества маловодных лет и очень маловодных, наоборот, уменьшилось на $37,2 \%$ (табл. 10).

Влияние изменения климата на внутригодовое распределение стока было оценено путем сопоставления его за отдельные кварталы в % от величины годового стока (табл. 11).

Из данных, приведенных в табл. 11, видно, что в многоводные и очень многоводные годы происходит значительное увеличение стока во 2-ом, 1-ом и 4-ом кварталах, а также значительное его уменьшение в 3-ем квартале. Аналогичные изменения происходят в средние по водности годы. Такие же изменения происходят в маловодные и очень маловодные годы, причем наибольшее относительное увеличение стока наблюдается в 1-ом квартале.

Таблица 10

Сток р. Буршын – с. Чункулей за различные периоды по группам водности

Водность	Речной сток за периоды, %				Изменение числа лет по водности, %
	1956...1992 гг.		1993...2010 гг.		
	число лет	%	число лет	%	
	35		18		
Многоводные и очень многоводные	9	25,7	10	55,6	29,9
Средние	11	31,4	7	38,9	7,50
Маловодные и очень маловодные	15	42,8	1	5,60	-37,2

Таблица 11

Внутригодовое распределение стока р. Буршын – с. Чункулей за различные периоды по кварталам, %

Период	Речной сток по кварталам, %			
	1	2	3	4
Многоводные и очень многоводные годы				
1956...1992 гг.	3,24	48,1	41,5	7,07
1993...2010 гг.	4,35	52,7	34,9	7,91
Разность	1,11	4,60	-6,54	0,84
Средние годы				
1956...1992 гг.	4,03	47,6	39,7	8,50
1993...2010 гг.	5,52	50,6	34,9	8,91
Разность	1,49	2,96	-4,87	0,41
Маловодные и очень маловодные годы				
1956...1992 гг.	4,77	48,5	37,7	8,96
1993...2010 гг.	6,20	49,4	35,0	9,34
Разность	1,43	0,90	-2,66	0,37

Таким образом, современное изменение климата (1993...2010 гг.) привело к относительному увеличению стока 1-го, 2-го и 4-го кварталов и уменьшению стока 3-го квартала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В. В., Азнабакиева М.М. Изменение среднегодового стока в бассейне реки Иртыш (Ертис) в пределах территории Китая // Гидрометеорология и экология. – 2014. – № 3. – С. 114-119.
2. Шиварёва С.П., Галаева А.В. Анализ изменения стока в бассейне р. Или в пределах Казахстана и Китая в связи с климатическими изменениями // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №1. – С. 68-80.

Поступила 27.05.2015

Техн. ғылымд. канд. С.П. Шиварева
 А.В. Галаева
 М.М. Азнабакиева
 А.А. Кишкимбаева

КЛИМАТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРМЕН БАЙЛАНЫСТЫ ҚАЗАҚСТАН ЖӘНЕ ҚЫТАЙ ЖЕРІНДЕ ІЛЕ ЖӘНЕ ЕРТІС ӨЗЕНДЕРДІҢ ЖЫЛ ІШІНДЕ ӨЗЕН АҒЫНДЫНЫҢ ҮЛЕСТІРУІН КӨП ЖЫЛДЫҚ СЕРПІНДІ ТАЛДАУ

Климаттық өзгерістермен байланысты ҚХР және ҚР жерінде өзендерді ағындының жыл ішінде үлестіруі бағалауды келтіреді: Үлкен Алматы, Іле – Қапшағай шатқалы, Іле – Ямату ауылы, Қара Ертис – Боран ауылы, Буршын – Чункулей ауылы.

УДК 556.536.6 + 556.004.05

Канд. техн. наук К.К. Дускаев *
Канд. геогр. наук Л.Ю. Чигринец *

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ РЕК КАЗАХСТАНА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ТВЁРДОМ СТОКЕ

ВЗВЕШЕННЫЕ НАНОСЫ, ВЛЕКОМЫЕ НАНОСЫ, ДОННЫЕ НАНОСЫ, СТОК РАСТВОРЁННЫХ ВЕЩЕСТВ, МУТНОСТЬ ВОДЫ, ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ НАНОСОВ, ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ, КАЧЕСТВО ВОДЫ, САМООЧИЩЕНИЕ, ПОВЕРХНОСТНЫЙ СМЫВ

Оценено экологическое состояние горных рек Казахстана с использованием данных о твёрдом стоке на примере репрезентативных горных районов Республики – Илейского, Жетысуского Алатау и казахстанской части Горного Алтая на основе трёх его составляющих – стока взвешенных, влекомых наносов и стока растворённых веществ. Рассмотрены экологические аспекты применения данных о твёрдом стоке.

В настоящее время горные реки Казахстана подвергаются значительному антропогенному воздействию, загрязняются бытовыми отходами, промышленными и талыми стоками, содержащими большое количество наносов и загрязняющих веществ. В связи с резким возрастанием масштабов хозяйственной деятельности в последние годы обострилась проблема рационального и комплексного использования водных ресурсов рек в предгорных и горных районах Республики.

Один из методов оценки экологического состояния водных объектов – анализ сведений о твёрдом стоке, который, как интегральный показатель склоновой и русловой эрозии на водосборе, является индикатором экологического состояния водных объектов и их бассейнов.

Сведения о твёрдом стоке и его динамике могут быть использованы для объективной оценки экологического состояния водных объектов, прогнозирования качества воды, для решения проблем рационального и комплексного использования водных ресурсов, для защиты и охраны рек, особенно малых горных рек, от истощения, загрязнения, замусоривания,

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

разрушения берегов и других антропогенных воздействий, а также для оценки экологического риска при использовании горных территорий.

Однако, несмотря на большую значимость, твёрдый сток все еще остаётся одной из слабо изученных гидрологических характеристик, особенно для горных рек.

В работе оценено экологическое состояние горных рек Казахстана с использованием данных о твёрдом стоке на примере репрезентативных горных районов Республики – Илейского Алатау, Жетысуского Алатау и казахстанской части Горного Алтая на основе трёх его составляющих – стока взвешенных, влекомых наносов и стока растворённых веществ. Рассмотрены экологические аспекты применения данных о твёрдом стоке.

Выявлены основные факторы формирования твёрдого стока рек территории и оценена изученность жидкого и твёрдого стока по состоянию на 2012 год, проведен анализ полноты и качества наблюдений. Собраны сведения о мутности воды, минерализации воды, стоке и гранулометрическом составе наносов за весь имеющийся период наблюдений по 69 гидропостам на реках рассматриваемых горных районов Казахстана, из них 25 пунктов относятся к Илейскому Алатау, 27 – к Жетысускому Алатау, 17 – к Казахстанскому Алтаю. Продолжительность периодов наблюдений за стоком взвешенных наносов колеблется от 2 лет до 61 года. Сеть наблюдений за твёрдым стоком в последние годы постоянно сокращалась. В 1996 г. в Илейском Алатау действовало 4 пункта наблюдений за стоком наносов, в Жетысуском Алатау – 2, а в Горном Алтае – всего 1, к 2000 году на указанных постах наблюдения за твёрдым стоком были прекращены. В этих условиях возникает необходимость в совершенствовании существующих и разработке новых расчетных методов определения твёрдого стока при отсутствии и недостаточности данных наблюдений, при этом особую ценность приобретают выявленные закономерности на основе имеющихся фактических данных.

Большое внимание в работе уделено расчёту и анализу мутности воды рек как одной из характеристик качества воды. Согласно нормативным требованиям, мутность воды, используемой для питьевых целей, не должна превышать $1,5 \text{ мг/дм}^3$ (мг/л , г/м^3). Для рассматриваемого региона получено, что средняя многолетняя мутность воды рек изменяется в Илейском Алатау от 21 г/м^3 до 830 г/м^3 , в Жетысуском Алатау – от 19 г/м^3 до 550 г/м^3 , а в Казахстанском Алтае – от $19,1 \text{ г/м}^3$ до 203 г/м^3 [10]. Таким образом, среднемноголетняя величина мутности воды рассматриваемых

рек достаточно велика в сравнении с требуемыми нормативами. Это обусловлено большими внутригодовыми и внутрисуточными её колебаниями, связанными с выпадением ливневых осадков, наличием снегового и ледникового питания, что необходимо учитывать при использовании воды для различных целей.

Получен ряд зависимостей стока взвешенных наносов и мутности воды рек исследуемой территории от определяющих факторов, которые аппроксимированы соответствующими формулами и могут быть применены для оценки характеристик стока взвешенных наносов неизученных рек. К числу таких зависимостей, например, следует отнести зависимость нормы годовых расходов наносов от нормы годовых расходов воды, зависимости среднегодовой мутности воды и модуля твёрдого стока от средневзвешенной высоты водосбора и др. Выявлено уменьшение мутности воды с увеличением средневзвешенной высоты водосбора. С применением ГИС-технологий созданы карты мутности воды для территорий Илейского и Жетысуского Алатау, которые могут служить лишь для получения приближенных величин мутности воды рек.

Для оценки величины химической эрозии, характеризуемой стоком растворенных веществ, собраны сведения о содержании главных ионов и общей минерализации воды за весь период наблюдений по всем рассматриваемым гидропостам. Величина среднегодовой минерализации рек в Илейском Алатау меняется от 89 до 205 мг/дм³, в Жетысуском Алатау – от 95 до 456 мг/дм³, а в реках казахстанской части Горного Алтая – от 94,1 до 461,7 мг/дм³. В результате анализа ионного стока выявлены достаточно четкие зависимости расхода растворенных веществ от расхода воды, расхода растворенных веществ от расхода взвешенных наносов, минерализации воды от высоты местности. В целом наблюдается закономерность – уменьшение минерализации с увеличением высоты местности, увеличение минерализации от склонов северной экспозиции к южной, а также увеличение ионного стока с увеличением расхода воды.

Произведена оценка качества воды по величине минерализации и содержанию главных ионов для питьевых целей и для орошения. Вода рек в рассматриваемых створах маломинерализована и в течение всего года гидрокарбонатно-кальциевого характера. Согласно нормативным требованиям, верхние пределы допустимой минерализации питьевой воды ограничиваются величинами порядка 1,0...1,5 г/дм³. В случае крайней необходимости для питья можно использовать воду с минерализацией до

3,0...4,0 г/дм³, но для постоянного использования такая вода не может считаться удовлетворительной. Для целей орошения минерализация воды не должна превышать 1000 мг/дм³. Выявлено, что для всех рек в рассматриваемых створах по величине минерализации вода пригодна как для питья, так и для орошения в течение всего года. В период половодья минерализация воды наиболее низкая, в межень её значение увеличивается.

Данные о твердом стоке используются при расчете самоочищения водной среды от загрязнения. В работах А.В. Караушева [6, 7] и А.Я. Шварцмана [11] приведена методика расчёта осаждения наносов и их вторичного взмучивания.

И.В. Боголюбовой [1] внесены изменения и уточнения в эту методику для применения ее на горных реках. По её мнению, в горных условиях необходимо учитывать большую неоднородность взвешенных наносов и донных отложений, а также эффект экранирования мелких фракций крупными в донных отложениях, согласно которому отрыв от дна и взвешивание мелких фракций происходит не по всей поверхности русла, а только через «окна» – промежутки между крупными невзвешенными фракциями. По методике А.В. Караушева и А.Я. Шварцмана, с учетом его корректировки для горных рек, предложенной И.В. Боголюбовой [1], в работе произведен ряд расчетов осаждения наносов и вторичного взмучивания, а также изменение мутности воды по длине потока при различных начальных условиях для участков некоторых горных рек Илейского Алатау. Расчеты по каждой реке проводились в нескольких вариантах: при различных расходах взвешенных наносов и мутности воды в начале расчетных участков, при различных морфометрических характеристиках участков, при различной крупности донных отложений. Исходными данными для расчетов являются: гранулометрический состав донных отложений, измеренные расходы воды и взвешенных наносов на расчетную дату, средняя скорость потока, морфометрические характеристики русла, средняя мутность воды. Все перечисленные данные берутся на начало расчетного участка. Расчет ведется по участкам длиной от 100 до 400 м. За начало первого расчетного участка на каждой реке обычно принимался створ одного из гидрологических постов. Расчеты показали, что на каждой реке имеются участки отложений наносов, размыва (взмучивания) и транзитные участки. При одинаковой мутности воды в начале расчетных участков осаждение наносов на разных реках и на разных участках одной и той же реки происходит на различных расстояниях, что обусловлено, прежде

всего, различной крупностью взвешенных и донных наносов и различными скоростями потока. Так, вследствие большей крупности наносов и меньших скоростей течения, характерных для гидропоста р. Турген – с. Таутурген в сравнении с гидропостом р. Киши Алматы – г. Алматы, длина участка с осаждением наносов на р. Турген меньше, чем на р. Киши Алматы. Ширина реки существенно влияет на осаждение наносов и взмучивание. Так, если при фактической ширине р. Киши Алматы на расчетном участке, участок с осаждением наносов имеет длину 26 км, то при увеличении ширины реки в 2 раза, это расстояние уменьшается до 15,2 км, а при увеличении ширины в 4 раза – до 11,6 км. В результате анализа расчетов сформулирован вывод о том, что при загрязнении горных рек мелкими твердыми частицами и веществами, которые могут быть адсорбированы взвешенными наносами, это загрязнение может устойчиво распространяться на большие расстояния. Поэтому для защиты горных рек, особенно малых, необходим запрет сбросов в них какого-либо твердого материала, особенно мелких частиц (остатков строительного мусора, добычных материалов, бытовых отходов и т.п.). Вследствие большой транспортирующей способности эти материалы в большом количестве могут переноситься и засорять, заиливать реки в низкогорной части и в предгорье, что при прохождении крупных паводков может привести к катастрофическим последствиям.

Зачастую при оценке качества воды для различных целей (питьевое водоснабжение, рыборазведение и т.п.) необходимы сведения о содержании в составе взвешенных наносов весьма мелких илисто-глинистых частиц, диаметром менее 0,01 мм, которые могут быть перенесены на большие расстояния вследствие небольшой гидравлической крупности и обладают высокой способностью к сорбции органических частиц. Также необходимы сведения о содержании фракций диаметром менее 0,05 мм, которые принимаются обычно в качестве показателя крупности взвешенных наносов, как это было предложено Г.И. Шамовым и поддержано рядом других ученых. Произведён анализ содержания в составе взвешенных наносов рассматриваемых рек мелких илисто-глинистых частиц диаметром менее 0,05 мм, которые обладают высокой способностью к сорбции органических частиц и загрязняющих веществ. Анализ данных о содержании частиц менее 0,05 мм в составе взвешенных наносов в 12 гидрометрических створах на реках Илейского Алатау и в 14 – на реках Жетысуского Алатау в среднем за многолетний период (1934...1996 гг.)

показал, что большинство горных рек, как Илейского, так и Жетысуского Алатау, можно отнести к рекам, в составе взвешенных наносов которых этих частиц содержится менее 50 %. Таким образом, подавляющее большинство рек исследуемого региона имеет крупные взвешенные наносы и относится к четвертой категории по классификации Г.И. Шамова или к третьей категории по классификации К.Н. Лисицыной, Г.А. Петуховой и др. [8]. Необходимо отметить, что одна и та же река в разных гидрометрических створах может быть отнесена к разным категориям, что зависит от ряда факторов, например, от средней высоты, площади водосбора, замыкаемой данным гидропостом, которые косвенно характеризуют питание и режим горных рек, от места впадения притоков относительно гидропоста, а также от ряда других характеристик участка расположения гидропоста, например, от уклона местности и пр.

Анализ данных показал, что в период подъема половодья и паводков в Илейском Алатау только в одном гидростворе (р. Киши Алматы – ниже устья р. Сарысай) содержание частиц $< 0,05$ мм значительно превосходит 50 % (составляет 92,1 %) и в двух гидростворах (р. Шилик – с. Малыбай и р. Улькен Алматы – два км выше озера Улькен Алматы) незначительно превышает 50 %. На спаде половодья также в трех гидростворах (р. Киши Алматы – г. Алматы, р. Киши Алматы – ниже устья р. Сарысай и р. Улькен Алматы – два км выше озера Улькен Алматы) содержание частиц $< 0,05$ мм превышает 50 %, составляя 66,3 %, 92,6 % и 71,7 % соответственно. Высокое содержание мелких частиц в составе взвешенных наносов по данным гидропоста р. Улькен Алматы – два км выше озера Улькен Алматы, по-видимому, связано с большой долей ледникового питания и переносом в этом створе мелких частиц, вымытых из моренных отложений, а также пониженными уклонами в районе этого гидропоста.

В Жетысуском Алатау из 14 имеющихся гидропостов ни в одном из них содержание частиц $< 0,05$ мм во взвешенных наносах не превышает 75 %. В трех гидростворах – (р. Сарканд – г. Сарканд, р. Баскан – с. Новопокровка, р. Тентек – с. Герасимовка) содержание мелких частиц существенно больше 50 %, а по двум створам (р. Коксу – ущ. Кук-Креу и р. Баракожир – с. Кийтин) оно незначительно больше 50 %. Во время подъема половодья и паводков содержание частиц $< 0,05$ мм незначительно превышает 50 % по двум гидростворам (р. Коксу – ущ. Кук-Креу и р. Баракожир – с. Кийтин) и значительно – по гидроствору р. Тентек –

с. Герасимовка (73,6 %). На спаде половодья и паводков только в двух гидростворах содержание частиц $< 0,05$ мм значительно превышает 50 % (р. Сарканд – г. Сарканд – 73,6 %; р. Баскан – с. Новопокровка – 73,4 %). В трех гидростворах содержание мелких частиц несколько выше 50 % (р. Тентек – с. Герасимовка – 55,5 %; р. Коксу – ущ. Кук-Креу – 54,6 %; р. Коксу – свх. Коксу – 50,6 %). В остальных гидростворах содержание мелких частиц в эту фазу водного режима менее 50 %.

Авторами составлены схематические карты содержания мелких частиц (процент фракций $< 0,05$ мм) в составе взвешенных наносов горных рек Илейского и Жетысуского Алатау на подъеме половодья. Карты составлены с применением ГИС-технологий площадным способом с выделением зон, соответствующих различному процентному содержанию мелких частиц. На картах выделено три зоны по содержанию мелких частиц в составе взвешенных наносов рек: менее 30 %; от 30 до 50 %; более 50 %. Для выделения большего количества зон данных не хватает. На картах наглядно видна зависимость процентного содержания мелких частиц в составе взвешенных наносов рек от высоты местности, а именно его увеличение с уменьшением высоты. Как в Илейском, так и в Жетысуском Алатау, зоны формирования стока расположены почти полностью в зонах содержания мелких частиц до 50 %.

В Илейском Алатау граница зоны содержания мелких частиц менее 30 % проходит в бассейне р. Шилик до бассейна р. Турген примерно по изогипсе 1000 м. В бассейне р. Турген эта граница поднимается до высоты 1500 м и примерно на этой высоте доходит до бассейна р. Каскелен, в котором она снижается до высоты 800 м, а далее на запад, в бассейне р. Каракастек она поднимается до высоты 2000...2500 м. Нижняя граница зоны содержания мелких частиц в гранулометрическом составе взвешенных наносов 30...50 % проходит в бассейне р. Шилик по высоте от 500 до 600 м абс., в бассейне р. Турген – по высоте 600...700 м, в бассейне р. Есик – 650 м, в бассейне р. Киши Алматы – 800 м, далее на запад в бассейнах р. Улькен Алматы и р. Каскелен она идет по изогипсе 700 м, а в бассейнах рр. Каракастек и Курты снижается до 600 м абс.

В Жетысуском Алатау нижняя граница содержания мелких частиц ($< 0,05$ мм) в гранулометрическом составе взвешенных наносов < 30 % на его северном склоне проходит в районе правобережных притоков р. Иле по изогипсе 1500 м, в районе г. Лепсинска она опускается до высоты 1000 м, а в районе гидропоста р. Лепси – с. Антоновка – до высоты

800 м абс., далее на запад она поднимается до 1500 м в бассейне рр. Баскан и Сарканд, в бассейнах Аксу, Биен, Кызылагаш она находится на высотах 1000...1500 м (в среднем на высоте 1250 м абс.). В бассейнах рек Каратал, Коксу, Биже и по южному склону Жетысуского Алатау она проходит в основном по изогипсе 1500 м абс. Нижняя граница зоны содержания мелких частиц от 30 до 50 % проходит на высоте от 700 до 1000 м в бассейне р. Лепси, в бассейне р. Баскан она проходит по изогипсе 1000 м абс., снижается в бассейне р. Сарканд до 800...900 м, поднимается в бассейне р. Аксу до 1000 м; по рр. Биен, Кызылагаш граница проходит также на высоте 1000 м и далее по всей западной части Жетысуского Алатау и по его Южному склону (в бассейнах рек Осек, Баракожир и Хоргос) она идет по изогипсе 1000 м абс.

Данные о гранулометрическом составе взвешенных наносов рек в приледниковой зоне (в бассейнах рек Киши и Улькен Алматы) свидетельствуют о возможности значительного содержания в них мелких частиц, вымываемых из моренных отложений. Однако эти данные по Илейскому Алатау малочисленны, а по Жетысускому Алатау отсутствуют вообще, поэтому выделить эти зоны на картах не представилось возможным. Отметим, что карты носят схематический характер, показывают лишь общие закономерности изменения содержания мелких частиц в механическом составе взвешенных наносов рек. Данные, снятые по этим картам для неизученных горных рек рассматриваемых районов, необходимо подвергать анализу по изученным рекам-аналогам.

Создание водохранилищ, которые регулируют речной сток, существенно изменяют гидрологические и другие природные процессы, как выше, так и ниже плотин. Изменения природных процессов в верхних бьефах водохранилищ обуславливаются размерами водохранилищ, их конфигурацией в плане, природными условиями района, составом пород чаши водохранилища, характером регулирования стока и режимом эксплуатации водохранилища. Изменения в нижнем бьефе плотины зависят, прежде всего, от характера и размеров преобразования стока в многолетнем, сезонном и суточном разрезе, а также от других факторов [2]. Водохранилища могут оказывать при этом как положительное, так и отрицательное влияние на окружающую среду. Наличие водохранилищ и озер, прежде всего, влияет на режим твердого стока и мутности воды. Общеизвестным является, например, факт осветления воды ниже водохранилищ и размывы русла непосредственно ниже гидроузлов. Поэтому при оценке

влияния озер и водохранилищ на режим рек и окружающую среду необходимы сведения о наносах.

В работе произведена количественная оценка влияния озёр и водохранилищ на сток, гранулометрический состав наносов и мутность воды. Ниже приводятся несколько примеров оценки количественных изменений стока наносов и мутности воды: при создании Бартогайского водохранилища на р. Шилик; при протекании р. Улькен Алматы через озеро Улькен Алматы; при разрушении перемычки и исчезновении оз. Есик (табл.).

Таблица

Количественная оценка влияния некоторых озер и водохранилищ Илейского Алатау на сток воды, наносов и мутность воды рек

Период наблюдений, годы	Значения в норме					
	Расход воды		Расход наносов		Мутность воды	
	Q, м ³ /с	Cv _Q	R, кг/с	Cv _R	ρ, г/м ³	Cv _ρ
	р. Шилик					
1934...1982	32,0	0,12	23,6	0,58	737,5	0,55
1983...1991	32,0	0,12	2,63	0,80	82,2	0,83
	р. Улькен Алматы					
Выше озера 1957...1995	1,6	0,15	0,32	0,74	200	0,73
Ниже озера 1934...1942	1,9	0,13	0,04	0,97	21	0,88
	р. Есик – г. Есик					
До разрушения плотины 1934...1949	5,97	0,20	0,11	0,95	18,4	0,93
После разрушения плотины 1964...1971	5,97	0,20	1,34	0,94	224	0,86

Бартогайское водохранилище с проектной емкостью 359 млн. м³ введено в действие в 1983 г. для повышения водообеспеченности существующих земель и увеличения площадей орошения в междуречье рр. Шилик – Шамолган. Предназначено для сезонного компенсирующего регулирования стока. Подробная его характеристика дана в [9].

Озеро Улькен Алматы расположено в бассейне р. Улькен Алматы на высоте 2500 м абс., завально-тектонического происхождения. По данным на 2006 год, площадь зеркала озера около 0,50 км², наибольшая глубина 40 м, питается главным образом стоком р. Улькен Алматы, а также в незначительной степени стоком ручьев и родников. В феврале 1952 г. сток из озера зарегулирован. В данный период оз. Улькен Алматы представляет собой водо-

хранилище с донным водовыпуском, которое осуществляет регулирование стока р. Улькен Алматы для обеспечения работы каскада ГЭС.

Озеро Есик – находилось в бассейне р. Есик на высоте 1745 м абс. 7 июля 1963 года около 14 часов в озеро Есик обрушился мощный грязекаменный поток, объем которого достигал 5,8 млн. м³, при разрушении завальной плотины импульсные расходы достигали величины не менее 1000 м³/с, скорость – 7,4 м/с, высота волн – 5,5 м.

Сопоставление данных о стоке воды и взвешенных наносах в гидрометрическом створе р. Шилик – с. Малыбай до ввода в действие Бартогайского водохранилища (1934...1982 гг.) и в период его работы (1983...1996 гг.) показало, что, если среднегодовой расход воды практически не изменился (по проведенной оценке ряд среднегодовых расходов воды за весь период наблюдений однороден), то среднегодовой расход наносов и мутность воды в этом гидростворе уменьшились в 9 раз.

Расходы воды р. Улькен Алматы по гидропостам выше и ниже озера Улькен Алматы отличаются в среднем многолетнем разрезе на 0,3 м³/с, расходы взвешенных наносов ниже озера уменьшаются в 8 раз, а мутность воды – в 9,5 раз.

Норма годовых расходов воды р. Есик при наличии и после исчезновения озера одинакова, нормы среднегодовых расходов взвешенных наносов и мутности воды увеличились в 12 раз (см. табл.). Таким образом, для различных оценок влияния водохранилищ и озер на окружающую среду и гидрологический режим рек данные о стоке наносов и мутности воды имеют исключительно важное значение, так как эти характеристики изменяются в первую очередь.

Эрозионные процессы – один из основных источников загрязнения горных рек твёрдыми частицами и токсичными химическими веществами. Интенсивность эрозии в значительной степени характеризует экологическое состояние территорий. По мнению многих ученых [3, 8], метод оценки интенсивности эрозии в речных бассейнах по величинам твердого стока рек является наиболее объективным и точным в сравнении с другими методами, несмотря на то, что за их пределы выносятся не все продукты эрозии. Поэтому характеристики твердого стока рек могут быть применены для сравнения процессов эрозии и механической денудации в разных бассейнах [3]. Интенсивность эрозии за счет энергии текущих вод определена в работе с учетом сведений о стоке взвешенных, влекомых наносов и стоке растворенных веществ. Полученные данные свидетельствуют о том, что наибольший объем

твёрдого стока характерен для рек Шилик, Коксу, Каратал, Лепси, Талгар, а наибольший слой смыва в Илейском Алатау наблюдается в бассейнах рек Киши Алматы, Талгар и Есик, а в Жетысуском Алатау – в бассейнах рек Карой и Каратал [4]. Анализ интенсивности эрозионных процессов горных рек Казахстана показал, что средняя скорость суммарной эрозии в Илейском Алатау составляет 0,17 мм в год, а в Жетысуском Алатау – 0,08 мм в год, т.е. в 2 раза меньше, что объясняется меньшими уклонами и большей устойчивостью пород в Жетысуском Алатау. Средняя скорость суммарной эрозии в Казахском Алтае составляет 0,093 мм/год [5]. Сток влекомых наносов в результате анализа исследований [2, 3, 9] и имеющихся данных одновременных измерений стока взвешенных и влекомых наносов принят по р. Талгар равным 60 %, а для остальных рек 45 % от стока взвешенных наносов. Сопоставление полученных величин интенсивности эрозии, с приведёнными в работе [3], свидетельствуют о том, что для бассейнов горных рек Казахстана характерны средние условия эрозии горных районов Земли.

Полученные результаты можно использовать для обоснования водоохраных мероприятий и оценки экологического состояния горных рек исследуемого региона, а также при аналогичных исследованиях для других горных районов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголюбова И.В. К вопросу о расчете транспорта взвешенных наносов горными реками // Режим, теория, методы расчета и измерения наносов и сточных вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – С. 85 – 99.
2. Водоохранилища и их воздействие на окружающую среду. – М.: Наука, 1987. – 367 с.
3. Дедков А.П., Мозжерин Р.И. Эрозия и сток наносов на Земле. – Казань: Изд. Казанского ун-та, 1984. – 240 с.
4. Дускаев К.К., Чигринец Л.Ю. The analysis and calculation of sediments flow of the mountain rivers of Southeast Kazakhstan Материалы 10-го Международного симпозиума по речным наносам. МГУ им. М.В. Ломоносова, август 2007.
5. Дускаев К.К., Чигринец Л.Ю. Сток наносов и оценка эрозионной деятельности горных рек Казахстана, 27-е пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Ижевск, 8 – 12 октября 2012 г.): Доклады и краткие сообщения. – Ижевск. 2012. – 213 с.

6. Караушев А.В. Теория и методы расчета речных наносов. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 272 с.
7. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод. / Под ред. А.В. Караушева. – Л.: – Гидрометеоздат, 1987. – 286 с.
8. Сток наносов, его изучение и географическое распределение. / Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 224 с.
9. Технический проект Бартогайского водохранилища на р. Чилик в Чиликском районе Алматинской области, т. II, кн. 1. – Алматы: Казгипроводхоз, 1977. – 246 с.
10. Чигринец Л.Ю. Анализ и расчёт стока наносов горных рек Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук – Алматы, 2000 – 24 с.
11. Шварцман А.Я. Распространение взвешенных веществ в водоемах и загрязнение донных отложений. // Тр. ГГИ. – 1974. – Вып. 210. – С. 163-168.

Поступила 28.05.2015

Техн. ғылымд. канд. К.К. Дускаев
Геогр. ғылымд. канд. Л.Ю. Чигринец

**ҚАТТЫ АҒЫНДЫ МӘЛІМЕТТЕРІНІҢ НЕГІЗІНДЕ
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАУЛЫ ӨЗЕНДЕРІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ**

Қатты ағындылар негізіндегі Қазақстандағы тау өзендерінің экологиялық жағдайын бағалау.

Республиканың репрезентаттық тау аумақтарының – Іле, Жетісу Алатау және Тау Алтайдың қазақстандық бөліміндегі үш жасаушы – өлшенген, өзен түбіндегі және еріп кеткен ағын негіздерінде Қазақстанның таулы өзендерінің экологиялық жағдайына бағалау жүргізілді. Қатты ағындылар мәліметтерін қолдану туралы экологиялық аспектілері қарастырылды.

УДК 556.536.6 + 556.004.05

А.Ж. Апсагарова *

Канд. геогр. наук Л.Ю. Чигринец *

**ОЦЕНКА ВОДНО-ЭРОЗИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕК
КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ ЕРТИС С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ О ТВЁРДОМ СТОКЕ***ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ, СТОК ВОДЫ, СТОК НАНОСОВ, МУТНОСТЬ
ВОДЫ, ИОННЫЙ СТОК, МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВОДЫ, ГРАНУЛО-
МЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ПОВЕРХНОСТНЫЙ СМЫВ, ДЕНУДА-
ЦИОННЫЙ МЕТР*

*Рассмотрен твёрдый сток рек Казахстанской части лево-
бережья р. Ертис (Иртыш) как показатель развития водно-
эрозионных процессов на водосборе. Дана оценка эрозионной дея-
тельности рек левого бережья р. Ертис, рассчитан суммарный смыв с
их бассейнов на основе трех главных составляющих твёрдого стока
– стока взвешенных, влекомых наносов и стока растворенных ве-
ществ. Получены данные о скорости водной эрозии и денудацион-
ном метре.*

Река Ертис – одна из главных водных артерий Казахстана. Она относится к трансграничным рекам и интенсивно используется двумя соседними государствами – Китайской Народной Республикой и Российской Федерацией. Ертис является донором для менее водообеспеченных Центрального и Северного Казахстана. Рассматриваемые реки левого бережья Ертиса менее значительны по сравнению с его многоводными правобережными притоками, но они также имеют большое хозяйственное значение.

Водные ресурсы рассматриваемого района широко используются в промышленности, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве, для регулярного и лиманного орошения, рыбного хозяйства, энергетики. Так на левобережье Ертисского водохозяйственного бассейна (в пределах РК) расположено около 30 крупных водохранилищ и прудов объемом свыше 1 млн. м³, с суммарным объемом 608,6 млн. м³ [5]. Высокий уровень использования водных ресурсов левого бережья р. Ертис привел к значительному снижению качества воды и ухудшению экологического состояния

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

рек бассейна. В связи с вышеизложенным, рациональное и комплексное использование водных ресурсов рассматриваемой территории имеет особое значение и актуальность.

Для активного освоения водных ресурсов Ертисского водохозяйственного бассейна необходимо детальное изучение всех гидрологических характеристик водных объектов, в том числе, и твёрдого стока. Сведения о твёрдом стоке имеют большую научную и практическую ценность, используются при проектировании гидротехнических сооружений и проведении водохозяйственных мероприятий, для расчёта заиления водохранилищ и прудов, оценки качества воды и экологического состояния водных объектов. Являясь интегральным показателем склоновой и русловой эрозии на водосборе, твёрдый сток используется для оценки интенсивности эрозионных процессов и разработки противоэрозионных мероприятий [3]. Несмотря на большую значимость, эта гидрологическая характеристика остается одной из самых слабоизученных, как для бассейна р. Ертис, так и для Казахстана в целом. Это обусловлено большими техническими трудностями измерений, несовершенством приборов и методов для изучения твёрдого стока.

В данной работе твёрдый сток рассмотрен как показатель развития эрозионных процессов на водосборе и интенсивности поверхностного смыва. Он позволяет количественно оценить размах этих процессов. Согласно исследованиям [2, 8, 12], метод оценки интенсивности эрозии по величинам твёрдого стока рек и его отдельных составляющих является наиболее объективным и точным в сравнении с другими методами.

Основная цель работы заключалась в общей оценке эрозионной деятельности рек Казахстанской части левобережья р. Ертис, в выявлении закономерностей формирования, особенностей режима, определении основных характеристик стока взвешенных наносов и мутности воды, как наиболее изученных составляющих водной эрозии. Актуальность данных исследований очевидна в связи с отсутствием новых научных обобщений по стоку наносов этих рек, так как изучению характеристик твёрдого стока в рассматриваемом районе в последние десятилетия уделялось недостаточно внимания.

Научных работ по исследованию твёрдого стока рек бассейна Верхнего Ертиса очень мало. Результаты, полученные Г.И. Шамовым [11] и Г.В. Лопатиным [4], дают лишь общее представление о мутности воды и внутригодовом распределении стока взвешенных наносов, так как были использованы ограниченные к тому времени материалы наблюдений. Карта

модуля стока наносов рек Верхнего Ертиса Л.С. Нурмагамбетовой (1965 г.) содержит ряд неточностей по той же причине. Г.Н. Складчиковой [6, 7] обобщены сведения о стоке наносов рассматриваемой территории лишь по 1965 год. В работе [10] подробно исследован твёрдый сток горных рек Казахской части Алтая (правобережья р. Ертис) с использованием данных наблюдений по 2010 год включительно. Твёрдым стоком рек левобережья р. Ертис давно никто не занимался. Последнее научное обобщение сведений о наносах рассматриваемого района приведено в «Ресурсах поверхностных вод...» [7]. Очевидно, что эти данные требуют дополнения и уточнения, что и сделано авторами представленного исследования.

Авторами оценена изученность стока воды, стока и гранулометрического состава наносов, а также мутности воды рек левобережья р. Ертис в пределах Ертисского водохозяйственного бассейна Республики Казахстан (РК) по состоянию на 2012 год. Проведен анализ полноты и качества наблюдений. Рассмотрены только те пункты, в которых имеются наблюдения как за жидким, так и за твёрдым стоком. На исследуемой территории сток воды и взвешенных наносов рек и временных водотоков изучался УКГС КазССР (ныне РГП «Казгидромет»), проектно-изыскательскими организациями. Наиболее полными и надёжными являются данные многолетних стационарных наблюдений на сети РГП «Казгидромет», которые были использованы в данной работе. Первые наблюдения по учёту стока наносов и мутности воды рек рассматриваемого региона начаты Казгидрометом в 1934...1935 гг. на р. Шигилик – с. Шигилик и р. Базарка – уроч. Базар. Измерения за стоком взвешенных наносов в целом производились нерегулярно, имеются пропуски за отдельные месяцы и годы. Наблюдения за крупностью наносов начаты в 1950 г. Общим недостатком материалов наблюдений является недоучёт внутрисуточных колебаний мутности воды рек.

Выявлено, что на реках левобережья р. Ертис в пределах Ертисского водохозяйственного бассейна РК всего насчитывалось 13 пунктов наблюдений за твердым стоком. Эти пункты распределены по территории неравномерно. Наиболее продолжительные периоды наблюдений имеются на р. Улькен Бокен – с. Джумба (33 года), р. Кокпекты – с. Кокпекты (29 лет), р. Шар – Николаевка (аул. Кентарлау) (36 лет), р. Шигилик – с. Шигилик (27 лет). Продолжительность периодов наблюдений за стоком взвешенных наносов колеблется от 5 до 36 лет. Сеть наблюдений за твердым стоком в последние годы постоянно сокращалась. К 1990 г. на реках Казахской части левобережья р. Ертис осталось всего 5 пунктов на-

блюдений за стоком наносов. В настоящее время в исследуемом регионе не осталось ни одного пункта наблюдений за твердым стоком. Восстановление сети наблюдений за наносами в ближайшее время вряд ли возможно. В этих условиях возникает необходимость в совершенствовании существующих и разработке новых расчетных методов по учету стока наносов неизученных рек на основе закономерностей, выявленных по имеющимся фактическим данным.

Авторами были собраны данные по жидкому стоку, стоку, гранулометрическому составу наносов и мутности воды за весь период по 13 пунктам наблюдений за твердым стоком на реках Казахстанской части левобережья р. Ертис.

Восстановлены пропуски в рядах наблюдений за стоком воды и наносов различными методами: по графикам связи среднегодовых и средних за вегетационный период расходов наносов по одному и тому же гидропосту; по графикам связи среднегодовых и средних за вегетационный период расходов наносов с таковыми расходами наносов рек-аналогов; по связям расходов взвешенных наносов разных месяцев в одном и том же гидростворе; с использованием процентного распределения твердого стока по месяцам за имеющиеся годы наблюдений; по связи модульных коэффициентов годового стока воды и наносов; по множественной корреляции с применением одновременно двух аналогов; по графикам связи среднегодовых расходов взвешенных наносов (за те годы, когда эти данные надежны) и параметра, являющегося произведением максимальных и средних годовых расходов воды, умноженных на 10^6 в логарифмической форме (метод предложен английским ученым Нельсоном Леонардом [13]). Для каждого гидрологического поста было опробовано несколько методов и выбирался наиболее эффективный. Ряды наблюдений за стоком воды и взвешенных наносов по каждому пункту подвергались тщательному анализу, проверялись на репрезентативность по разностным интегральным кривым модульных коэффициентов, а также на однородность по суммарным интегральным кривым и статистическим критериям Фишера, Стьюдента и Вилкоксона.

Выявлены основные факторы формирования твердого стока рек территории, к которым относится: рельеф, геологическое строение, почвы, растительность, климат, водный режим рек и антропогенное воздействие. Под влиянием определяющих факторов сток взвешенных наносов и мутность воды испытывают многолетние, годовые, сезонные, внутрисуточные колебания. Кроме того, они изменяются по длине рек.

Анализ колебаний жидкого и твёрдого стока, а также определение их основных характеристик были проведены за период одновременных наблюдений за стоком воды и наносов. Анализ многолетних колебаний годового стока наносов, мутности и стока воды проводился по совмещенным разностным интегральным кривым модульных коэффициентов годовых значений этих характеристик (рис.). При этом были выявлены периоды, когда значения соответствующих величин выше или ниже нормы, репрезентативные периоды для расчета нормы и изменчивости, а также периоды синхронности и асинхронности их колебаний. Анализ показал, что для одного и того же створа колебания твердого и жидкого стока в основном синхронны. В случае асинхронности колебаний наблюдается следующая закономерность: максимум мутности воды и расхода взвешенных наносов наступает раньше максимума водности (см. рис.), что связано с периодом, необходимым для дезинтеграции пород и накопления рыхлообломочного материала в бассейне [9].

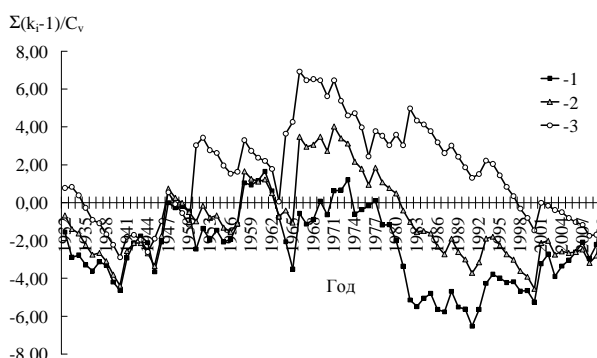


Рис. Совмещенные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов среднегодовых расходов воды (Q , м³/с) – 1, взвешенных наносов (R , кг/с) – 2 и мутности воды (ρ , г/м³) – 3 р. Аблайкит – с. Басова за 1932...2010 гг.

Расход взвешенных наносов и мутность воды внутри года претерпевают значительные изменения. Для рек со средней высотой водосборов менее 1500 м характерно прохождение основной годовой мутности воды в период половодья с апреля по июнь.

Для рек с высотой водосборов более 1500 м характерна сдвигка периода с повышенной мутностью воды на более поздние сроки (май, август). Это обусловлено постепенным включением в питание рек снегов высокогорных зон и большей долей дождевой составляющей. Обычно насыщение рек наносами происходит в течение нескольких дней, после чего даже более высокие расходы воды не приводят к повышенной мутности.

Распределение стока наносов в году определяется режимом жидкого стока. В связи с высокой изменчивостью стока воды рек левобережья р. Ертис, сток наносов характеризуется также большой изменчивостью. Сопоставление годовых колебаний стока воды и наносов показывает, что колебания стока наносов более резкие. Так коэффициент вариации жидкого стока рек рассматриваемого района колеблется от 0,37 до 0,72, а твёрдого от 0,55 до 1,76. Максимальное количество наносов формируется в период максимальной водности, минимальное соответствует межени.

При использовании сведений о наносах для различных целей необходимы, прежде всего, многолетние характеристики стока наносов и мутности воды. Как уже было отмечено, норма стока взвешенных наносов основных рек Казахстанской части левобережья р. Ертис впервые была определена Г.В. Лопатиным [7] и Г.И. Шамовым [6]. Впоследствии, в [7 и 12] приведены сведения о среднем многолетнем стоке наносов территории по данным, включая 1965 г.

Авторы для расчёта нормы стока взвешенных наносов и мутности воды использовали ряды наблюдений по 1990 г. включительно, так как в последующие годы наблюдения за твёрдым стоком в данном районе полностью прекращены. При оценке репрезентативности имеющихся периодов наблюдений за стоком взвешенных наносов учитывались рекомендации [2], согласно которым период наблюдений репрезентативен, если измерения расходов взвешенных наносов имеются в диапазоне измерений расходов воды вероятностью превышения от 5 до 95 %, в крайнем случае, до 75 %, что можно установить с помощью графика связи $R_T = f(Q_T)$ и кривой обеспеченности среднегодовых расходов воды в исследуемом створе.

Рассчитаны величины среднего многолетнего годового стока взвешенных наносов, стока и мутности воды рек Казахстанской части левобережья р. Ертис и их отклонения от данных, приведённых в [7] (табл.). Средне-многолетний сток взвешенных наносов колеблется от 0,047 кг/с (р. Шигилик – с. Шигилик) до 1,48 кг/с (р. Аблайкит – х. Басова). Большие отклонения от [7] объясняются значительным удлинением рядов наблюдений. Следует также отметить, что по 4 гидрологическим постам получены новые данные о норме стока взвешенных наносов, которые в [8] отсутствуют.

Исследования средней многолетней мутности воды рек показали, что она изменяется по территории от 30,4 г/м³ (р. Шигилик – с. Шигилик) до 270 г/м³ (р. ТАблайкит – х. Басова). Одновременно с определением нормы стока взвешенных наносов и мутности воды, проведен анализ данных наблюдений за стоком воды и расчёт его статистических характеристик с использованием материалов наблюдений по 2012 г. включительно.

Таблица
 Основные характеристики стока воды (Q , м³/с), взвешенных наносов (R , кг/с) и мутности воды (ρ , г/м³) по гидропостам
 Казахстанской части левобережья реки Ертіс

Река – пункт	Элемент	Норма	Норма [7]	Отклонение от [7], %	Обеспеченность Р %						C_v	C_s
					5	10	30	50	75	90		
Коклекти – Коклекти, выше устья р. Косагаш	Q	3,74	3,73	0,27	9,93	7,97	4,15	3,00	2,00	1,30	0,72	2,11
	R	0,16	0,31	-48,3	0,9	0,45	0,18	0,076	0,033	0,009	1,68	7,70
Улькен Бокен – с. Джумба	ρ	31,2	82,0	-61,9	118	60,0	36,0	22,5	16,3	6,15	1,19	6,37
	Q	7,99	6,40	24,8	13,5	11,9	9,20	7,61	5,83	4,53	0,37	0,80
	R	0,60	0,49	22,4	1,23	1,04	0,72	0,54	0,36	0,24	0,55	1,20
	ρ	81,0	77,0	5,19	149	127	90,0	72,0	55,0	45,0	0,44	1,60
Аблайкит – х. Басова	Q	5,58	6,40	12,8	11,4	9,69	6,65	5,00	3,31	2,27	0,55	1,20
	R	1,48	-	-	3,39	2,68	1,67	1,21	0,81	0,57	0,69	2,70
Тайнты – с. Огневка	ρ	270	-	-	497	412	284	230	194	180	0,42	2,40
	Q	5,25	5,20	0,96	9,02	8,09	6,26	5,10	3,72	2,60	0,41	0,40
	R	0,87	-	-	4,50	2,20	0,80	0,65	0,25	0,13	1,76	7,45
	ρ	166	-	-	900	390	133	110	50,0	33,0	1,51	5,92
Шар – аул Кентарлау	Q	4,48	4,23	5,91	10,0	7,30	5,00	4,09	2,85	1,59	0,55	1,95
	R	0,38	-	-	1,30	0,90	0,40	0,27	0,15	0,057	0,92	2,84
Шигилик – с. Шигилик	ρ	89,4	-	-	241	174	108	73,0	37,0	22,0	0,76	2,03
	Q	1,49	1,24	20,2	2,76	2,39	1,73	1,37	0,99	0,75	0,45	1,10
	R	0,047	0,03	56,7	0,14	0,11	0,05	0,03	0,02	0,01	1,02	1,66
	ρ	30,4	24,0	26,7	70,3	56,7	34,8	24,6	15,9	11,9	0,66	1,70
Кызылсу – с. Остриковка	Q	1,71	1,35	26,7	3,97	3,22	2,01	1,40	0,89	0,60	0,67	1,70
	R	0,17	-	-	0,59	0,43	0,20	0,10	0,03	0,01	1,22	2,20
ρ	129	-	-	700	450	185	64,0	23,0	7,00	1,32	3,73	

Были построены кривые обеспеченности среднегодовых расходов воды, расходов взвешенных наносов и мутности воды, по которым определены значения этих характеристик различной обеспеченности (табл.).

Коэффициенты вариации годового стока воды, взвешенных наносов и мутности воды определялись параллельно методом моментов и графоаналитическим способом, а при больших значениях C_v применялся также метод «наибольшего правдоподобия». Коэффициенты асимметрии (C_s) определялись графоаналитическим способом, а также подбором соответствия теоретических кривых распределения эмпирическим точкам. В тех случаях, когда теоретические кривые плохо соответствовали наблюдаемым экстремальным значениям, для их построения применялся метод усечённых кривых [1].

В практических расчётах, помимо общего количества наносов, переносимых реками, часто необходимы сведения о гранулометрическом составе наносов. Авторами обобщены имеющиеся данные о гранулометрическом составе взвешенных и донных наносов рек рассматриваемой территории. Получены основные параметры гранулометрического состава наносов, выявлены закономерности формирования и территориально-временного изменения гранулометрического состава наносов, в частности его изменения в зависимости от фаз водного режима. Для анализа гранулометрического состава наносов были использованы гистограммы, циклограммы, интегральные кривые гранулометрического состава наносов, в качестве эффективного диаметра принимался $d_{50\%}$, в качестве коэффициента

неоднородности $n = \frac{d_{90\%}}{d_{50\%}}$, где $d_{90\%}$ и $d_{50\%}$ – диаметры частиц 90 и

50 %-ной обеспеченности, снятые с интегральных кривых гранулометрического состава наносов.

Анализ совмещённых интегральных кривых гранулометрического состава наносов, гистограмм и циклограмм, построенных по конкретным гидропостам для различных фаз водного режима (подъем, спад, межень) по данным, осреднённым за многолетний период, показал, что при формировании гранулометрического состава наносов проявляются как общие закономерности, так и наиболее ярко выражаются индивидуальные особенности каждого бассейна и даже района гидрологического поста. Общей закономерностью является увеличение крупности как взвешенных, так и особенно донных наносов, во время подъема половодья и паводков, ее уменьшение на

спаде половодья и во время межени, по большинству рассматриваемых гидрометрических створов, однако имеются и отклонения от этой закономерности. Анализ полученных коэффициентов неоднородности гранулометрического состава наносов показал, что он колеблется в различные фазы водного режима в больших пределах: для взвешенных наносов от 1,91 до 12,8, а для донных наносов от 2 до 54,5. Более высокие значения коэффициентов неоднородности гранулометрического состава как взвешенных, так и донных наносов по большинству пунктов наблюдений характерны для спада половодья. При этом проявляется закономерность: чем больше процент содержания мелких частиц в гранулометрическом составе, тем больше коэффициент неоднородности. Исследования гранулометрического состава наносов показали, что на реках низкогорных зон, бассейны которых сложены легкоразмываемыми грунтами, в период подъёма половодья наблюдается значительное измельчение наносов (тип I). Это получается за счёт смыва мелкозёма с поверхности водосборов в этот период. На реках же высокогорной зоны, бассейны которых представлены кристаллическими породами, уменьшение крупности наблюдается в период спада половодья и межени, когда транспортирующая способность рек резко падает и происходит осаждение крупных наносов (тип II).

Установление связи стока и гранулометрического состава наносов с определяющими факторами, например, со средневзвешенной высотой водосбора позволят решить ряд вопросов, связанных с определением стока и гранулометрического состава наносов неизученных рек за различные периоды, а также с их прогнозированием, что является задачей дальнейших исследований.

Размер эрозионной работы рек определяется суммарным значением механической и химической эрозии по формуле:

$$M = M_{\text{г}} + M_{\text{вл}} + P_{\text{и}},$$

где M , $M_{\text{г}}$, $M_{\text{вл}}$, $P_{\text{и}}$ – соответственно модули стока суммарной эрозии, взвешенных наносов, влекомых наносов и растворённых веществ (ионный сток) в т/км² в год.

Сток взвешенных и влекомых наносов характеризует интенсивность механической эрозии. Как известно, норма годового стока наносов может быть выражена слоем смыва почвогрунтов (V_R , мм/год). Для перехода к слою годового смыва от модуля годового стока наносов (M_R , т/км²) необходимо знать объемный вес почвогрунтов, слагающих водо-

сбор. Средняя величина объемного веса грунтов для рассматриваемой территории по данным [6] составляет $1,56 \text{ г/см}^3$.

Величина слоя смыва, определяемая стоком взвешенных наносов, изменяется от $0,001 \text{ мм/год}$ (гидропосты р. Шар – аул Кентарлау и р. Кокпекти – с. Кокпекти выше устья р. Косагаш) до $0,016 \text{ мм/год}$ (р. Улькен Бокен – с. Джумба). Анализ стока взвешенных наносов дает возможность получить оценку эрозионных процессов в рассматриваемых районах и рассчитать понижение поверхности за счет энергии текущих вод.

Химическая эрозия вносит существенный вклад в эрозионные процессы, поэтому сток растворенных веществ, наряду со стоком взвешенных и влекомых наносов, используют для количественной оценки процессов денудации в бассейнах рек. Проанализирована изученность химического состава рек в рассматриваемых створах. Систематическое определение химического состава воды рек Казахстанской части левобережья р. Ертис стало проводиться на опорной сети РГП «Казгидромет» с 1938 г. Выявлено, что наблюдения за химическим составом воды проводились Казгидрометом в семи из рассматриваемых пунктов наблюдений за твердым стоком. Это гидропосты: р. Кокпекты – с. Кокпекти выше устья р. Косагаш, р. Улькен Бокен – с. Джумба, р. Ковалевка – с. Баймурат, р. Шар – аул Кентарлау, р. Таинты – с. Огневка, р. Таинты – с. Таинты, р. Ащису – жд ст Ушбиик. Почвы левобережья р. Ертис характеризуются наибольшей засоленностью по сравнению с правобережьем, поэтому вода рек левобережья обладает наиболее высокой минерализацией. Величина среднегодовой минерализации воды рек Казахстанской части левобережья р. Ертис меняется от 179 мг/дм^3 (р. Улькен Бокен – с. Джумба) до 569 мг/дм^3 (р. Ковалевка – с. Баймурат). В целом наблюдается закономерность – уменьшение минерализации с увеличением высоты местности, увеличение минерализации от склонов северной экспозиции к южной, а также увеличение ионного стока с увеличением расхода воды.

Выше рассмотрены величины эрозии, которые характеризуются только стоком взвешенных наносов. Интенсивность эрозии за счет энергии текущих вод определена нами также с учетом сведений о стоке влекомых наносов и растворенных веществ.

Соотношение расхода взвешенных и влекомых наносов зависит от фазы водного режима, от крупности наносов, от гидроморфометрических характеристик русла на участке исследований. Разные авторы принимают различные соотношения годового количества взвешенных и влекомых на-

носов. Так, по данным В.Л. Шульца, количество влекомых наносов может составлять до 60 % от взвешенных наносов. З.Т. Беркалиев в своих расчетах принимает это соотношение равным 75 %. По данным Н.П. Павленко оно меняется от 20 до более чем 100 %. В результате анализа имеющихся отрывочных фактических данных о стоке влекомых и взвешенных наносов для рек Верхнего Ертиса и по данным [9], оно принято равным 50 %.

На основании расчётов составлена таблица суммарной водной эрозии для рек в исследуемых створах, т.е. дана оценка их эрозионной деятельности. Получены данные о суммарном стоке взвешенных, влекомых наносов и растворенных веществ, о скорости эрозии и денудационном метре. Анализ результатов расчетов показал, что средняя скорость суммарной эрозии в бассейнах рек левобережья р. Ертис в пределах РК составила 0,035 мм/год. Интенсивность эрозии резко убывает от крупных рек к средним. Наибольший слой суммарного смыва наблюдается на гидропостах р. Таинты – с. Таинты (0,078 мм/год), р. Улькен Бокен – с. Джумба (0,062 мм/год), р. Таинты – с. Огневка (0,053 мм/год).

В заключении работы можно сделать следующие выводы:

- Для активного освоения ресурсов Казахской части левобережья р. Ертис необходимо всестороннее изучение гидрологического режима рек, в том числе стока и гранулометрического состава наносов.

- Несмотря на большую значимость, сток наносов и мутность воды остаются одной из самых слабо изученных гидрологических характеристик как для бассейна Верхнего Ертиса, так и для Казахстана в целом.

- Рассмотрены условия и выявлены основные факторы формирования стока наносов и мутности воды. К таким факторам относятся: средне-взвешенная высота водосбора, диапазон высот в бассейне, экспозиция склонов, жидкий сток, твердость и прочность пород к размыву, почвы и растительность, антропогенная деятельность и др.

- Анализ многолетних колебаний жидкого и твердого стока показал, что для одного и того же створа колебания твердого и жидкого стока не всегда синхронны. В случае асинхронности колебаний наблюдается следующая закономерность: максимум мутности воды и расхода взвешенных наносов наступает раньше максимума водности, что связано с периодом, необходимым для дезинтеграции пород и накопления рыхлообломочного материала в бассейне.

- Для годовых и внутригодовых колебаний стока взвешенных наносов и мутности воды характерны их более резкие изменения по сравнению с жидким стоком, особенно это заметно в высокогорной и среднегорной зонах.

- Уточнены величины норм твердого и жидкого стока рек Казах-
станской части левобережья р. Ертыс по сравнению с «Ресурсами поверх-
ностных вод» [7], а также получены расходы воды и расходы взвешенных
наносов различной обеспеченности с учетом последних лет наблюдений
по 2012 год включительно.

- Выявлены закономерности изменения гранулометрического со-
става взвешенных и влекомых наносов по фазам водного режима.

- Дана оценка эрозионной деятельности рек в исследуемых ство-
рах. Средняя скорость эрозии в данном районе составляет 0,035 мм в год.
Анализ данных [2, 8, 9, 10, 12] показывает, что для бассейнов рек Казах-
станской части левобережья р. Ертыс характерны средние условия водной
эрозии почвы.

- Рассчитанные величины суммарного смыва можно использовать в
долгосрочных прогнозах понижения или повышения поверхности водосборов.

- Полученные закономерности, рекомендации и выводы могут быть
применены в практике гидрологических расчетов для рассматриваемых рай-
онов. Они могут быть также полезны при аналогичных исследованиях по
другим районам с аналогичными физико-географическими условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин Р.И. Нюансы статистической интерпретации гидрологических
рядов // Проблемы гидрометеорологии и экологии: Матер. междунар.
конф., посвященной 50-летию КазНИИМОСК, Алматы, 2001, С. 103-105.
2. Дедков А.П., Мозжерин Р.И. Эрозия и сток наносов на Земле. – Ка-
зань: Изд. Казанского ун-та, 1984. – 240 с.
3. Дускаев К.К., Чигринцев Л.Ю. Оценка интенсивности эрозионных про-
цессов в бассейнах рек Заилийского и Джунгарского Алатау с исполь-
зованием данных о твердом стоке // Проблемы гидрометеорологии и
экологии: Матер. междунар. конф., посвященной 50-летию КазНИИ-
МОСК, Алматы, 2001, С. 168-170.
4. Лопатин Г.В. Наносы рек СССР. – М.: Географгиз, 1952. – 366 с.
5. Оценить и дать прогноз возобновляемых водных ресурсов в речных
системах Восточного, Центрального, Северного и Западного Казахстана
с учётом влияния климатических и антропогенных факторов. Промежу-
точный отчёт о НИР. – Алматы: Институт географии, 2010. – С. 152.
6. Складчикова Г.Н. Сток взвешенных наносов и оценка эрозионной дея-
тельности рек Горного Алтая (Верхняя Обь и Верхний Иртыш): Авто-
реф. дис. ... канд. геогр. наук – Алматы, 1970 – 23 с.

7. Складчикова Г.Н. Сток наносов // Ресурсы поверхностных вод СССР Т. 15, Вып. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – С. 176-196.
8. Сток наносов, его изучение и географическое распределение / Под ред. А.В. Караушева – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 224 с.
9. Чигринец Л.Ю. Анализ и расчёт стока наносов горных рек Юго-Восточного Казахстана: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук – Алматы, 2000 – 24 с.
10. Чигринец Л.Ю., Азнабакиева М.М. Оценка эрозионной деятельности рек Казахстанской части горного Алтая с использованием данных о твёрдом стоке // Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в Республике Казахстан: Матер. междунар. конф., 28 апреля 2010 г. – Алматы: Қазақ университеті, 2010. – С. 127-134.
11. Шамов Г.И. Речные наносы. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 378 с.
12. Эрозионные процессы / Под ред. Н.И. Маккавеева и Р.С. Чалова. – М.: Наука, 1984. – 256 с.
13. Nelson Leonard M.A. Method of estimating annual suspended sediment discharge // Geol. Surv. Profess. Pap. – 1970. – № 700. – P. 233-236.

Поступила 21.05.2015

А.Ж. Апсарова
Канд. геогр. наук Л.Ю. Чигринец

ҚАТТЫ АҒЫНДЫ МӘЛІМЕТТЕРІН ҚОЛДАНУМЕН ЕРТІС ӨЗЕНІ СОЛТҮСТІК ЖАҒАЛАУЫНЫҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ БӨЛІГІНДЕГІ ӨЗЕНДЕРДІҢ СУ-ЭРОЗИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІН БАҒАЛАУ

Су жиналу орнындағы су эрозиялық процесстерінің дамуы, көрсеткіш ретінде Қазақстан бөліміндегі Ертіс өзенінің сол жағасы салаларының қатты агымдары зерттелді.

Ертіс өзенінің сол жағындағы тармақтарының эрозиялық әрекеті бағаланды, қатты агымның өшінетін, өзен түбіндегі және еріп кететін үш басты жасаушысы негізінде олардың бассейндерінің жалпы жиынтығы есептелді. Су эрозиясының жылдамдығы және денудациялық метрі туралы мәліметтері алынды.

УДК 504.453.06:556

Канд. хим. наук
Доктор геогр. наук

Н.Г.Верещагина *
В.Е. Чуб *
А.А. Щетинников *
А.М. Мухаметзянова *

ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА В ДЕЛЬТЕ АМУДАРЬИ (СОВРЕМЕННОЕ АНТРОПОГЕННОЕ СОСТОЯНИЕ)

КАНАЛЫ, ОЗЕРА, КОЛЛЕКТОРЫ, АНТРОПОГЕННЫЙ ПРЕСС

В статье охарактеризована современная гидрографическая сеть в низовьях Амударьи, сформировавшаяся в условиях хронического маловодья, обусловленного антропогенным влиянием. Описано отмирание дельтовых рукавов, появление новых каналов, коллекторов, озер в основном ирригационно-сбросовых.

Амударья – крупнейшая река Центральной Азии, сток которой в значительной мере питал Аральское море. С 60-х годов 20 века началось резкое снижение его уровня, связанное с широким развитием ирригации прежде всего в бассейне Амударьи. Уменьшение стока в низовьях реки привело к кардинальному изменению всей гидрографии дельты.

Дельтой Амударьи, по определению М.М. Рогова [4], считается часть ее бассейна, расположенная ниже города Тахиаташ, где вода этой реки является основным источником водоснабжения Республики Каракал-пакистан. В дельте Амударьи до 60-х годов прошлого века продолжительность существования русловых водотоков, начиная с момента их зарождения и кончая полным отмиранием, для достаточно крупных дельтовых рукавов определялось несколькими десятками лет, а для более мелких – всего несколькими годами. В соответствии с этим постоянно менялась почти вся гидрографическая сеть дельты.

В условиях современного хронического маловодья гидрографическая система меняется не столь интенсивно, и главное явление в этом процессе – усыхание естественных водотоков, появление новых искусственных – коллекторов и каналов.

В условиях аридного климата, который характерен для бассейна Амударьи, вода является главным ресурсом жизнеобеспечения человека и

* НИГМИ, г. Ташкент, Узбекистан

общества, развития производственно-хозяйственной деятельности и экономики государства. В последние 45...50 лет особенно страдает из-за отсутствия пресной воды население низовьев Амударьи, где за это время резко упала водоносность реки – единственного источника водоснабжения региона пресной водой. В соответствии с этим радикально изменилась гидрография, и почти всю ее можно считать антропогенной.

Низовья реки Амударьи. Нами рассмотрен участок от Тахиаташского гидроузла до конца реки, которым можно считать поселок Порлытау вблизи озера Шегеколь (бывшее Шеге). Дальше до озера Жылтырбас основное русло реки заполняется периодически только в самые многоводные годы.

В 50-х годах 20 в. от Тахиаташа Амударья текла в северо-западном направлении до возвышенности Порлытау. Здесь русло реки было резко извилистым, и ширина его в паводок менялась от 300 до 1000 м. Наибольшая ширина русла (до 2 км) наблюдалась в районе пристани Ходжейли, где река разбивалась островами на отдельные протоки [4]. Берега на этом участке обрывисты, высота их колебалась от 1 до 4 м в зависимости от уровня воды. У возвышенности Крантау высота берегов могла в паводок достигать 6...8 м, русло реки сужалось, и скорость воды увеличивалась до 4...5 м/с, глубины по фарватеру – до 12...14 м.

На 85-м км от Тахиаташа с правого берега от Амударьи отделялась Еркендарья, а на 93-м км влево от реки отходил один из самых крупных дельтовых рукавов Раушан. На 130-м км Амударья разделялась на 2 крупных потока Кипчакдарью и Акдарью.

Рукав Раушан в 50-х годах был постоянно действующим и даже периодически судоходным после крупных прорывов левого берега Амударьи. Расходы в нем превышали 200 м³/с, а глубины – 8 м. Голова его часто заиливалась.

Междуречье Раушана и Амударьи к югу и юго-востоку от возвышенности Кызылджар представляло собой низину, затапливаемую водами Раушана и самой Амударьи через многочисленные береговые прорывы. В верховьях дельты вправо отходил крайний восточный рукав Куанышжарма (рис. 1). Теперь это одноименный канал.

Рукав Кипчакдарья примерно с начала 30-х годов до 1951 г. 20 в. являлся основной водной артерией дельты, а с 1952 года водность его стала убывать по мере заметного увеличения пропускной способности Акдарьи, которая к концу 50-х годов стала основным руслом. Русло Кипчакдарьи было сильно-извилистым, глубины в нем менялись от 3 до 8 м, а в некоторых плесах возрастали до 12...15 м, скорости течения в половодье превышали 3 м/с.



Рис. 1. Гидрографическая сеть в дельте Амударьи в 1958 г. 1 – главное русло и дельтовые рукава постоянно действующие; 2 – дельтовые рукава, действующие в течение большей части года; 3 – мелкие рукава и крупные береговые прорывы, действующие в паводок; 4 – каналы и оросительная сеть; 5 – сухие русла; 6 – разливы длительного затопления; 7 – разливы сезонного затопления.

Рукав Акдарья до середины 50-х годов 20 века был вторым по величине дельтовым рукавом Амударьи, а после половодья очень многоводного 1954 г. по Акдарье пошла большая часть стока р. Амударьи – до 1500 м³/с. Глубины в Акдарье превышали 10 м.

Примерно в 13 км от устья Амударьи Акдарья сливалась с Кипчакдарьей, образуя единый мощный поток Инженерузек, который на 13-м км делился на ряд дельтовых рукавов, впадавших в залив Сары-бас Аральского моря. Крупнейший из них – Урдабай (рис. 1). Территория, где происходило деление Инженерузека на устьевые рукава и протоки, была подвержена исключительно активному дельтообразованию, отличавшемуся необычайной изменчивостью гидрографической сети.

В современных условиях от верховьев дельты от Тахиаташского гидроузла р. Амударья течет по единому, сильно извилистому руслу до кишлака Раушан в северо-западном направлении. Здесь ширина русла местами может превышать 1...2 км. От Раушана река идет на север до возвышенности Порлытау; на этом участке русло круглый год заполнено водой, а от Порлытау она превращается в периодически пересыхающий водоток, иногда доходящий до оз. Жылтырбас (бывший залив Аральского моря).

Рукав Раушан в современных условиях представляет собой канал, берущий воду с левого берега Амударьи у кишлака Раушан. Из него орошается часть земель Кунградского района и подпитывается пресное оз. Машанколь.

Озера в дельте Амударьи. Почти до конца 50-х годов прошлого столетия значительная часть территории дельты ниже возвышенности Кызылджар представляла собой разливы длительного затопления, почти сплошь занятые густыми тростниковыми зарослями, среди которых встречались отдельные группы мелководных озер. На западе располагалось самое крупное внутрдельтовое озеро Судочье с площадью водного зеркала 350 км², длиной до 25 км при средней ширине 15 км и глубине около 2 м [4]. Севернее озера Судочье шла цепочка пресных озер, крупнейшим из них было озеро Каратеренг. На востоке дельты существовало еще одно озеро Каратеренг, но соленое. Эти озера разного происхождения: западное питалось пресной амударьинской водой за счет прорывов рукава Кипчакдарьи, а восточное – остаточное от переливов морской воды из залива Жылтырбас и юго-восточного берега Аральского моря.

К востоку от озера Судочье шла цепочка пресных озер Кевсыр – Караджар. Озеро Караджар существует и сейчас, но оно соленое (табл. 1).

На междуречье Кипчакдарьи и Инженерузека располагалась обширная группа Сарычупских озер, крупнейшие из них – Сарычуп и Макпалкуль. В северной части междуречья Акдарьи и Инженерузека также была группа озер – Джанглыш, Тумалак (ныне Думалак) и др. На левобережье Кипчакдарьи имелось озеро Закруль, пополняемое в половодье прорывами из Кипчакдарьи.

Таблица 1

Озера в дельте Амударьи

№ п/п	Озеро	Тип по минерализации воды
Правобережье дельты Амударьи		
1	Даутколь	Пресное*
2	Атпетки (система озер)	Соляное
3	Каратеренг	Соляное
4	Алтынколь (система озер)	Солоноватые
5	Ботаколь	Солоноватое
6	Жылтырбас	Солоноватое
Левобережье дельты Амударьи		
7	Шегеколь	Пресное*
8	Думалак	Пресное
9	Рыбацкий залив	Солоноватое
10	Машанколь	Солоноватое
11	Судочье	Солоноватое

Примечание: * солоноватое при низких уровнях воды.

В современных условиях на правобережье Амударьи пресное озеро Даутколь в Кегейлийском районе подпитывается из канала Кендердаря. Две системы озер Атпетки и Алтынколь, а также пресное озеро Ботаколь в Тахтакупырском районе питаются из канала Куанышжарма. Озера Атпетки – соленые, поскольку представляют собой остатки залива Жылтырбас в самых глубоких его частях на востоке.

Солоноватое озеро Жылтырбас в Муйнакском районе – это ирригационно-сбросовый водоем, в который поступают воды коллекторов №1 и №3, а также протоки Казахдаря, берущей воду из реки Амударьи у поселка Байходжа.

На левобережье Амударьи ирригационно-сбросовым является озеро Судочье, в которое поступает вода из главного Левобережного коллектора. Три озера соленое Шегеколь и пресное Думалак и солоноватое Рыбацкий залив в Муйнакском районе подпитываются из канала Кунград-Муйнак. Также в Муйнакском районе располагается пресное озеро Машанколь, периодически получающее воду из канала Раушан.

Каналы в дельте Амударьи. В конце 50-х годов прошлого столетия на левобережной и правобережной окраинах дельты находились системы крупных магистральных каналов – им. Ленина (Ленин-яб) и Кызкеткен. На левобережье почти все отводящие ветви от канала Ленин-яб шли на его левый берег, так как справа от него были разливы реки Амударьи длительного или сезонного затопления, заросшие тростником. И Ленин-яб, и Кызкеткен отходили от реки у Тахиаташского гидроузла, перекрывшего реку в 1974 г.

От канала Кызкеткен питались два крупных канала: на север шла система канала Кегейли, а на запад – система Куанышжарма. Обе системы имели множество отводов, так как здесь располагалась засушливая пустынная часть дельты.

В современных условиях на правобережье Амударьи в Республике Каракалпакстан работают 9 магистральных каналов с пропускной способностью от 100 до 300 м³/с (табл. 2). Забор воды в них зависит от наполнения Туямуюнского водохранилища, полезная емкость которого заилена за 23 года эксплуатации более, чем на 25 %. Это водохранилище регулирует поступление воды в нижнее течение Амударьи. Дефицит воды в низовье в Хорезмской области и Каракалпакстане оценивается в 1,5...3 км³ в год в зависимости от его водности [2]. Крупнейший из каналов – Кегейли [1], от которого отходит множество межхозяйственных, в том числе Майяп, Кенегас, Бузяп и др. Из второго по величине канала Куанышжарма с пропускной способностью 200 м³/с берут воду каналы Есым, Коксу, Кокдарья и другие, меньшие по величине (рис. 2).

Таблица 2

Основные каналы в низовьях Амударьи в Каракалпакстане

Канал	Пропускная способность Q_{\max} , м ³ /с	Длина канала, км
Правобережье		
Жамбаскалинский	120	52
Пахтаарна	100	28
Параллельный левобережный	160	36
Куанышжарма	200	70
Кокдарья	80	56
Кегейли (Рисовый)	220	36
Левобережье		
Суенли (Ленин-яб)	310	48
Кунград-Муйнак	130	106
Раушан	150	43

коллекторов не было, их начали строить в 60-х годах, причем первый из них Дауткульский появился в самой засушливой части правобережной дельты в 1953 г. Впадает он в озеро Даутколь. Затем в 1966...1967 гг. сданы в эксплуатацию коллекторы КС-1 и КС-3, сбрасывающие воды в соленое озеро Жылтырбас. Их пропускная способность 51 и 32 м³/с соответственно (табл. 3).

Таблица 3
Основные коллекторы в низовьях Амударьи в Каракалпакстане

Коллектор	Год ввода в эксплуатацию	Пропускная способность Q_{\max} , м ³ /с	Длина, км
Дауткульский (впадает в озеро Даутколь)	1953	12	40
Главный Левобережный (Пограничный)	1975	21	86
Сбросовый №1 – КС-1, (в оз. Жылтырбас)	1967	51	136
Сбросовый №3 – КС-3, (в оз. Жылтырбас)	1966	32	119
Кунградский сброс – ККС (в оз. Судочье)	1967	42	82,7
Сбросовый КС – 4 (в оз. Жылтырбас)	1963	29	116

В настоящее время органами Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан ведутся инструментальные наблюдения за стоком воды шести коллекторов, самый водоносный из которых Кунградский сброс – ККС: расходы воды в нем могут превышать 50 м³/с.

Итак, гидрографическая сеть в дельте Амударьи в современных условиях антропогенного пресса существенно отличается от естественной, существовавшей еще в 50-х годах 20 века: исчезли дельтовые рукава Акдарья и Кипчакдарья, многочисленные протоки – Аккай, Талдыкдарья, Еркендарья, Казахдарья и др. Сама река Амударья доходит до оставшейся части Аральского моря только в самые многоводные годы. Большая часть территории дельты представляет собой разливы длительного и сезонного затопления. Теперь это песчаные пустыни, а обсохшая часть моря – солончаки, с которых ветром выносятся соли на окружающие земли. Резко сократилось количество дельтовых озер. При этом увеличилось число каналов, и русла некоторых дельтовых рукавов используются как каналы, например, Раушан. Появились новые водотоки-коллекторы. Река Амударья и ее дельтовые рукава были судоходными, теперь остатки судов разрушаются на месте бывших заливов моря и дельтовых протоков. Все эти изменения привели к резкому ухудшению экологического состояния дельты:

вместо затопленных территорий появились солончаки, среди которых немало так называемых шор, покрытых пухлой солью, которая разносится ветром на окружающие земли. Из-за отсутствия воды в руслах Амударьи и ее дельтовых рукавов упали уровни подземных вод и высохли колодцы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ирригация и мелиорация Республики Узбекистан. – Карта: ГНПП «Картография». – 2012. – 1 лист.
2. Национальный доклад Государственного комитета Республики Узбекистан по охране природы «О состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов». – Ташкент: изд. «Chinorenk», – 2013. – 255 с.
3. Республика Каракалпакстан. – Справочная карта. – Госкомземгеодез-кадастр. – 2007. – 1 лист.
4. Рогов М.М. Гидрология устьевой области Амударьи. – Л.: Гидрометеиздат, – 1968. – 254 с.

Поступила 29.05.2015

Хим. ғылымд. канд.	Н.Г.Верещагина
Геогр. ғылымд. докторы	В.Е. Чуб
	А.А. Щетинников
	А.М. Мухаметзянова

АМУДАРИЯ АТЫРАУЫНДАҒЫ ГИДРОГРАФИЯЛЫҚ ЖҮЙЕ (ҚАЗІРГІ АНТРОПОГЕНДІК ЖАҒДАЙ)

Мақалада Амудария сағасындағы антропогендік ықпал әсерінен ұзаққа созылған суы аз жағдайының қалыптасқан қазіргі гидрографиялық жүйесі мінезделген. Атырау жеңдерінің жойылуы, жаңа каналдардың, коллекторлардың, ирригация-тасталу негізіндегі көлдердің пайда болуы сипатталған.

УДК 502/504

Канд. экон. наук
Доктор техн. наукК.Ж. Мустафаев*
З.К. Маймеков****«ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД» ОСНОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ПРИРОДНОЙ СИСТЕМЫ
КАЗАХСТАНА***ЭКОЛОГИЯ, СЛЕД, ОЦЕНКА, ЕМКОСТЬ, ПРИРОДА, СИСТЕМА,
СРЕДА, ВОДА*

На основе анализа международного опыта и методологии расчета «экологического следа», произведена оценка экологической емкости, которая необходима для сравнения объемов потребления с возможностями биосферы для их стабильного удовлетворения без нарушения экологической устойчивости.

Основным ресурсом устойчивого развития является природный капитал – экологические «товары» и «услуги», которые предоставляет нам природа: продукты питания, питьевая и техническая вода, условия для отдыха и поддержания здоровья, источники энергии, пространство для строительства жилищ и транспортных магистралей, сырье для промышленности.

Одним из таких показателей устойчивого развития является экологический след (ecological footprint), или футпринт (от англ. foot – нога, print – отпечаток) – «след», который оставляет воздействие на окружающую природную среду отдельного человека, страны, человечества в целом. Экологический след отражает, в какой степени хозяйство конкретного региона соответствует емкости природных экосистем [3].

Экологический след – это условное понятие, отражающее потребление человечеством ресурсов биосферы и измеряется в гектарах биологически продуктивной поверхности планеты, т.е. мера воздействия человека на среду обитания, которая позволяет рассчитать размеры прилегающей территории, необходимой для производства потребляемых нами ресурсов и хранения отходов. Этот термин впервые был введен в 1992 г. канадским

* ТОО «НТО Гидротехника и мелиорация»,

** Кыргызско-Турецкий университет «Манас»

экологом В. Рисом и его аспирантом М. Векернагелом. Данный показатель на сегодня является одним из наиболее распространенных индикаторов устойчивости, т.е. наблюдается такое использование природных ресурсов, которое не наносит экологического вреда [3]. Этот индикатор еще называют «показателем давления на природу». Он помогает установить, сколько земельных и водных ресурсов используется человеком (городом, регионом, бизнес-организацией) для производства, потребления и утилизации, необходимых для его жизнедеятельности товаров и услуг. Такая экологическая нагрузка, оказываемая на природную среду, может быть представлена и охарактеризована индикатором экологического следа.

В современных условиях «экологический след» (ЭС) активно используется для определения экологической устойчивости природной системы. «Экологический след» представляет то научное направление познания, которое отражает на международном уровне взаимоотношение человеческого общества и окружающей среды [2, 3, 4, 8].

Определение этого показателя базируется в основном на информации, предоставляемой Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО), Международным энергетическим агентством (МЭА) и Межправительственным советом, изучающим климатические изменения.

Все ресурсы переводятся в мировые (глобальные) гектары (мга) путем деления общего объема их потребления на среднемировую продуктивность соответствующего типа территории, данные о которой предоставляет ФАО. Таким образом, экологический след учитывает потребление природных ресурсов и загрязнение, полученное в результате этого потребления, независимо от того, на каком континенте, в какой точке планеты эти процессы происходят. Данная особенность футпринта делает его универсальным показателем устойчивого развития, по которому можно сравнивать различные страны и регионы.

Соотношение двух факторов – уровня потребления и численности населения, определяет общемировую тенденцию экологического дефицита.

Методика расчета ЭС подготавливается международной организацией Global Footprint Network, которая постоянно совершенствуется и корректирует её. В общем случае экологический след каждого элемента определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ki} = \frac{C_i}{Y_i} \cdot f \cdot E_f$$
, где \mathcal{E}_{ki} – экологический след каждого элемента;

C_i – годовое потребление элемента; Y_i – продуктивность земли или выход каждого ее элемента по назначению, например, пастби-

ще, сенокос и другие; f – фактор урожайности (Yield Factor); E_f – эквивалентный фактор (Equivalenct Factor) [4].

Следовательно, экологический след определенного элемента вычисляется как годовое потребление этого элемента (C_i), поделенное на продуктивность земли (Y_i) и это соотношение, умноженное на фактор урожайности (f) и фактор эквивалентности (E_f). Экологический след выражается в условных, так называемых, глобальных гектарах (гга или мга), где каждый соответствует одному гектару биологически продуктивного пространства средней урожайности (табл. 1).

Общий ЭС определяется как сумма экологических следов всех вычисленных элементов определенной популяции:

$$ЭС = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{ki} \cdot$$

Таблица 1

Фактор урожайности и эквивалентный фактор

№	Показатель	Эквивалентный фактор
1	Пахотные угодья	2,415
2	Малопригодные пахотные угодья	1,79
3	Лес	1,365
4	Пастбища	0,525
5	Внутренние и морские воды	0,360
6	Застроенные земли	2,210
7	Рыбоводческие территория	0,400

Для определения «экологического следа» необходимо рассчитать значения шести его элементов: растениеводческого следа (Cl); пастбищного следа (Gl); рыбохозяйственного следа (Fg); лесохозяйственного следа (F); энергетического следа (E); следа инфраструктуры (I). Для каждого из этих элементов характерен единый принцип расчета: объемы внутреннего потребления переводят в эквивалентную площадь со среднемировой продуктивностью, выраженную в мга, и эта площадь делится на количество населения страны. Затем шесть показателей суммируются, и определяется «экологический след» в расчете на душу населения, который является более наглядным показателем, так как учитывает количество населения, непосредственно осуществляющее внутреннее потребление.

Объем внутреннего потребления (DC) рассчитывается по формуле:

$$DC = DP + Sl + I_m - Ex - S_2,$$

где DP – производство внутри страны; Sl – запасы на начало года; I_m – импорт; Ex – экспорт; S_2 – запасы на конец года.

Следует отметить, что объемы внутреннего потребления при расчете «экологического следа» зарубежными специалистами проводятся по упрощенной формуле $DC = DP + I_m - Ex$, что приводит к некоторому (впрочем, незначительному) искажению данных.

Растениеводческий след (Cl) показывает, какая площадь территории со среднемировой продуктивностью необходима для удовлетворения внутреннего потребления продуктов растениеводства. Общая формула растениеводческого следа имеет вид [4]:

$$Cl = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i^d}{P_i^d} \right),$$

где n – число статей внутреннего потребления продуктов растениеводства; C_i^d – объем внутреннего потребления i -го продукта растениеводства; P_i^d – среднемировая продуктивность i -го продукта растениеводства.

Растениеводческий след на душу населения $\overline{Cl} = Cl / N_b$, где N_b – численность населения.

В состав растениеводческого следа входит площадь, необходимая для производства всей потребляемой сельскохозяйственной растениеводческой продукции, включая злаки, плоды, овощи, корнеплоды, орехи, чай, кофе, сахар, маргарин, масло, табак, а также корма, необходимые для выращивания домашней птицы и свиней, которые в дальнейшем превращаются в мясо и потребляются человеком.

На основе информационно-аналитических материалов по балансу ресурсов и использования важнейших видов продукции производственно-технического назначения и потребительских товаров в Республике Казахстан определен растениеводческий след (табл. 2) [1, 7, 9].

Таблица 2

Растениеводческий след Республики Казахстан

Продукты растениеводства	Внутреннее потребление, кг	Среднемировая продуктивность, кг/мга	Общереспубликанский растениеводческий след, мга
Пшеница	2658795300	3211,45	827911,16
Рис	405479200	4418,48	31768,93
Ячмень	3372627100	2964,94	1137502,65

Продукты растениеводства	Внутреннее потребление, кг	Среднемировая продуктивность, кг/мга	Общереспубликанский растениеводческий след, мга
Кукуруза	441152100	5421,68	81368,16
Рожь	82936000	2821,06	23398,88
Овес	317036000	2438,59	130007,91
Гречиха	108304800	971,74	111454,50
Картофель	696798531	19386,73	35942,04
Зернобобовые	23454000	936,21	25052,10
Овощи	1231550892	15330,81	83331,76
Соя	50026176	2459,27	20341,90
Табак	27484300	1797,18	15293,02
Фрукты	252792025	7886,45	32054,00
Сахар	612116500	49735,51	12307,43
Хлопок	110915100	2179,54	50889,22
Растит. масло	402202000	1379,40	231577,49
Кормовые травы	1371500000	14877,72	92184,8
Чай	46371500	1443,86	32116,34
Кофе	9298300	825,44	11264,66
Просо	48139000	971,74	43538,97

Растениеводческий след Республики Казахстан определен на основе данных потребительской корзины, в которую входит 21 продукт. Общий объем их составляет 3029305,92 мга и на душу населения $CI^d/N_i = 0,182$ мга/чел.

Пастбищный след (Gl) показывает количество гектаров пастбищ со среднемировой продуктивностью, необходимое для удовлетворения внутреннего потребления продуктов животноводства. Общая формула для определения пастбищного следа имеет вид [4]:

$$Gl = \sum_{i=1}^n \left(\frac{G_i^d}{P_i^w} \right),$$

где n – число статей внутреннего потребления продуктов животноводства; G_i^d – объем внутреннего потребления i -го продукта животноводства; P_i^w – среднемировая продуктивность i -го продукта животноводства.

Пастбищный или животноводческий след – площадь, необходимая для выпаса и содержания сельскохозяйственных животных, продукция которых в дальнейшем потребляется человеком, т.е. имеется в виду мясная и молочная продукция крупного рогатого скота, овец, коз.

Расчет пастбищного следа Республики Казахстан приведен в табл. 3.

Таблица 3

Пастбищный след Республики Казахстан

Продукты животноводства	Внутреннее потребление, кг	Среднемировая продуктивность, кг/мга	Общереспубликанский пастбищный след, мга
Говядина	245128262,4	1100,0	222843,9
Свинина	68369107,2	858,0	73684,3
Баранина	85602508,8	821,7	104177,3
Мясо птицы	150078528,0	508,2	295313,9
Другие виды мяса	110027587,2	821,7	133938,9
Шерсть	9232000	16,665	553975,4
Кожа	13530600	16,665	811917,2
Молоко	529870500	24107,6	21979,4
Яйца, шт.	2014387354	262,57	511454,1
Масло животное	63366489,6	1379,4	45937,7
Сметана и сливки	60031411,2	24107,6	2490,1
Общий пастбищный след 26437733 мга			
Пастбищный след на душу населения 0,159 мга/чел			

Рыбохозяйственный след (Fg) определяет площадь акваторий, обладающих среднемировой продуктивностью, необходимой для производства рыбы и морепродуктов в объемах, соответствующих внутреннему потреблению страны. Отсюда общий рыбохозяйственный след составляет [4]:

$$Fg = F^d / P_f^d,$$

где F^d – объем внутреннего потребления рыбы и рыбопродуктов; P_f^d – среднемировая продуктивность рыбы и рыбопродуктов, а рыбохозяйственный след на душу населения $\overline{Fg} = F^d / N_b$.

Расчет рыбохозяйственного следа Республики Казахстан приведен в табл. 4.

Лесохозяйственный след (F) показывает, какая площадь лесов со среднемировой продуктивностью необходима для удовлетворения внутреннего потребления продуктов лесного хозяйства. Общая формула для расчета лесохозяйственного следа имеет вид [4]:

$$F^d = \sum_{i=1}^n \left(F_i^d / P_i^w \right),$$

где n – количество продуктов лесного хозяйства; F^d – внутреннее потребление i -го лесного продукта. Лесохозяйственный след на душу населения $\bar{F} = F/N_b$.

Таблица 4

Рыбохозяйственный след Республики Казахстан

Продукт рыбного хозяйства	Внутреннее потребление, кг	Среднемировая продуктивность, кг/мга	Общереспубликанский рыбохозяйственный след, мга
Рыба и морепродукты	151746067,2	83,77	1311460,8
Общий рыбохозяйственный след 1311460,8 мга			
Рыбохозяйственный след на душу населения 0,079 мга/чел			

Расчет лесохозяйственного следа Республики Казахстан приведен в табл. 5.

Таблица 5

Лесохозяйственный след Республики Казахстан

Продукт лесного хозяйства	Внутреннее потребление, м ³	Среднемировая продуктивность, м ³ /мга	Общереспубликанский лесохозяйственный след, мга
Лесоматериалы	1681700	5,6644	236910,3
ДВП	24212100		4274433,3
Лесохозяйственный след на душу населения 4511343,6 мга			
Лесохозяйственный след на душу населения 0,271 мга/чел			

Энергетический след (E) может рассчитываться по двум методикам. Первая предполагает учет структуры энергетического баланса. Согласно второй методике вся потребляемая в стране энергия переводится в объем древесины, необходимой для производства такого количества энергии. Затем этот объем древесины делится на среднемировую продуктивность леса. Таким образом, по данной методике, энергетический след показывает, какая площадь леса со среднемировой продуктивностью понадобилась бы для производства энергии, достаточной для удовлетворения внутренних потребностей страны, если бы в качестве энергоносителя использовались только дрова. Поскольку данные о структуре энергетического баланса в Министерстве статистики и анализа Республики Казахстан определяются как данные внутреннего пользования, была избрана вторая методика. Специалисты отмечают, что при расчете энергетического следа по обеим методикам показатели незначительно отличаются друг от друга [4].

Внутреннее энергопотребление Республики Казахстан составляет $975,2 \cdot 10^{12}$ ккал, удельная теплоемкость дерева – 2150 ккал/кг, тогда масса

дров, которая понадобилась бы для удовлетворения внутренних потребностей страны в энергии при использовании в качестве энергоносителя только дров, составила 453 581 395 348 кг. Средняя плотность дерева составляет 520 кг/м³, тогда соответствующий объем древесины равен 372 271 914,13 м³. При среднемировой продуктивности леса, равной 4,046 м³/мга, объем потребления древесины эквивалентен энергетическому следу, равному 92 009 865,8 мга. Энергетический след на душу населения Республики Казахстан составляет 5,52 мга/чел.

След инфраструктуры (I) всегда равен экологической емкости территории, занятой под объекты инфраструктуры, т.е. жилья, транспорта и производственных мощностей [7].

На долю населенных пунктов приходится 20 млн. га – 7,4 %; земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного несельскохозяйственного назначения занимают 11,7342 млн. га – 4,1 %. При этом, след инфраструктуры можно определить по формуле:

$I = 31734200 \cdot 2,415 \cdot 0,7875 = 63352498,2$ мга. След инфраструктуры на душу населения Республики Казахстан составляет $\bar{I} = 63352498,2$ мга/16675392 = 3,52 мга/чел.

«Экологический след» на душу населения рассчитывается по формуле:

$$EF = \bar{Cl} + \bar{Gl} + \bar{F}_g + \bar{F} + \bar{E} + \bar{I}.$$

Таким образом, общий экологический след на душу населения Республики Казахстан составляет 9,731 мга/чел.

Экологический след можно рассматривать как индикатор устойчивого развития. «Устойчивое развитие» предполагает подход по использованию окружающей среды и природных ресурсов, позволяющий нынешнему поколению обеспечить соответствующий уровень жизни и одновременно защитить ключевые экологические системы планеты, которые являются важными для выживания человека и достойной жизни будущих поколений [5]. Таким образом, устойчивое развитие может быть определено с помощью экологического следа как меры людского спроса на природные ресурсы и индекса человеческого развития, как индикатора социально-экономического развития.

Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП) – интегральный показатель, рассчитываемый ежегодно для сравнения стран и измерения уровня жизни, грамотности, образованности и долголетия как основ-

ных характеристик человеческого потенциала исследуемой территории (табл. 6) [6].

Таблица 6

Индекс человеческого развития в разрезе областей Казахстана

Область	Индекс человеческого развития
Акмолинская	0,746
Актюбинская	0,785
Алматинская	0,733
Атырауская	0,853
Восточно-Казахстанская	0,757
Жамбылская	0,723
Западно-Казахстанская	0,797
Карагандинская	0,775
Костанайская	0,755
Кызылординская	0,765
Мангистауская	0,836
Павлодарская	0,784
Северо-Казахстанская	0,738
Южно-Казахстанская	0,742
Республика Казахстан	0,781

Республика Казахстан по индексу человеческого развития находится на уровне России и Малайзии. Самый низкий уровень индекса человеческого развития в Жамбылской области – 0,723 и самый высокий в Атырауской и Мангистауской – 0,853 и 0,836 соответственно.

Однако, индекс человеческого развития, рассчитанный по трем выше перечисленным показателям, не дает полного представления человеческого прогресса. Поэтому необходимо использовать другие показатели, для того, чтобы анализировать и прогнозировать состояние развития человеческого потенциала в том или ином регионе. Кроме того, существует проблема несовместимости статистических данных, поскольку в том или ином регионе возможно отсутствие статистических показателей, необходимых для расчета индекса человеческого потенциала по определенной методике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баланс ресурсов и использования важнейших видов сырья, продукции производственно-технического назначения и потребительских товаров по Республике Казахстан (статистический сборник). – Астана: 2008. – 120 с.
2. Кубатко А. В. Научный подход к определению экологического следа, как индикатора устойчивого развития на уровне региональных экономик // Механізм регулювання економіки. – 2009. – №1. – С. 194-202.

3. Мельник Л.Г., Хенс Л. Социально-экономический потенциал устойчивого развития: учебник. – Сумы: ИТД «Университетская книга», 2007. – 1120 с.
4. Мозговая О.С. Применение концепции «Экологический след» для расчета резервов экологической емкости с целью определения рекреационной нагрузки в национальных парках Беларуси // Журнал международного права и международных отношений. – 2007. – №2. – С. 85-93.
5. Мустафаев Ж.С. Методологические основы экологической оценки ёмкости природных систем. – Тараз: 2014. – 316 с.
6. Отчет о человеческом развитии – Казахстан 2003. – Алматы: 2003. – 123 с.
7. Охрана окружающей среды и устойчивости развития Казахстана (статистический сборник). – Астана: 2008. – 270 с.
8. Ружевичюс Юозас Экологический след как новый количественный индикатор устойчивого развития. – 2010. – 9 с.
9. Сельское, лесное и рыбное хозяйство в Республике Казахстан (статистический сборник). – Астана, 2008. – 230 с.

Поступила 31.03.2015

Экон. ғылымд. канд. Қ.Ж. Мұстафаев
Техн. ғылымд. докторы З.К. Маймеков

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТАБИҒИ ЖҮЙЕСІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
СИЫМДЫЛЫҒЫН «ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ІЗДІҢ» НЕГІЗІНДЕ
БАҒАЛАУ**

«Экологиялық ізді» есептеудің халықарарлық тәжірбесіне талдау жүргізу арқылы және оны есептеудің әдістемесін пайдалану арқылы, тұтыну көлемін салыстыруға арналған экономикалық сыйымдылықты есептеудің қажеттілігі, экологиялық орнытылығын бұзбас үшін тұрақты қамтамасыз етуге биокеңістіктің мүмкіншілігі бағаланған.

УДК 631.413.3

Доктор техн. наук	Ж.С. Мустафаев*
Доктор техн. наук	А.Т. Козыкева*
Докторант PhD	Л.К. Жусупова**

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ОСВОЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

ПРОМЫВКА, ОСВОЕНИЕ, РАССОЛЕНИЕ, СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ, РАСТЕНИЕ, ТРЕБОВАНИЕ, НОРМА

Разработан способ освоения засоленных земель для возделывания сельскохозяйственных культур во временном масштабе в годовых интервалах с рассолением почв до определенного допустимого уровня с подачей промывной нормы, с учетом экологических требований природообустройства с использованием классификации засоленных почв и солеустойчивости растений.

Введение. Важным направлением в повышении продуктивности засоленных земель является разработка системы оперативного управления гидрогеохимическими параметрами почвы с помощью гидротехнических и агротехнических приемов, которые выполняются в процессе их освоения для возделывания сельскохозяйственных культуры в соответствии с их биологическими особенностями.

При экологическом обосновании приемов освоения засоленных земель особое внимание уделяется оперативным агрометеорологическим мероприятиям, направленным на оптимизацию условий произрастания сельскохозяйственных культур, где управление параметрами засоленных почв осуществляется на основе естественной закономерности рассоления – засоления почвы и формирования видового сообщества растительного покрова в условиях ритмического колебания природного процесса во временных и пространственных масштабах.

Освоение засоленных земель для возделывания сельскохозяйственных культур можно рассматривать, как целую фабрику производства, связанную с землей и водной средой. При этом основным объектом воздействия и основным средством производства здесь являются засоленные

* Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати,

** Кызылординский государственный университет им Коркыт-Ата

почвы, которые в любом ранге ландшафта выступают в качестве основного связующего и стабилизирующего компонента экосистемы. Одновременно они совместно с растительным покровом служат геохимическим барьером, вследствие того, что почва находится в контакте с атмосферой, литосферой и гидросферой, где протекают биогеохимические реакции и превращения, характеризующиеся наибольшей активностью, многообразием и утонченной сложностью, а также происходит синтез соединений, нигде более не встречающихся. Поэтому главным объектом при освоении засоленных земель всегда является почва, которая служит одновременно ведущим фактором переноса вещества и энергии, а также источников для получения оперативной информации по количественным связям почвенного и растительного покрова, в том числе и относительно трансформации почв, выступает водная среда [1, 2].

Состояние изучения проблемы. Проблема освоения засоленных земель существует уже несколько тысячелетий и становится все более острой в связи с их вовлечением при возделывании сельскохозяйственных культур. Единственным радикальным путем решения проблемы проверенным тысячелетним опытом орошаемого земледелия является промывка с удалением за пределы орошаемого массива с помощью дренажа с учетом почвенно-гидрогеологических условий ландшафта, или промывки сопровождающейся высеваемых растений-галофитов [3, 4]. Вместе с тем следует отметить, что существующие способы освоения засоленных земель не обеспечивают устойчивого выравнивания мелиорируемых и фоновых почв по их продуктивности. Причиной тому служат восходящие токи солевых растворов верхнего слоя почвы в вегетационный период, вследствие которого происходит циклическое засоление, что не обеспечивает экологическую устойчивость осваиваемых земель для возделывания сельскохозяйственных культур.

Цель и методика исследования. Разработка технологии экологически чистого способа освоения засоленных земель для возделывания сельскохозяйственных культур. Это позволит уменьшить количество соли в почве до определенного уровня поэтапно в годовых интервалах, с подачей соответствующей промывной нормы, с последующим возделыванием сельскохозяйственных культур, соответствующей солеустойчивости, которые постоянно обеспечивают уменьшение объема коллекторно-дренажных вод в естественные водоприемники.

Предлагаемый новый концептуальный подход к освоению засоленных земель заключается в ориентации мелиоративной деятельности на

строгий учет закономерных природных процессов и их ритмических колебаний, влиянии изменяющихся климатических факторов и рассмотрении природы как единого организма, которому присуще циклическое движение потоков вещества в большом и малом круговоротах.

В основу научных исследований положены классические учения о почве, почвообразовательных процессах, почвенном плодородии, процессах засоления В.В. Докучаева, В.И. Вернадского, В.Р. Вильямса, А.Н. Костякова, В.А. Ковды, Б.Г. Розанова; работы по освоению деградированных почв на принципах экологической сбалансированности гидромелиоративных, лесомелиоративных, агро-мелиоративных и других воздействий (Б.М. Кизяев, И.П. Кружилин, В.И. Петров, К.Н. Кулик, Л.В. Кирейчева, В.В. Бородычев, Э.Б. Габунщина, Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева и др.); по рассоляющей и рассолонцовывающей способности растений (Б.П. Строгонов, П.А. Генкель, Г.В. Удовенко, П.П. Бегучев, Б.А. Зимовец, З.Ш. Шамсутдинов, О.А. Лачко, Л.В. Руднева); по эколого-энергетической оценке эффективности земледелия и энергетике почвообразовательных процессов – А.Н. Энгельгард, К.А. Тимирязев, В.Р. Волобуев, К.К. Гедройц, В.М. Володин, В.В. Коренец, Ж.С. Мустафаев и др. [5].

Результаты исследования. В природной системе при освоении засоленных земель, почва и почвообразовательный процесс в целом экологически неустойчив. Поэтому требуется разработка комплекса управляющих мероприятий с целью оптимизации их функционирования, т.е. перевода их в режим динамически устойчивого развития с набором известных по способу, методу, интенсивности и времени коррегирующих воздействий [1, 2].

Формирование и функционирование почвенного и растительного покрова в пустыне и полупустыне характеризуются двумя параметрами, т.е. почвенный покров формируется в процессе влаго- и солепереноса, характеризующего испарительную особенность геохимического барьера, приводящего к процессу засоления. А растительный покров – биомассой и видовым разнообразием на основе закона генетического разнообразия.

Различные виды растений в естественных условиях растут не изолированно друг от друга, а образуют определенные сочетания, характеризующиеся особыми взаимоотношениями друг с другом и с условиями среды. Такая исторически сложившаяся устойчивая совокупность видов на однородном участке территории называется растительным сообществом [6-8].

Широкий набор дикорастущих трав значительно меньше реагирует на изменения природных условий, чем сообщества, состоящие из малого

числа видов. Используя в качестве характеристики устойчивости экосистемы видовое разнообразие сообществ и информационную меру разнообразия Шеннона, можно оценить относительную устойчивость растительного сообщества, в зависимости от степени засоления почвы, на основе количественного состава видов растений (при $P_i = 1/n$) [9, 10]:

$$D = -\sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i; P_i N_i / N; N = \sum_{i=1}^n N_i,$$

где n – число видов растений в сообществе; N_i – численность i -го вида; D – устойчивость сообществ; P_i – доля данного вида в сообществе.

При этом устойчивость растительного покрова засоленных земель во многом зависит от солеустойчивости растений, которые определяют структуру экосистемы, т.е. видового разнообразия растительного покрова, который прямо пропорционально зависит от степени засоления почвы, что приводит к изменению равновесия и устойчивости естественных ландшафтов (рис. 1).

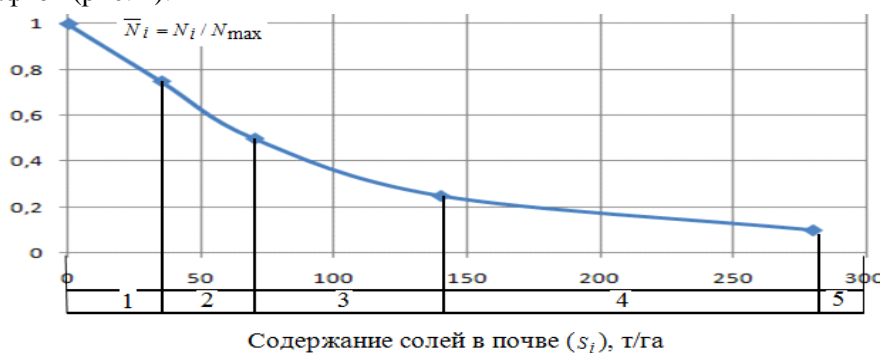


Рис. 1. Распределение видов в биоценозе по численности в зависимости от степени засоления почвы (1 – незасоленные; 2 – слабозасоленные; 3 – средnezасоленные; 4 – сильнозасоленные; 5 – очень сильно засоленные; N_i – численность i -го вида; N_{\max} – максимальная численность видов растений)

Как видно на рис. 1, численность видов растений на ландшафтных системах во многом зависит от степени засоления, и видовое разнообразие формируется строго в зависимости от солеустойчивости. В общей форме успех биоорганизмов в борьбе за существование на засоленных землях может достигаться различными путями. Одним из них является свойство приспособляемости организмов к меняющимся условиям внешней среды путем увеличения численности вида, расширения площади его расселения. При этом следует отметить, что в условиях ритмического колебания кли-

мата в природе наблюдается естественный процесс рассоления и засоления, что в определенной степени оказывает влияние на количественный состав и структуру видового растительного покрова засоленных почв. В процессе рассоления почвы в естественных условиях, более солеустойчивые растительные сообщества уступают место более солечувствительным растительным сообществам. Следовательно, при засолении почв, более солечувствительные растительные сообщества уступают место более солеустойчивым растительным сообществам, т.е. по схеме: очень сильнозасоленные – сильнозасоленные – средnezасоленные – слабозасоленные – незасоленные с последующей сменой соответствующих солеустойчивых культур в почвенном покрове: очень устойчивые – устойчивые – среднеустойчивые – среднечувствительные – чувствительные (рис. 2).

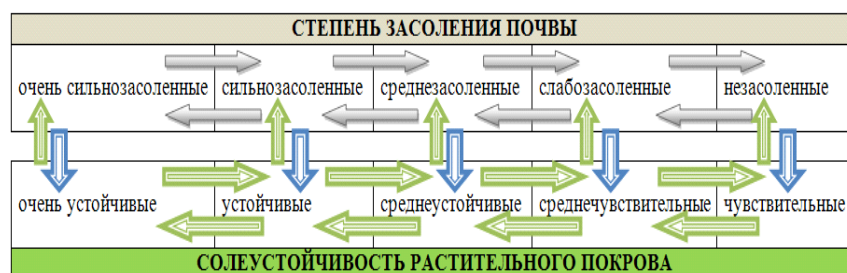


Рис. 2. Схема естественных прямых и обратных связей в почвенно-гидрогеохимическом процессе и растительного сообщества.

На основе закона системы «хищник-жертва» В. Вольтера, в данном случае роль «хищника» при рассолении засоленных почв играют более солечувствительные растительные сообщества, а роль «жертвы» – более солеустойчивые растительные сообщества [11]. При этом согласно закону эволюционно-экологической необратимости – экосистема, потерявшая часть своих элементов или сменившаяся другой в результате дисбаланса компонентов, не может вернуться к первоначальному своему состоянию, если в ходе изменений произошли эволюционные перемены в экологических элементах [11]. Поэтому необходимо учитывать, что при освоении засоленных земель для агроландшафтных систем в естественных ландшафтах происходит необратимый эволюционный процесс в результате сильного снижения количества видов растительного сообщества, с заменой культурными растениями [11].

Согласно этому принципу, для существования любого растительного сообщества, необходима совокупность факторов, каждый из которых имеет некоторые пределы, т.е. те значения факторов, по которым расти-

тельное сообщество толерантно [11]. Отсюда следует, что экологическое обоснование способов освоения засоленных земель необходимо изучать во взаимосвязи с факторами процесса рассоления – засоления почвы в естественных условиях и выявлять наличие обратных связей [12]. Для этого дадим определение и характеристику связей, существующих в природе, т.е. рассмотрим некоторую систему, на выходе которой действует фактор рассоления почвы x . Под воздействием этого фактора система по закону G имеет на выходе какую-либо реакцию y , т.е. $y = xG$. В данном случае связь, которая придает возмущение x на вход системы G , независимо от величины y называется прямой связью регулирования процесса рассоления – засоления почвы. Пусть на систему G действует возмущение x , но в какой-то зависимости от величины на входе системы y : $y = G(x \pm Hy)$ или $y = Gx / (1 \pm GH)$. Система, в которой величина возмущения, действующего на объект, зависит от некоторой величины y на выходе объекта по определенному закону H , называется замкнутой, а связь между выходом и входом такой системы называется обратной связью регулирования процесса рассоления и засоления почвы. Обратная связь может быть как положительной и усилить x , т.е. процесс засоления почвы, так и отрицательной, т.е. уменьшить величину x – рассоления засоленных почв, следовательно, перед величиной GH стоит знак \pm .

При этом, согласно принципа Ле Шателье-Брауна – при внешнем воздействии, т.е. при рассолении засоленных почв, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, последнее смещается в том направлении, в котором эффект внешнего воздействия ослабляется. В результате структура и состав растительного сообщества изменяется в сторону более солечувствительного растительного сообщества [11].

Таким образом, на основе законов природы и отмечая наличие прямых и обратных связей в почве целесообразно поставить вопрос о саморегулировании и рассматривать почву как объект саморегулирования, и использовать информацию для разработки экологически чистого способа освоения засоленных земель для сельскохозяйственного производства. Этот подход послужил основанием для организации научного поиска и разработки принципиально новых решений теоретического обоснования необходимости и возможности освоению засоленных земель, которые базируются на теоретической экологии, почвоведении, биологии и мелиорации, а также на эволюционных процессах в природной системе (рис. 3).



Рис. 3. Структурная модель теоретического обоснования необходимости и возможности освоения засоленных земель.

При этом, если технология освоения засоленных земель будет основана на их формировании и процессе рассоления почв в природных системах, тогда изменение природного процесса под влиянием природных факторов будет совпадать с направлением и интенсивностью естественного процесса или будет к нему приближаться.

Следовательно, на основе этого принципа освоение засоленных почв должно проводиться поэтапно, с использованием классификации почв от солончаков до сильнозасоленных, от сильнозасоленных до среднезасоленных, от среднезасоленных до слабозасоленных и от слабозасоленных до незасоленных (рис. 4).

Классификация засоленных почв в зависимости от содержания плотного остатка					Показатели	
					S_{max} , т/га	$\frac{V_i}{V_{max}}$
Солончаки					<280.0	0
Сильнозасоленные	Сильнозасоленные				280.0	0.25
Среднезасоленные	Среднезасоленные	Среднезасоленные			140.0	0.75
Слабозасоленные	Слабозасоленные	Слабозасоленные	Слабозасоленные		70.0	0.80
Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	Незасоленные	35.0	1.00

Рис. 4. Экологическое обоснование технологической схемы освоения засоленных почв.

Таким образом, при экологическом обосновании способов освоения засоленных земель важная роль, принадлежит возделыванию культур, обладающих способностью успешно противостоять вредному воздействию минеральных солей, являющихся компонентами засоленных почв. При этом возделывание солеустойчивых культур с учетом степени засоления почв создает благоприятный агробиологический фон и повышает не только плодородие, а также и продуктивность сельскохозяйственных культур (табл.).

Таблица

Снижение урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от степени засоления почвы, в % от контроля [13]

Культура	Изменение урожайности в зависимости от содержания солей в почве (% к массе сухого веса)				
	0,1 контроль незасоленные	0,3 слабо засоленные	0,6 средне засоленные	0,9 сильно засоленные	1,2 очень сильно засоленные
Хлопчатник	100	94	50	22	6
Озимая пшеница	100	80	39	15	0
Кукуруза на зерно	100	95	46	0	0
Кукуруза на силос	100	98	72	57	35
Люцерна	100	96	73	53	39
Подсолнух	100	98	84	53	46
Картофель	100	90	68	0	0
Помидор	100	98	74	54	34
Горох	100	66	27	0	0
Сладкий перец	100	71	43	39	0
Баклажан	100	92	74	48	32
Свекла	100	95	88	73	66

Как видим, успешное решение проблемы повышения продуктивности засоленных почв, при сельскохозяйственном освоении не представляется возможным без учета отношения культурных растений к их свойствам и возможности реализации ими своего природного потенциала устойчивости к стрессовым факторам среды.

В связи с многообразием и динамичностью гидрогеохимических показателей засоленных земель в процессе их сельскохозяйственного ос-

воения во временном масштабе технология их оптимизации должна быть ориентирована на регулирование и управление жизнедеятельностью видо-вого сообщества растительного покрова.

При решении поставленных задач за основу приняты классические классификации почв по засолению и солеустойчивости сельскохозяйственных культур и их вариации, которые позволяют составить технологические схемы освоения засоленных земель для возделывания сельскохозяйственных культур с учетом предельно-допустимого уровня техногенных нагрузок природной системы (рис. 5).

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВЫ				СОСТАВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПЕРИОД ОСВОЕНИЯ
Степень засоления почвы	Содержание солей в слое почвы 0-100 см (S_i), т/га	Состояние растений - V_i / V_{max}	Вынос солей из почвы (ΔS_i), т/га	
Очень сильнозасоленные	<280.0	0.00	<140.0	Галофит
Сильнозасоленные	280.0	0.25	140.0	Ячмень, хлопчатник, сахарная свекла, пшеница безостая, пшеница твердая, рожь, спаржа
Среднезасоленные	140.0	0.75	70.0	Пшеница, сорго, овес, сафлор, соя, рапс, канареечник, овсяница
Слабозасоленные	70.0	0.85	35.0	Кукуруза, лен, бобы кормовые, проса, арахис, кунжут, подсолнечник, люцерна, вика, житняк, сладкая кукуруза, капуста.
Незасоленные	35.0	1.00	0.00	

Рис. 5. Процесс поэтапного освоения засоленных земель с учетом экологических требований природопользования.

На основе предложенной технологической схемы должны проводиться поэтапные мероприятия, с использованием классификации засоленных почв и солеустойчивости сельскохозяйственных культур.

При этом каждый этап освоения засоленных земель соответствует определенному состоянию земель по степени засоления почвы и следовательно решаются определенные мелиоративные задачи, относящиеся к этому этапу.

Отличительной чертой предлагаемой схемы освоения засоленных земель от подобных разработок является увязка способа освоения засоленных земель с классификацией засоленных почв и солеустойчивостью сельскохозяйственных культур.

На каждом этапе освоения засоленных земель, во-первых, необходимо определить степень засоления почвы (S_i), во-вторых, уровень ожи-

даемой продуктивности сельскохозяйственных культур с учетом солеустойчивости ($\bar{Y}_i = Y_i / Y_{\max}$, где Y_i – урожайность сельскохозяйственных культур при данной степени засоления почвы, ц/га; Y_{\max} – максимальная урожайность сельскохозяйственных культур при допустимой степени засоления почв, ц/га).

Норма промывки засоленных земель (α) при каждом этапе освоения определяется на основе системы следующих уравнений [14]:

$$Y_i = Y_{\max} \cdot \exp[-k(S_i / S_{\text{doni}} - 1)^b];$$

$$N_i = (\alpha / \beta) \cdot \lg(S_i / S_{\text{doni}}),$$

где α – коэффициент солеотдачи; β – параметр, который зависит от скорости перемешивания; S_{doni} – допустимое содержание солей почвы при этапе освоения засоленных земель, т/га; k – коэффициент солеустойчивости сельскохозяйственных культур; b – параметр уравнения.

Если количество вымываемых солей из почвенного слоя (0...100 см) (ΔS_i) в каждом этапе будет больше, чем их предельно-допустимое значение (ΔS_{don}), которое определяется из уровня техногенной нагрузки природной системы в годовом интервале, тогда данный этап освоения разделяется на несколько подэтапов, т.е. количество подэтапов определяется по формуле: $n = \Delta S_i / \Delta S_{\text{don}}$.

Продолжительность промывки засоленных почв при каждом этапе определяется по формуле

$$t_i = N_i / [(V_o + K_\phi) / 2],$$

где V_o – скорость впитывания воды в почву в конце первого часа; K_ϕ – коэффициент фильтрации.

На основе продолжительности промывки (t_i) засоленных почв и климатических условий осваиваемых территорий можно разработать календарный график промывки почвы и орошения возделываемых сельскохозяйственных культур, т.е. для этого необходимо построить график среднемесячных температур воздуха (рис. б).

При этом период промывки засоленных земель определяется датой перехода температуры воздуха через +5 °С и период проведения орошения сельскохозяйственных культур – датой перехода температуры воздуха че-

рез +10 °С, которые позволяют целенаправленно планировать сроки проведения промывки и возделывания сельскохозяйственных культур.



Рис. 6. График среднемесячных температур воздуха для определения периода проведения промывки и орошения (по данным М Кызылорда).

При освоении засоленных земель после проведения промывки, за счет энергетических ресурсов, т.е. транспирации и физического испарения с поверхности почвы за вегетационный период, создается исходящий поток влаги, способствующий возвращению солей в верхний слой почвы. Чтобы не допустить этого гидрогеохимического процесса требуется возделывание сельскохозяйственных культур с учетом их солеустойчивости и определения нормы водопотребления с целью сохранения проектируемого почвообразовательного процесса предусмотренного в каждом этапе освоения засоленных земель.

При этом процесс теплообмена на основе закона сохранения энергии в конкретном географическом районе за известный промежуток времени характеризуется балансом перехода и расхода энергии: $R = LE + B + S$, где LE – затраты тепла на суммарное испарение; R – радиационный баланс; L – скрытая теплота парообразования; S – теплообмен между поверхностью почвы и атмосферой; B – теплообмен между почвенным слоем и подстилающими слоями почвообразующей породы; E – суммарное испарение [15]. В условиях орошения величины B и S близки к нулю, тогда баланс прихода и расхода энергии принимают $R = LE$ или $E = R / L$.

Гидротермический коэффициент («радиационный индекс сухости») это отношение радиационного баланса к затратам тепла на испарение выпавших осадков. Он выражается формулой $\bar{R} = R / LO_c$ (где O_c – атмосферные осадки), т.е. это один из наиболее подходящих для современной практики проектирования критерий оценки почвенно-

мелиоративных условий и потребностей почвообразовательного процесса в водных мелиорациях [1].

Для определения изменчивости теплоэнергетического ресурса осваиваемых засоленных земель можно использовать сумму температур воздуха, накопленных за вегетационный период сельскохозяйственными культурами, на основе их определить радиационный баланс (R_i) за i -ый год по следующей зависимости [16]: $R_i = 13,93 + 0,0079 \cdot \sum t$, где $\sum t$ – интегральная сумма температуры воздуха за вегетационный период в i -том году в °С. При этом радиационный баланс осваиваемых засоленных земель (R_{pi}) расчетной обеспеченности в фиктивном году (P_i) будет равен: $R_{pi} = R_i(0,010 \cdot P_i + 0,484)$.

Для определения радиационного баланса (R_{pi}) внутри вегетационного распределения можно использовать отношение интегральной суммы температуры воздуха за месяц ($\sum t_m$) к интегральной сумме температуры воздуха за вегетационный период ($\sum t$), то есть $K_{ii} = \sum t_m / \sum t$, где K_{ii} – температурный коэффициент вегетационного периода i -го месяца. При этом дефицит водопотребления сельскохозяйственных культур в заданном значении гидротермического коэффициента (\bar{R}_i) можно определить по формуле: $\Delta E_i = (R_{pi} K_{ii} / \bar{R}_i L) - O_{ci}$.

Таким образом, дефицит водопотребности сельскохозяйственных культур при освоении засоленных земель, при соответствующей технологической схеме рассоления почвы определяется с учетом почвенно-мелиоративного состояния промытых земель, что позволяет управлять гидрогеохимическими процессами в почвенной системе (рис. 7).

Предлагаемая технология мобильного управления агробиоценозами при освоении засоленных земель предназначена для хозяйств-землепользователей и реализуется на отдельных полях, формируясь в конкретизированную ландшафтно-мелиоративную адаптивную систему земледелия.

Разработка комплексов агро-мелиоративных мероприятий при освоении засоленных земель для возделывания сельскохозяйственных культур проводится при соблюдении следующих принципов:

- возможное приближение к оптимальному значению основных показателей среды почвообразовательного процесса и произрастания

сельскохозяйственных культур в соответствии с их биологическими особенностями;

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВЫ				ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ (\bar{R}_i) АГРОЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ
Степень засоления почвы	Содержание солей в слое почвы 0-100 см (S_i), т/га	Состояние растений - V_i / V_{max}	Вынос солей из почвы (ΔS_i), т/га	
Очень сильнозасоленные	<280.0	0.00	<140.0	$\bar{R}_i \rightarrow 0.60$
Сильнозасоленные	280.0	0.25	140.0	$\bar{R}_i \rightarrow 0.70$
Среднезасоленные	140.0	0.75	70.0	$\bar{R}_i \rightarrow 0.80$
Слабозасоленные	70.0	0.85	35.0	$\bar{R}_i \rightarrow 0.90$
Незасоленные	35.0	1.00	0.00	$\bar{R}_i \rightarrow 1.0$

Рис. 7. Технологическая схема комплексного освоения засоленных земель для возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающая поэтапное восстановление экологической устойчивости и стабильности агроландшафтов.

- рекомендуемые мероприятия должны соответствовать требованиям охраны окружающей среды и среды обитания человека;
- выполнение мероприятий должно осуществляться хозяйствами-землепользователями с необходимой временной цикличностью в промежутках между основными этапами гидро- и агротехнических работ;
- экономическая эффективность мероприятий определяется полнотой и качеством проведения работ в составе каждого комплекса, рекомендованного для хозяйств-землепользователей.

Таким образом, разработка способа освоения засоленных земель, обеспечивает принятие оперативных и обоснованных решений и сохраняет экологическую устойчивость окружающей среды и среды обитания человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И. Глобальная экология. – М.: Мысль, 1977. – 327 с.
2. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление – М.: Наука, 1991. – 271 с.
3. Горбачев Р.М. Разработка вопросов эффективности переустройства ГМС в нижнем течении р. Амударья. – Ташкент: САНИИРИ, НТО, 1970. – 54 с.
4. Грамматикати О.Г. Концепция мелиоративных севооборотов на засоленных землях // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – №1. – С. 29-30.
5. Дедова Э.Б. Повышение природно-ресурсного потенциала деградированных сельскохозяйственных угодий Калмыкии средствами комплексной мелиорации: Автореф. дис. ... доктора сельскохозяйственных наук. – М., 2012. – 45 с.

6. Клод Элвуд Шеннон // Компьютерные вести. 1998. № 21. – [<http://kv.minsk.by/index1998211801.htm>; <http://book.kbsu.ru/theory/chapter3/shannon.html>].
7. Ковда В.А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв – М.: Колос, 1984. – 304 с.
8. Количественные методы в мелиорации засоленных почв. – Алма-Ата, 1974. – 174 с.
9. Левич А.П. Структура экологических сообществ. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 181 с.
10. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель – Тараз, 2004. – 306 с.
11. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Абдешев К.Б. Моделирование засоления и рассоления почвы. – Тараз. – 2013. – 204 с.
12. Никольский Ю.Н., Шабанов В.В. Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – №9. – С. 52-56.
13. Одум Ю. Экология / Под ред. академика В.Е. Соколова. – М.: Мир, 1986. – Т. 2. – 376 с.
14. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы) – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 367 с.
15. Сукачев В.Н. Растительные сообщества (введение в фитосоциологию). – Л-М.: Книга, 1928. – 232 с.
16. Телицын В.Л. Концептуальная модель мелиорируемых земель // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – №4. – С. 21-23.

Поступила 11.06.2015

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мұстафаев
Техн. ғылымд. докторы	Ә.Т. Қозыкева
Докторант PhD	Л.К. Жүсіпова

ТҰЗДАНҒАН ЖЕРЛЕРДІ ИГЕРУДІҢ ӘДІСІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ-БИОЛОГИЯЛЫҚ ТҰРҒЫДА НЕГІЗДЕУ

Ауылиаруашылық дақылдарын өсіру үшін тұзданған жерлерді игерудің, уақыт масштабының жылдық аралығында белгілі мүмкішілік деңгейіндегі шаю мөлшері тұзданған топыраққа беру арқылы шаюға негізделген әдісі құрылған, ал ол тұзданған топырақты топастыру және өсімдіктердің тұзға төзімділігіне пайдалана отырып, табиғаты үйлестірудің экологиялық сұраныстарына қамтамасыз етуге бағытталған.

УДК 55.556

А.К. Курбаниязов *

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАСОЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ЗОНЕ
АЭРАЦИИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ВЫСОХШЕГО ДНА
АРАЛЬСКОГО МОРЯ***ЗАСОЛЕНИЕ, ГРУНТ, ЗАЛЕЖИ, ЛИТОЛОГИЯ*

В результате катастрофического падения уровня моря более чем на 39 м, обнажилось дно площадью более 5 млн. га, являющееся уникальной природной лабораторией, где все компоненты природной среды находятся в активном динамическом развитии. Процесс засоления грунтов охватил практически всю площадь обнажавшегося дна Аральского моря и играет ведущую роль в формировании обширных очагов солепылевыноса.

Изучению вопросов соленакопления в Аральском море в различные периоды его существования и усыхания посвящены многочисленные работы следующих авторов: Н.Г. Бродской (1952), Ю.П. Хрусталева (1977), И.В. Рубанова (1967, 72, 82, 87), Н.И. Богдановой (1977, 78, 88), А.А. Рафикова, Р.Р. Тетюхина (1981), И.Л. Герасимова (1983), В.М. Стародубцева (1990), Г.В. Гельдыева (1985), Б.И. Пинхасова, Т.Э. Мавлянова (1992, 98, 99) и др. [1, 2].

Исследование выполнялось непосредственно на осушившейся южной и юго-восточной части Аральского моря в пределах абсолютных отметок 35,5...53,0 м на площади около 13 тыс. км² (осушка 1990...1998 гг.). Для этой территории выделены различные типы засоленности грунтов и соленых залежей, произведено их картирование, выявлены закономерности пространственно-временной эволюции процессов соленакопления и сделан подсчет запасов водорастворимых солей в различных горизонтах покровных отложений.

Процесс соленакопления происходит главным образом за счет капиллярного поднятия высокоминерализованных грунтовых вод близко залегающих от поверхности, что приводит к формированию приморских и маршевых солончаков в первые годы отступления моря. В полосе непосредственного контакта с морем (3...8 км), в результате сквозного промачивания и интенсивного

* Международный казахско-турецкий университет имени Х.А. Ясави
г. Туркистан

испарения создаются условия накопления легко растворимых солей с максимальным их содержанием (до 6...30 %) в верхней части разреза мощностью 2...4 см сульфатно-хлоридного типа. Площадь приморских солончаков составляет около 2 тыс. км². Они представляют собой практически голую, слегка наклонную на север плоскую равнину, сложенную водо-насыщенными супесчано-суглинистыми и песчаными отложениями, покрытыми серой, ноздревато-заstrуговой соляной коркой практически не затронутой эоловыми процессами.

Степень и характер засоления грунтов во многом зависит от литологического состава (табл. 1), минерализации грунтовых вод и форм рельефа.

Шурф VII-15 пройден на современной морской равнине в 11 км. северо-западнее бывшего острова Кендерли на абсолютной отметке 38 м сложенной супесчанными породами.

Таблица 1

Показатели уровня засоления образцов в 11 км северо-западнее бывшего острова Кендерли

№	Интервал опробования, см	Литологический состав	Содержание сухого остатка, %	Тип засоления
1	0...2	Супесь рыхлая покрытая соляной коркой	9,2	Хлоридно-сульфатный
2	2...35	Супесь серая с прослоями песка и редкой ракуши	1,2	Хлоридно-сульфатный
3	35...42	Супесь тонкая, сильно омарганцованная с линзами грубо-зернистого кварцевого песка	0,74	Хлоридно-сульфатный-
4	42...122	Песок серовато-зеленый, тонко-зернистый с линзами супеси голубовато-серого и охристо-желтого цвета	0,99	Хлоридно-сульфатный
5	122...170	Переслаивание супесей, светло-зеленых, тонко-слоистых и белесо-серых, карбонатных. Встречается мелкая тонко-степная ракуша и прозрачные кристаллы гипса. В подошве песок ярко-желтый, кварцевый.	1,35	Хлоридно-сульфатный

Примечание: Установившийся уровень грунтовых вод – 155 см. Минерализация грунтовых вод – 52,5 г/дм³.

Другой шурф – IX-14 заложен в 4 км западнее южного окончания бывшего острова Уялы (табл. 2) в пределах той же равнины, но разрез представлен песками.

Таблица 2
Показатели уровня засоления образцов в 4 км западнее южного окончания бывшего острова Уялы

№	Интервал опробования, см	Литологический состав	Содержание сухого остатка, %	Тип засоления
1	0...2	Песок серый, рыхлый	1,35	Хлоридно-сульфатный
2	2...29	Песок светло-серый, мелкозернистый с включениями ракуши и прослоями	0,66	Хлоридно-сульфатный
3	29...93	Линзовидное переслаивание грубо-зернистых песков с примесью гравийных зерен и мелкозернистых песков, обогащенных дробленной ракушей. Встречаются прослой супеси суглинков толщиной 4...8 см	0,24	Хлоридно-сульфатный
4	93...113	Песок серовато-зеленый, иловатый, тонкозернистый, полимиктовый с пятнами ожелезнения	0,01	Хлоридно-сульфатный
5	113...127	Песок желтовато-серый, мелкозернистый полевашпатокарцевый	1,34	Хлоридно-сульфатный

Примечание: Установившийся уровень грунтовых вод – 125 см. Минерализация грунтовых вод – 11 г/дм³.

Приморские солончаки, сложенные преимущественно песками менее засолены и подвержены эоловым процессам. В песчано-суглинистых отложениях концентрация солей на порядок выше, а образовавшаяся соленая корка сдерживает процессы дефляции впервые 5...6 лет.

Современное обсохшее дно севернее Акпетков в пределах абсолютных отметок 50,0...39,0 м сложено многочисленными меридионально вытянувшимися на десятки километров долинообразными солончаковыми понижениями, ранее представлявшие собой палеоруслу Тагызаркан и Коксу. В результате нескольких трансгрессивно-регрессивных этапов развития Арала, они перекрывались морскими отложениями, и на сегодняшний день представляют собой шоры.

В период весенних дождей и подъема уровня грунтовых вод в шорах скапливается вода за счет выклинивания высоко минерализованных подземных вод по бортам и с прилетающих территорий. В результате интенсивного испарения на дне западин формируются соленые залежи в виде тонких толщиной 1...10 см, пластов галита и тенардита. Обрамляет их корково-пухляковая кайма шириной 10...100 м и более.

Данный тип засоления изучен на гидрогеохимическом створе №362, расположенном на абсолютных отметках 48,5...50,0 в 12 км южнее бывшего острова Уялы (табл. 3), где выделены три зоны соленакопления:

1 зона – полого-наклонная песчано-ракушечная поверхность, заросшая камышом, лебедой и солянками;

2 зона – ровная, голая, слегка наклонная к центру понижения поверхность, сложенная серой, ноздреватой сухо-влажной тенардитовой коркой;

3 зона – центральная часть шора, сложенная с поверхности тонким пластом галита.

Таблица 3

Показатели уровня засоления образцов в 12 км южнее бывшего острова Уялы

№	Интервал опробования, см	Литологический состав	Содержание сухого остатка, %	Тип засоления
1 зона				
1	0...35	Песок мелкозернистый, белесо-серый, кварцевый с большим содержанием ракуши	1,9	Хлоридно-сульфатный
2	35...63	Песок тонко-зернистый, белесо-серый с редкой ракушей	1,28	Хлоридно-сульфатный
3	63...73	Песок тонко-зернистый, иловатый	2,8	Хлоридно-сульфатный
4	73...100	Песок зеленовато-серый, иловатый с линзами супеси и редкой ракуши	2,2	Хлоридно-сульфатный
Установившийся уровень грунтовых вод 100 см. Минерализация – 42 г/дм ³ .				
2 зона				
1	0...3	Песчано-соленая корка тенардит-галитовая. В сухом состоянии покрытая пушонкой	2,9	Хлоридно-сульфатный

№	Интервал опробования, см	Литологический состав	Содержание сухого остатка, %	Тип засоления
2	3...10	Песок кварцевый мелкозернистый с примесью темноцветных минералов	2,7	Хлоридно-сульфатный
3	10...15	Песок черный, заиленный с ракушей	2,1	Хлоридно-сульфатный
4	15...50	Песок зеленовато-серый заиленный	1,92	Хлоридно-сульфатный
Установившийся уровень грунтовых вод 45 см. Минерализация – 283 г/дм ³ .				
1	0...5	Пласт галита	100	Хлоридно-сульфатный
2	5...15	Песок с резким сероводородным запахом	15,8	Хлоридно-сульфатный
3	15...40	Песок мелкозернистый, кварцевый, зеленовато-серый	1,9	Хлоридно-сульфатный
Установившийся уровень грунтовых вод – 35 см. Минерализация – 323 г/дм ³ .				

Из описания поперечного профиля долинообразного солончакового понижения можно сделать следующие выводы:

- Увеличение концентрации солей в грунтах идет снизу вверх по разрезу и от периферии и центру солончака;
- За счет увеличения интенсивности испарения минерализация грунтовых вод увеличивается в 8 раз от борта к центру западины всего на расстоянии 65 м;
- Литологический состав дна понижений отличается повышенным содержанием супесчано-суглинистых фракций по сравнению с приподнятым бортом солончака;
- Долинообразные понижения глубиной 1...2 м создают условия локальных зон разгрузки высокоминерализованных грунтовых вод и формирования тенардит-галитовых залежей.

Морское дно, обнажившееся 15...40 лет назад, так же имеет пестрый литологический состав и характер засоления.

Одноразные морские пески мощностью 2...3 м, слагающие слегка приподнятые участки обсохшего дна, разделенные многочисленными меридионально вытянутыми солончаковыми понижениями, незасоленные, слабо или средnezасоленные. За счет более высоких фильтрационных свойств, пески промыты, а соли вынесены подземными водами в шоровые

солончаки. Даже грунтовые воды, залегающие на глубине 1,2...2,0 м, кажутся «пресными» при минерализации 3,1...11,0 г/дм³ (преимущественная минерализация 47...90,3 г/дм³).

Шурф IX-9 был заложен на северо-восточной части площади работ, сложен песчано-ракушечными отложениями (табл. 4) на абсолютной отметке 50,2 м.

Таблица 4

Уровень засоления шурфа IX-9

№	Интервал отprobования, см	Литологический состав	Содержание сухого остатка, %	Тип засоления
1	0...10	Песок белесый, мелкозернистый с примесью средней и крупной фракции, существенно кварцевый с большим количеством ракуши	0,1	Хлоридно-сульфатный
2	10...100	Песок серовато-желтый, мелкозернистый, кварцевый с примесью полевого шпата и темноцветных минералов.	0,37	Хлоридно-сульфатный
3	100...200	Песок серовато-желтый, палево-шпато-кварцевый, слоистый, участками развито омарганцевание и стяжения гипса. Встречается редкая ракуша	0,13	Сульфатный

Примечание: Установившийся уровень грунтовых вод – 180 см. Минерализация грунтовых вод – 5,25 г/дм³.

Западнее Кендерли и до залива Желтырбас и далее до полуострова Муйнак морские отложения представлены переслаивающейся толщей суглинков, супесей и песков. Увеличение в разрезе глин, суглинков и супесей определяет повышенное содержание водорастворимых солей в группах зоны аэрации.

Шурф №3э расположен на прибрежном мелководье Естей (обсохшем 30 лет назад) на абсолютной отметке 52,4 м (табл. 5).

Обсохшее дно подверженное различным стадиям эолового преобразования от низко- до высокобарханного, претерпевает первые этапы засоления (табл. 6) за счет ветрового выноса солей из дефлируемого слоя за пределы эоловых массивов.

Таблица 5

Показатели уровня засоления образцов на прибрежном мелководье Естей
на абсолютной отметке 52,4 м

№	Интервал опробования, см	Литологический состав	Содержание сухого остатка, %	Тип засоления
1	0,0...10,0	Супесь светло-серая, запесоченная, слабопухляковая с обильной ракушей	6,3	Хлоридно-сульфатный
2	10...44	Суглинок светло-коричневый, массивный с прослоями супеси	6,7	Хлоридный
3	44...106	Суглинок от зеленовато-серого до коричневатого-серого с неясно выраженной слоистостью. В большом количестве встречаются стебли тростника, ракуши и стяжения гипса	4,2	Хлоридный
4	106...191	Переслаивание светло-коричневого суглинка, песка и супеси с охристо-красными пятнами ожелезнения	0,6	Сульфатно-хлоридный
5	191...318	Суглинок коричневый, плотный, вязкий с включениями обуглившихся стеблей тростника и конкрециями гипса	2,6	Сульфатно-хлоридный
6	318...500	Суглинок пятнистый от коричневатого-серого до зеленовато-серого, плотный, массивный	2,18	Сульфатно-хлоридный

Примечание: Установившийся уровень грунтовых вод – 414 см. Минерализация грунтовых вод – 71,2 г/дм³.

Таблица 6

Этапы рассоления эоловых массивов

Точка наблюдения	Форма рельефа	Сухой остаток, %
444	Межбарханное понижение	1,05
	Бархан высотой 3 м	0,18
434	Межбарханное понижение	1,88
	Бархан высотой 1 м	0,42
400	Межбарханное понижение	1,84
	Бархан высотой 2 м	0,2
Полигон №7	Межбарханное понижение	0,1
	Бархан высотой 3,5 м	0,07

Из выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Характер и степень засоления грунтов определяется, прежде всего, литологическим составом пород зоны аэрации, особенностями строения рельефа обсохшего дна, положением уровня грунтовых вод и их минерализацией, а так же стадиями эолового преобразования морских отложений.

2. Наибольшее содержание водорастворимых солей отмечается в верхнем 0...5 см слое, достигающем в отдельных случаях 16...30 % сухого остатка. Глубже до уровня грунтовых вод содержание солей не превышает 0,5...2,0 %.

3. Пространственно-временная эволюция процессов соленакопления на обсохшем дне Аральского моря заключается в формировании морских и приморских солончаков впервые 3...6 лет осушки, когда соли вытягиваются на поверхность капиллярными силами, образуя соленые корки. В последующие годы, по мере отступления моря, понижения уровня грунтовых вод и отрыва капиллярной каймы от поверхности, вынос солей замедляется или прекращается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пинхасов Б.И., Красников В.В., Мавлянов Т.Э. Курбаниязов А. Тенденции формирования новой геологической среды обсохшего дна Аральского моря // Тр. ГИДРОИНГЕО. – 1996. – №11.
2. Пинхасов Б.И., Мавлянов Т.Э., Бакиев С.А. Особенности процессов засоления грунтов зоны аэрации юго-восточных части обсохшего дна Аральского моря // Тр. ГИДРОИНГЕО. – 1993. – №11. – С. 20-28.

Поступила 11.08.2015

А.К. Курбаниязов

АРАЛ ТЕҢІЗІНІҢ ҚҰРҒАҒАН ТҮБІНІҢ ОҢТҮСТІК БӨЛІГІНІҢ АЭРАЦИЯ АЙМАҒЫНДАҒЫ ТҮЗДАНУ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Арал теңізінің деңгейі апатты жылдамдықпен 39 м аса төмендеуінің нәтижесінде құрғап қалған түбінің аумағы 5 млн. га жетіп, табиғи жағдайдағы бірегей зертханаға айналған. Бұл жердегі табиғи ортаның барлық құрауыштары белсенді динамикалық қалпында дамуда. Топырақтардың тұздану үдерісі Арал теңізінің құрғап қалған аумақтардың барлығында орын алуда. Осы жағдай тұзды-шаңды шығарындылардың ауқымды мөлшерде қалыптасуының және басқа аумақтарға таралуының себебі болып табылады.

УДК 626.810

Канд. техн. наук Г.Е. Жидекулова *

**МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В РАЗЛИЧНЫХ
АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ КАЗАХСТАНА***ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ, РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ, УРАВНЕНИЕ, ИСПАРЯЕМОСТЬ*

На основе систематизации материалов по изучению режима орошения сельскохозяйственных культур в различных агроклиматических зонах Казахстана построена модель для создания информационного, методологического и программного обеспечения нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий.

Введение. Основной целью мелиорации сельскохозяйственных земель является создания благоприятных условий не только для растений и почвы, а также для жизнедеятельности человека и соблюдения экологического равновесия агроландшафтных систем с наименьшими отрицательными последствиями для природной среды за счет управления биологическими и геологическими круговоротами воды и химических веществ. При этом инструментами регулирования и управления биологическими и геологическими круговоротами воды и химических веществ на орошаемых землях являются нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий, которые определяются на основе законов сохранения энергии. Как известно, для обоснования нормы водопотребности сельскохозяйственных культур положен процесс влагообмена между деятельной поверхностью участка и воздухом, где их биологические особенности учитываются с помощью биологического коэффициента, изменяющегося в соответствии с фазами развития растений. Большая изменчивость биоклиматического (биологического и микроклиматического) коэффициента в пространстве и времени требует необходимости аппроксимации их для разработки программного обеспечения расчета режима орошения сельскохозяйственных культур.

* Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати

Цель работы – разработать модель построения биологических коэффициентов сельскохозяйственных культур для создания информационного, методологического и программного обеспечения нормирования водопотребности сельскохозяйственных угодий.

Методы исследований и материал. В настоящее время широкое распространение получили эмпирические методы расчета водопотребления по метеорологическим параметрам с применением поправок на изменяющиеся условия среды биоценоза в виде различных коэффициентов. Данные методы основаны на использовании уравнений, характеризующих динамику тепло- и влагообмена в системе «почва – растение» [3].

Теоретической основой расчетных методов при наличии оптимального водоснабжения растений является существование тесной связи между испарением влаги орошаемого поля и энергетическими ресурсами атмосферы, которые оцениваются биоклиматическими коэффициентами водопотребления [1].

Практически для определения суммарного водопотребления можно использовать любое эмпирическое уравнение, характеризующее испаряемость, если известны, или представляется возможным установить биологические (K_{σ}) и микроклиматические (K_0) коэффициенты, нивелирующие количественные расхождения между фактическим водопотреблением (E_v) оптимально орошаемой культуры и испаряемостью (E_0), т.е. $E_v = K_{\sigma} \cdot K_0 \cdot E_0$ [1].

В методике и расчетных моделях нормирования орошения на основе биоклиматического метода в качестве расчетной зависимости для определения испаряемости используется модифицированная формула Н.Н. Иванова, которая имеет следующий вид [2]:

$$E_0 = K_t \cdot d \cdot f(v),$$

где K_t – энергетический фактор испарения, мм/мб; d – дефицит влажности воздуха, мб; $f(v)$ – функция, учитывающая влияние скорости ветра на испарение.

При этом, d и $f(v)$ характеризует аэродинамическую составляющую испарения, а K_t – энергетическую.

Энергетический (температурный) фактор испарения K_t учитывает нелинейность связи между E_0 и d . В зависимости от температуры воздуха он может быть рассчитан по формуле: $K_t = 0,0061(25+t)^2 / e_a$, где t –

температура воздуха за расчетный период, °С; e_a – упругость насыщенного пара, соответствующая этой температуре (табличное число), мб.

Дефицит влажности воздуха (дефицит упругости насыщения) принимается по данным метеорологических наблюдений или рассчитывается через относительную влажность воздуха по формуле: $d = e_a(91 - 0,01a)$, где a – относительная влажность воздуха за расчетный период, %.

Ветровую функцию можно определить по предлагаемой зависимости: $f(v) = 0,64(1 + 0,19v)$, где v – скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с.

Для построения модели биологических коэффициентов сельскохозяйственных культур использованы материалы Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства. Рассчитаны биологические коэффициенты сельскохозяйственных культур, которые привязаны к сумме накопленных температур воздуха выше 10 °С с момента посева с интервалом 200 °С, на основе систематизации данных научных исследований по изучению режима орошения сельскохозяйственных культур в различных агроклиматических зонах Казахстана [6].

Результаты и интерпретация. Биологические коэффициенты сельскохозяйственных культур, кроме их биологических особенностей, изменчивы во времени и пространстве. В связи с этим, при использовании биологических коэффициентов в районах с различным климатом, а также согласовании вегетационных периодов по фазам развития растений данный показатель привязывают к сумме температур за вегетационный период, а для календарной привязки коэффициентов используется температурная кривая $\bar{T}_i = \sum t / 1000$ [4, 5] (рис. 1 и 2).

При изучении зависимости между двумя признаками ($K_c = f(\bar{T})$) графический метод подбора вида уравнения регрессии достаточно нагляден, т.е. он основан на поле корреляции. На основании приведенной на рис. 1 кривой $K_c = f(\bar{T})$ можно сделать вывод, что биоклиматические коэффициенты сельскохозяйственных культур, кроме люцерны достигают максимальных значений в критические по отношению к влаге периоды вегетации растений и дальнейшее изменение этих показателей зависит от биологических особенностей культур, т.е. они убывают к концу вегетации. При этом, как видно на рис. 1, зависимость биологического коэффициента

кукурузы от температурной кривой хорошо описывается уравнением параболы третьей степени $y = -0,196x^3 + 0,501x^2 + 0,034x + 0,468$, с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,99$.

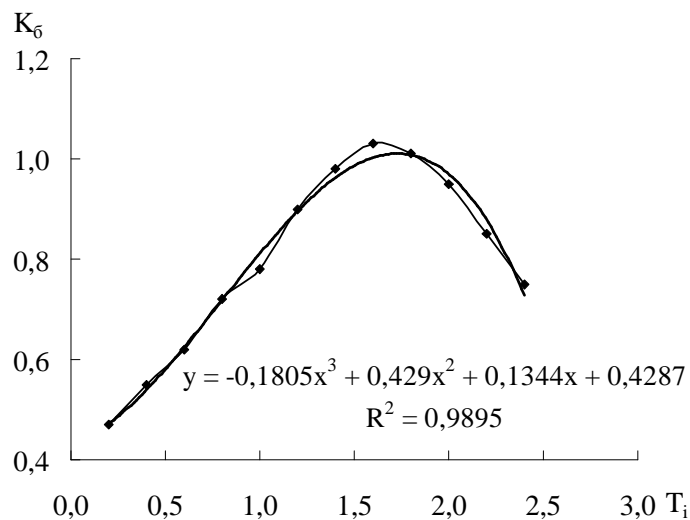


Рис. 1. Зависимость биологического коэффициента кукурузы (K_6) от температурной кривой ($\bar{T}_i = \sum t/1000$) в пустынной зоне Казахстана.

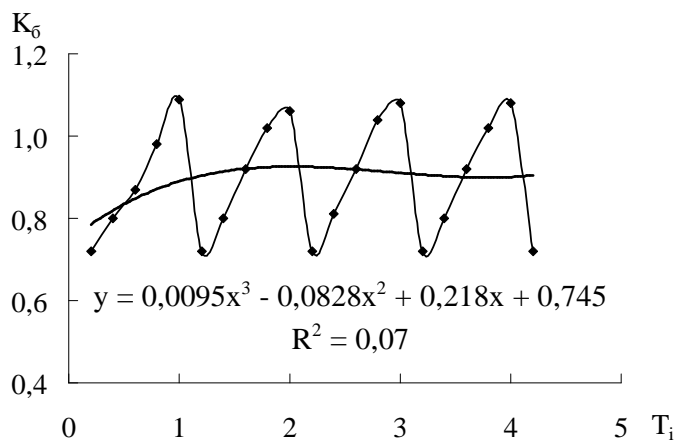


Рис. 2. Зависимость биологического коэффициента люцерны (K_6) от температурной кривой ($\bar{T}_i = \sum t/1000$) в пустынной зоне Казахстана.

Характер изменения биоклиматических коэффициентов покосных культур (люцерны) (рис. 2) резко отличается, т.е. у многолетних трав после

каждого укоса наблюдается снижение водопотребления и уменьшение биоклиматических коэффициентов, их значения после каждого укоса до следующего укоса увеличиваются, что связано с их биологической особенностью. В зависимости от биологических особенностей люцерны (многолетняя трава), этот процесс повторяется через одинаковые промежутки времени после каждого укоса, т.е. такие процессы называют колебательными. Полученное уравнение имеет вид параболы третьей степени $y = 0,042x^3 + 0,241x^2 + 0,406x + 0,302$, коэффициент корреляции очень низкий ($R^2 = 0,11$).

С другой стороны, если колебание биологического коэффициента люцерны в течение вегетационного периода считать гармоническим колебанием, т.е. колебания, при которых координата (смещение) тела изменяется со временем по закону косинуса или синуса, то оно описывается уравнениями:

$$X = X_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ или } X = X_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где X – координата тела (*смещение* тела из положения равновесия) в момент времени t ; X_m – амплитуда, максимальное смещение тела из положения равновесия (амплитуда колебания зависит только от начального отклонения, начальной энергии, сообщенной колебательной системе); ω – циклическая (или круговая) частота, число полных колебаний за промежуток времени Δt , равный 2π секунд; φ_0 – начальная фаза, определяет положение тела в начальный момент времени.

Следует отметить, что использование уравнения гармонического колебания, для аппроксимации биологического коэффициента сельскохозяйственных культур в некоторой степени усложняется введением в их структуры большого количества неизвестных параметров.

Для обеспечения простоты и надежности определения биологического коэффициента люцерны (многолетних трав), автором рассмотрено простейшее уравнение параболы третьей степени, путем построения биологических кривых по сумме накопленных температур воздуха между укосами (рис. 3), которые обеспечивают достаточно высокий коэффициент корреляции ($R^2 = 0,95$).

При этом следует учитывать, что для созревания люцерны требуется сумма температур не менее 800°C , тогда определение биологического коэффициента люцерны находится в пределах $0^\circ\text{C} < K_\phi < 800^\circ\text{C}$.

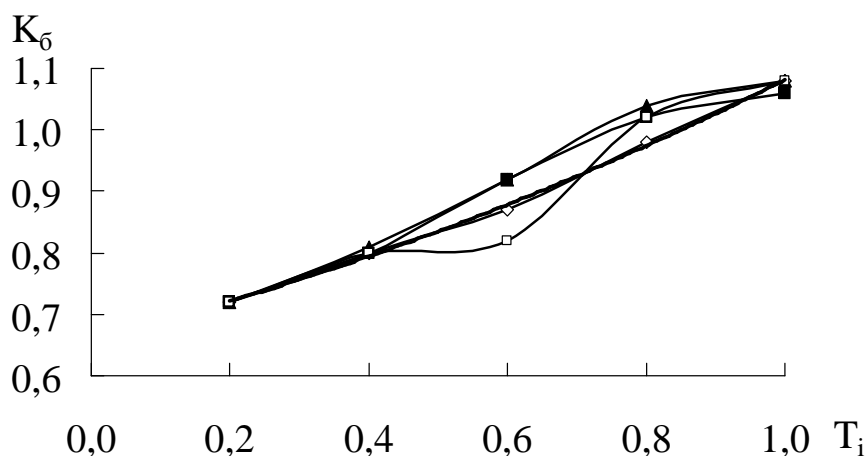


Рис. 3. Зависимость биологического коэффициента (K_6) от температурной кривой ($\bar{T}_i = \sum t/1000$) между укосами люцерны в лесостепной зоне Казахстана.

Эмпирическое изучение функциональной зависимости биологического коэффициента (K_6) сельскохозяйственных культур от температурной кривой ($\bar{T}_i = \sum t/1000$) представлено в виде функции регрессии:

$$K_6 = A \cdot \bar{T}^3 + B \cdot \bar{T}^2 + C \cdot \bar{T} + D,$$

где K_6 – условная средняя величина биологического коэффициента; $\bar{T}_i = \sum t/1000$ – безразмерная температурная кривая, характеризующая сумму температуры воздуха за вегетационный период в нарастающем итоге; A, B, C, D – параметры функции регрессии.

Аналитическая зависимость, полученная на основе теоретически обоснованных уравнений с использованием эмпирических параметров, позволяет учесть влияние изменчивости метеорологических условий, влагообеспеченности посевов на суммарное испарение в конкретные фазы развития сельскохозяйственных культур в различных агроклиматических зонах Казахстана.

На основе экспериментальных данных накопленных при изучении режима орошения сельскохозяйственных культур по физико-географическим зонам Казахстана получены параметры функции регрессии, характеризующей зависимость биологического коэффициента сельскохозяйственных культур от температурной кривой (табл.) [2].

Значения параметров биоклиматического коэффициента
сельскохозяйственных культур для орошаемых зон Казахстана

Природная зона	Культура	Параметр уравнения			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Лесостепная	Кукуруза	-0,444	1,197	-0,551	0,674
	Пшеница яровая	-1,649	2,589	-0,407	0,594
	Озимые колосовые	-3,252	5,646	-2,347	1,036
	Многолетние травы	-0,016	0,251	0,661	0,787
Степная	Кукуруза	-0,942	2,402	-1,315	0,756
	Пшеница яровая	-1,671	2,687	-0,505	0,584
	Картофель	0,092	-0,996	1,639	0,370
	Капуста	-0,403	0,736	0,310	0,467
	Бахчевые	0,077	-0,689	1,098	0,321
	Томаты	-0,480	0,938	0,046	0,540
	Озимые колосовые	+3,263	5,684	-2,361	1,020
	Многолетние травы	-0,584	0,935	0,055	0,735
Полупустынная	Кукуруза	-0,378	0,923	-0,219	0,523
	Пшеница яровая	-1,590	2,455	-0,324	0,535
	Озимые колосовые	-3,101	5,353	-2,155	0,973
	Многолетние травы	0,218	-0,341	0,406	0,637
Пустынная	Кукуруза	-0,196	0,501	0,034	0,468
	Сахарная свекла	-0,126	0,419	-0,065	0,529
	Пшеница яровая	-1,456	2,128	-0,080	0,469
	Картофель	0,228	-1,282	1,868	0,249
	Капуста	-0,121	0,139	0,563	0,403
	Бахчевые	-0,021	-0,105	0,461	0,419
	Томаты	0,197	-1,085	1,573	0,348
	Озимые колосовые	-2,581	4,308	-1,577	0,873
	Многолетние травы	0,918	-1,198	0,858	0,589
Пустынно-степная	Кукуруза	-0,160	0,368	0,142	0,495
	Сахарная свекла	-0,117	0,447	-0,179	0,632
	Пшеница яровая	-1,241	2,170	-0,482	0,678
	Озимые колосовые	-1,145	1,886	0,512	0,877
	Многолетние травы	0,553	-0,696	0,566	0,719
Предгорно-степная	Кукуруза	-0,201	0,570	-0,144	0,613
	Сахарная свекла	-0,042	0,206	0,017	0,632
	Пшеница яровая	-1,220	2,210	0,017	0,632
	Картофель	0,155	-1,027	-0,607	0,743
	Капуста	-0,136	0,203	0,492	0,445
	Бахчевые	-0,026	-0,085	0,446	0,436
	Томаты	0,261	-1,296	1,735	0,384
	Озимые колосовые	-1,284	2,211	-0,717	0,925
	Многолетние травы	0,601	-0,613	0,367	0,805

На основе приведенной системы уравнений биологических коэффициентов сельскохозяйственных культур можно создать информационное, методологическое и программное обеспечение, позволяющее решение задач прогнозирования режима орошения и норм водопотребности сельскохозяйственных угодий с применением геоинформационных систем (ГИС), для технологической поддержки принятия решений. При этом, база системы уравнений биологических коэффициентов сельскохозяйственных культур может стать ядром информационной модели при планировании мероприятий водопользования водохозяйственных систем на основе ГИС-технологий.

Таким образом, располагая количественными параметрами биоклиматических коэффициентов водопотребления сельскохозяйственных культур (табл.); данными наблюдений за осадками, температурой и влажностью воздуха; водно-физическими константами расчётного слоя почвы; агротехническими особенностями возделывания сельскохозяйственных культур; данными о сроках начала и окончания вегетации – возможно прогнозирование режимов орошения сельскохозяйственных культур для различных водохозяйственных зон Казахстана.

Заключение. Использование биологических кривых для нормирования водопотребности сельскохозяйственных культур – наиболее обоснованный и универсальный метод, который можно широко использовать при мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данильченко Н.В. Биоклиматическое обоснование суммарного водопотребления и оросительных норм // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – №4. – С. 25-29.
2. Жидекулова Г. Информационно-программное обеспечение управления орошением в Казахстане. – Тараз: 2015. – 259 с.
3. Константинов А.Р., Струнников Э.А. Нормирование орошения: методы и оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 1 – С. 20-28. – № 2 – С. 33-42.
4. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. – Алматы: Гылым, 1997. – 358 с.
5. Мустафаев Ж.С., Гололобов В.И. Расчет режима орошения сельскохозяйственных культур на ЭВМ-СМ4-20 // Вестник сельскохозяйственных наук Казахстана. – 1988. – №6. – С. 82-86.

6. Оросительные нормы сельскохозяйственных культур в Казахстане. – Джамбул: 1981. – 78 с.

Поступила 17.08.2015

Техн. ғылымд. канд. Г.Е. Жидеқұлова

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ӘРТҮРЛІ АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЫНДА
АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ БИОКЛИМАТТЫҚ
КОЭФФИЦИЕНТІН ҮЛГІЛЕУ**

Қазақстанның әртүрлі агроклиматтық жағдайында ауылшаруашылық дақылдарының суғару тәртібін зерттеуге арналған мәліметтерді жүйелік зерттеудің негізінде, ауылшаруашылық жерлердің суды тұтыну мөлшерін анықтауды ақпараттық, әдістемелік және жобалық түрде қамтамасыз етуге арналған ауылшаруашылық дақылдарының биоклиматтық коэффициентінің үлгісі құрылған.

ӘӨЖ 504.455.06

Геогр. магистрі, PhD докторант	А.А. Жакупов *
Геогр. ғылымд. докторы	Г.М. Джаналеева *
Геогр. ғылымд. докторы	О.Б. Мазбаев
Геогр. ғылымд. докторы	М.Н. Мусабаева
Геогр. ғылымд. докторы	Қ.Т. Сапаров

БАЯНАУЫЛ МЕМЛЕКЕТТІК ҰЛТТЫҚ ТАБИҒИ САЯБАҒЫНЫҢ ГИДРОГРАФИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІНЕ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

*КӨЛДЕР, ГИДРОГРАФИЯЛЫҚ ЖҮЙЕ, СУДЫҢ
ЛАСТАНУШЫЛЫҚ ИНДЕКСІ, ШЕКТІ РАУАЛЫ
КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ, СУДЫҢ САПАСЫ, ЭКОЛОГИЯЛЫҚ
ЖАҒДАЙЫ, ГИДРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ*

Бұл мақалада Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының құрамына енетін көлдер суының сапасы мен құрамының қалыптасу ерекшеліктері және көлдердің су сапасына жүргізілген гидрохимиялық зерттеулер қарастырылады. Сонымен қатар ҚР Тұтынушылардың құқықтарын қорғау агенттігі «Павлодар облыстық санитарлық-эпидемиологиялық сараптама орталығы» РМҚК мен «ҚР қоршаған орта және су ресурстары министрлігі экологиялық реттеу және бақылау комитетінің Павлодар облысы бойынша комитетінің Павлодар облысы бойынша экология департаменті РММ» зертханалық-талдамалық бақылау бөлімінде гидрохимиялық көрсеткіштері арқылы Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының көлдерінің қазіргі экологиялық жағдайы бағаланған.

Кіріспе. Баянауыл тауларының солтүстік-шығыс, солтүстік-батыс беткейлерінен, солтүстігінде Ақбет тауларынан, батысында – Аққарағай, Шибет, Өгелең, оңтүстігінде – Нияз тауынан ағып шығатын көптеген өзендер және көлдер көрсетілген. Су жинау алабының таулы бөлігінде бұлақтар бастауын реттейтін және шағын ағынсулардың басында тұрақты беттік ағысы бар бұлақтар мен сарқыншалар күйінде сулар шығып

* Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

жатады. Ұсақ көлдері аласа жерлерде уақытша суайрықтарда және ірі көлдері жағалай орналасқан. Баянауалық көлдер тобына керемет беткейлі жағалаулар тән. Көлдердегі су ағынына жауын-шашынды көп алатын көлді қоршаған кеңістіктен көлге қарай беткейлермен су жылдам ағып, жарықтар арқылы ішкері енетін кристалды жыныстар көлге тұрақты жер асты ағынсу түрінде түседі. Сондықтан суы тұщы, терең көлдер айтарлықтай қатпайды [3, 4].

Зерттеу мақсаты мен әдістемесі. Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының құрамына енетін көлдерге гидрохимиялық талдамалар жүргізе отырып, оның қоршаған ортаны қорғау мәселелері мен көлдердің қазіргі жағдайын зерттеу.

Баянауыл мемлекеттік ұлттық саябағының табиғи ландшафттардың экологиялық жағдайы, антропогендік әсерін зерттеу үшін материалдарды жинау келесі әдістермен жүргізілді: салыстырмалы, маршруттық, жазғы дала жұмыстары, зертханалық-талдамалық жұмыстар. Табиғи жүйелердің типологиялық бірлігі анықталды далалық зерттеулер барысында, олардың сипаттамасы жасалды.

Жер үсті сулардың сапасын бақылау Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының құрамына енетін көлдердің 5 су нысанының 15 гидрохимиялық тұстамаларына жүргізілді. Олар: Павлодар облысы Баянауыл ауданындағы Жасыбай көлі (орталық жағажай), Сабындыкөл («Баянтау», «Факел» демалыс орындары), Торайғыр көлі (ауыл маңы, Торайғыр көлінің демалыс үйіне қарама-қарсы), Біржанкөл (ауыл маңы, солтүстік бағыт), Шалқаркөлдері (Қойтас, Желтау аймағы). Жер үсті суы нысандарының және ағынды су үлгілерін зерттеу РМҚК «Павлодар облыстық санитарлық-эпидемиологиялық сараптама» орталығының зертханасында жасалды (Сурет 1).

Зерттеу нәтижелері. 2014 жылы Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының құрамына енетін көлдердің беттік суларының сапасына гидрохимиялық көрсеткіштер бойынша негізгі өлшемі ретінде рекреациялық ресурстар аймағының су айдындары үшін ластаушы заттардың шекті рауалы шоғырлануына (ШРШ) талдамалар жасалды.

Жер үсті суларының ластану деңгейі судың ластануының кешенді индексінің (КИЗВ) шамасы бойынша бағаланады, бұл индекс су сапасының өзгеру динамикасын салыстыра анықтау үшін пайдаланылады.

Баянауыл таулы аумағының гидрографиялық жүйесіне келсек, сулары мөлдір әрі тұщы, көлемдері үлкенді-кішілі келген, тау

қойнауларының бөктерлерінде орналасқан, жалпы акваториясы 15,3 м² құрайтын 9 көлден, қысы-жазы тау сайларымен ағатын 21 ұзынды-қысқалы тау бұлақтарынан тұрады. Таулы алқаптарда жерасты су қорлары айқындалған. Өзендердің алаңдары мен ойпатты жерлерден бұрғыланған 360 терең скважиналардың 10-нан астамы 15...20 дм³/с деңгейдегі мол су көздерін ашқан. Көлдер турасында Аббас Айманұлы: «Мойылды, Қырықшыдан Жаманаулаға дейін әр түрлі салалы бұлақ басы бар. Бұлақ таудан шығады. Аяғы жиылып саз болып шабындыққа себепкердей болады. Өзінде айтулы төрт үлкен көл бар. Бірі Баянауыл дуанының қасында. Сабындыкөл, Жасыбайкөл, Торайғыр көлі және Жаман ауылының көлі. Үшбу көлдердің пайдасы тау қыстайтындарға аз. Себебі, құр шабындық шығатын жерлерін алып жатқаннан басқа. Не өздерінде балық жоқ», – деп жазды [1].



Сурет. 1. Зертханада гидрохимиялық талдамалар жасалуда.

Сабындыкөл. Сабындыкөлге тау жотасының түстігінен бес салалы Үре, Тайым, үш салалы Қарабұлақ, Орта бұлақ, Қатпас бұлақтары келіп құйса, бұл көлден «Ақбілек», «Кіші» өзендері бастау алады. Сабындыкөлде шабан, алабұға, маңқабұға, қарабалық, шортан секілді балық түрлері бар. Сабындыкөл жағасы – серуен орны, демалатын жер. Жазда балық аулаушылар мен демалатындар көп болса, қыста балалардың сырғанақ алаңына айналады.

Көлдердің ең үлкені Сабындыкөл, көлемі 7,4 км², яғни 347 га жерді алып жатыр. Көлдің орташа тереңдігі 6 м, ал ең терең жері 9,5...10 м. Көлдің

жағалауы құмдақты алювиальды жыныстардан тұрады. Сабындыкөл Баянауыл селосының маңында орналасқан. Су жинау алабы 95,9 км², су жинау алабын бөліп тұрған суайрық жоталарының биіктігі 50-ден 1022 метрге дейін барады. Суы тұщы, су деңгейінің өзгеруі құбылмалы, орташа деңгейінің жылдық ауытқуы 0,6 м, ал максимальды жылдық ауытқуы 2,7 метрге дейін барады. Орман алқаптары су жинау алқабының 75 %-ын құрайды, шамамен 4...5 %-ы батпақты-сортаң жерлер [2].

Жасыбай көлі (байырғы аты – Шойынды көл). Жасыбай көлінің су бетінің ауданы – 3,7 км², яғни 309 га жерді алып жатыр, ең терең жері 14...14,5 м, су айдынының басым бөлігінің тереңдігі 9...10 м, суы тұщы. Суы мөлдір, түбіндегі тастардың қиыршықтары ап-анық көрініп жатады. Көлдің тарихи аты қазақтың біртуар батыры Жасыбайдың есімімен байланысты. Бұл көл Баянауыл МҰТС-та орналасқан көлдердің ішінде өзінің көркемдігімен, әсем бейнесімен ерекшеленеді. Жасыбай көлі Ақбеттау мен Өгелең тауының аралығында орналасқан. Су жинау алабы 31,2 км² құрайды, су жинау алабындағы орман алқаптары 90 %-ға жуық жерді алып жатыр. Су айдыны тауаралық тектоникалық қазаншұңқырлармен сипатталады. Көлдің орналасу көрінісі алмұрт пішінді болып келеді. Көлдің оңтүстік-батыс бөлігінде жартасты арал (100...300 м) орналасқан. Терістіктегі Жасыбай көліне Күркелі мен Қарабұлақ келіп құйып, көлден шыққан су ағысы Жанбақы бұлағымен қосыла терістікке ағады. Жасыбайда алабұға, шортан, шабақ, қарабалық кездеседі. Жасыбай көлінің жағалауында туристерді қабылдайтын демалыс орны орналасқан [6].

Торайғыр көлі су бетінің ауданы – 1,9 км², яғни 10² га жерді алып жатыр. Ең терең жері – 11 м, ал орташа тереңдігі 7,5...8 м. Суы әлсіз тұзды. Торайғыр көлінде алабұға, табанбалық, мұрттыбалық және ақ амур кездеседі.

Біржанкөлі су бетінің ауданы 1,0 км², яғни 47 га жерді алып жатыр. Тереңдігі 4,5...5,0 м. Біржанкөлде алабұға мен сарышабақ көп тараған. Бұл көлде су көлігі еркін жүре алады. Осы төрт көл ұлттық саябақ территориясында рекреациялық мақсатта жұмыс атқаратын негізгі көлдер болып табылады (Сурет 2).

Баянауыл ауданының аумағында орналасқан бірнеше тау сілемдері биік адырларды құрайды. Осы тау жоталарынан көптеген тау бұлақтарының көздері бастау алып, бірнеше кіші өзендерге ұласады. Солардың қатарындағы Шідерті, Балашідерті, Қаращы саласымен, Ащысу,

қос салалы Еспе өзендері терістікке ағып, біртіндеп беттерін түстікке бұрып, аудан өлкесін бөліп өтеді.



Сурет. 2. Далалық зерттеу тәжірибесі кезінде.

Саябақ аумағында бірнеше су ағындары кездеседі. Олар: Шетеспе, Қынды, Тайлақ, Тасбұлақ, Қисық өзек, Үре, Мойылды және Малдыбұлақ таулы жоталарының терістігінен, батыс, түстік және шығыс бағыттарын құлай ағады да, көптеген көкорай шалғын қорықтары құрайды. Қамбасор ұзды көліне құятын Шетеспе ағынсуының БМҰТС аумағындағы ұзындығы 10 км құрайды. Ал Қынды өзені бес ірілі-ұсақты бұлақтардың қосылуынан құралады. Саябақтың аумағынан ағып өтер ұзындығы 26 шақырымға жуық. Жазда бұл бұлақ құрғап қалады, орта және төменгі ағысында қалдықты су сақталады. Малдыбұлақ ағынсуы Баянаула тауының солтүстік-шығыс беткейіне құлайды да, ащы аңғарда өз ағынын жоғалтады. Бұлақтың ұзындығы 7 км құрайды.

Көшет бұлағы Сабындыкөлді қоректендіретін негізгі су ағыны болып табылады. Бұлақтың жалпы ұзындығы 3 км. Ағынның суы орта бөлігінде шілде айының ортасына дейін сақталады. Тасбұлақ су ағыны (Шетеспенің солтүстігінде) 600 м биіктікте саябақ аумағындағы бұлақ сулары есебінен, құралады. Бұлақтың ұзындығы 6 км шамасында. Осы саябақ аумағында кездесетін ағынсулар (бұлақтар) шомылуға қолайсыз болып келеді.

Аудан аумағынан өтетін әр түрлі өзендер мен бұлақтардың бірі «Әулие бұлақ». Әулиелі бұлақ суының химиялық құрамында қажетті мөлшерде иод, фтор және натрий бар. Бұлақ суы өте бағалы, асқазанға шипалы «асханалық су» болып саналады. «Әулие бұлақ» аталуы да суының қасиетіне байланысты [5].

Сарыарқаның солтүстік-шығыс бөлігіндегі Қарағанды мен Павлодар облыстарының шекарасындағы ендік бағытта созылып жатқан Желтау қыратына зерттеулер жасалды. Ұзындығы 25...30 км, ені 5...8 км. Абсолюттік биіктігі 959 м. Таулы қырат төменгі девонның эффузивтерінен түзілген. Солтүстігі жыралармен қатты тілімденген, оңтүстік тау беткейі көлбеу орналасқан. Солтүстігі кішігірім көлдерге барып тіреледі. Тау беткейлерінде бетеге, жырыларда қарағай, итмұрын өседі. Таудың батыс жағынан Қарқаралы – Баянауыл автомобиль жолы өтеді. Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының құрамына кейінгі жылдары енген Желтау қыраты маңында теңіз деңгейінен 620...621 м биіктікте Шалқаркөл көлі орналасқан. Шалқаркөлдің бір бөлігі ащы, ал екінші бөлігі тұщы болып келеді. Солтүстік-батысы жарлы; ал қалған жағалары жазық. Солтүстік жағалауы абразияға ұшыраған. Жамылғысы тасты, ал мөлдірлігі кейбір жерлері лайлы, кейбір жерлері таза болып келеді.

Жасыбай көлінде сутегінің көрсеткіші (рН) – 7,9. Жалпы кермектігі – 4,3 моль/дм³. Жер беті суқоймаларының ШРШ нормативтерінің асырылуы құрамы құрғақ қалдық, ХПК (Оттегінің химиялық тұтынуы), ОБҚ, марганец, мұнай, бойынша анықталған. Сабындыкөлде судың температурасы – 20 °С, сутегінің көрсеткіші (рН) – 7,9. Жалпы кермектігі – 4,8 моль/дм³. Жер беті суқоймаларының ШРШ нормативтерінің асырылуы ХПК (Оттегінің химиялық тұтынуы), ОБҚ, марганец, мұнай, фтор құрамы бойынша анықталған.

Біржанкөл көлінде су үлгілерін алу барысында судың температурасы – 18,0 °С, сутегінің көрсеткіші (рН) – 8,5. Жалпы кермектігі – 5,0 моль/дм³. Жер беті суқоймаларының ШРК нормативтерінің асырылуы ХПК, БПК, мұнай, марганец, темір, фтор құрамы бойынша анықталған.

Шалқаркөл көлінде су үлгілерін алу барысында судың температурасы – 18,0 °С, сутегінің көрсеткіші (рН) – 8,5. Жалпы кермектігі – 175 моль/дм³. Жер беті суқоймаларының ШРШ нормативтерінің асырылуы ХПК, БПК, жалпы кермектігі, жалпы темір, хлоридтер, сульфаттар құрамы бойынша анықталған (Кесте).

Қорытынды. Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының құрамына енетін көлдердің гидрохимиялық көрсеткіштері бойынша тоқтасақ, Жасыбай, Сабындыкөл, Торайғыр көлдерінің жер беті суқоймаларының ШРК нормативтерінің асырылуы құрғақ қалдық, ХПК

(Оттегінің химиялық тұтынуы), БПК, марганец, мұнай құрамы бойынша анықталған.

Кесте

Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының құрамына енетін көлдердің гидрохимиялық көрсеткіштер бойынша сапа жағдайы

Көлдiң атауы	Судың ластану индексі (СЛИ) – су сапасының сипаттамасы		2014 жылы ШПК-дан артқан ластаушы заттардың құрамы		
	2013	2014	Қоспалар	Орташа концентрация, ШРШ мөлшері мг/дм ³	ШРШ-дан арту еселігі
Жасыбай көлі	Қалыпты деңгейде ласт/ған	Қалыпты деңгейде ласт/ған	Мұнай өнімдері	0,1	0,5
			Оттегінің химиялық тұтынуы	15	18
			ОБҚ	3,0	6,4
			Марганец	0,01	0,05
			Фтор	1,5	11,3
Сабындыкөл	Орташа деңгейде ласт/ған	Орташа деңгейде ласт/ған	Мұнай өнімдері	0,1	0,5
			Фтор	1,5	9,9
			Оттегінің химиялық тұтынуы	15	21
			ОБҚ	3,0	8,0
			Марганец	0,01	0,06
Торайғыр	Орташа деңгейде ласт/ған	Орташа деңгейде ласт/ған	Мұнай өнімдері	0,1	0,5
			Фтор	1,5	23,6
			Тұзды аммоний	0,5	0,53
			Оттегінің химиялық тұтынуы	15	91
			ОБҚ	3,0	4,9
Біржанкөл	Ласт/ған	Ласт/ған	Мұнай өнімдері	0,1	0,13
			Фтор	1,5	7,9

Көлдiң атауы	Судың ластану индексі (СЛИ) – су сапасының сипаттамасы		2014 жылы ШРК-дан артқан ластанушы заттардың құрамы		
	2013	2014	Қоспалар	Орташа концентрация, ШРШ мөлшері мг/дм ³	ШРШ-дан арту еселігі
			Оттегінің химиялық тұтынуы	15	87
			ОБҚ	3,0	6,2
			Жалпы темір	0,3	0,46
			Марганец	0,01	0,010
Шалқаркөл	Ласт/ған	Ласт/ған	Оттегінің химиялық тұтынуы	30	89
			ОБҚ	3,0	6,4
			Жалпы кермектігі	7,0	175
			Жалпы темір	0,3	0,35
			Хлоридтер	350	7632
			Сульфаттар	500	7174

Сонымен қатар Біржанкөлінің жер беті суқоймаларының ШРК нормативтерінің асырылуы мұнай өнімдері, фтор, ХПК (Оттегінің химиялық тұтынуы), ОБҚ, марганец, жалпы темір құрамы бйынша анықталған. Ал Шалқаркөлдiң гидрохимиялық көрсеткіштерінің ШРШ нормативтерінің асырылуы ХПК (Оттегінің химиялық тұтынуы), ОБҚ, жалпы кермектігі, құрамында кездесетін темір, хлоридтер, сульфаттар анықталған.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Айманұлы Аббас. Баянауладан хат // Дала уалаяты газеті. – 1890. – №18. – 5-7 б
2. Алпысбес М. А., Аршабек Т.Т., Қасен Е.Б., Кейкі Е.Қ. Көне Көктау, байырғы Баянаула байтағының тарихы. 58-60 б.
3. Жакупов А.А. Баянауыл мемлекеттік ұлттық табиғи саябағында экотуризмді дамытудың қажеттілігі // «Сейфуллин оқулары-11: Жастар және ғылым» атты респуб. Ғылыми-теориялық конференц.

- ғылыми мақалалар жинағы – Астана: С. Сейфулин ат. ҚазАТУ, Том 2. – 2015. 251-255 б
4. Жакупов А.А. Баянауыл ұлттық саябағының ландшафттық-экологиялық жүйелері // «Географияның теориялық және қолданбалы мәселелері» атты III халықаралық ғылым конференц: ғылыми мақалалар жинағы – Астана: Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ, Том 2. – 2014. – 162-166 б.
 5. «Комлесрыбоохотхоз» БГНПП «отчет» о научно-исследовательской, культурно-просветительской, природоохранной, рекреационной, туристической и ограниченно-хозяйственной деятельности за 2013. Шонай, 2014.
 6. Zhakupov A.A., Atasoy E. An Evaluation of recreational potential of BSNNP in order to increase the touristic image of the Pavlodar region. Oxidation communications. (Tomson Reuters баспасы) Vol. 37. – № 3. – 2014. – 871-872 pp.

Поступила 11.05.2015

Магистр геогр., PhD докторант	А.А.Жакупов
Доктор геогр. наук	Г.М. Джаналеева
Доктор геогр. наук	О.Б. Мазбаев
Доктор геогр. наук	М.Н. Мусабаева
Доктор геогр. наук	К.Т. Сапаров

ГИДРОГРАФИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА БАЯНАУЛ

В данной работе рассматривается качество и особенности формирования состава воды озер Баянаульского государственного национального природного парка. Были проведены гидрохимические исследования качества воды озер. В отделе лабораторно-аналитического контроля РГКП «Павлодарский областной центр санитарно-эпидемиологической экспертизы» и «Департаменте экологии по Павлодарской области» были определены гидрохимические показатели воды озер Баянаульского государственного национального природного парка.

УДК 551.482.1

О.В. Савинкова *

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО ВОД ОЗЕР СЛАДКОЕ И ТРАВЯНКА ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ В 2014 Г.*СТЕПНЫЕ ОЗЕРА, ВОДОЕМ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, БИОГЕННЫЙ СОСТАВ, ОСНОВНЫЕ ИОНЫ, ТОВАРНОЕ РЫБОВОДСТВО*

Проведен гидрохимический анализ степных озер Павлодарской области. Изучено содержание основных и биогенных ионов. Определена формула химического состава воды. Сделан вывод о пригодности использования озер для товарного рыбоводства.

В Павлодарской области насчитывается 1200 больших и малых озёр, при этом около сотни из них пресные, а остальные солёные. В 2014 году были проведены комплексные исследования двух степных озер – оз. Сладкое и оз. Травянка. Оценена возможность использования данных водоемов в товарном рыбоводстве.

Озеро Сладкое расположено в Щербактинском районе, в непосредственной близости расположено солёное озеро Маралды. Озеро имеет неправильно овальную форму, берега низкие, частично заболоченные, поросшие луговой растительностью, со стороны солёного озера – солончаковой. Питание водоема родниковое, средняя глубина озера составляет 2 м.

Озеро Травянка расположено в Успенском районе. Неправильно-овальной формы, берега низкие, заросшие тростником. Основными источниками питания являются атмосферные осадки и подземные воды, поступающие из 3-х артезианских скважин, расположенных вокруг водоема. Средняя глубина составляет 3,5 м.

Условия жизнедеятельности населяющих водоем гидробионтов оценивались с помощью гидрохимических показателей, которые включали определение газового состава, физико-химических параметров, содержание органического вещества, ионного и биогенного составов. Химический состав и свойства воды определялись по общепринятым в гидрохимии методикам [1, 2].

Гидрохимические исследования на степных озерах Павлодарской области проводились в конце мая и в конце июля 2014 г. Пробы воды

* Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш

отбирались из поверхностного слоя. В период наблюдений температура воды колебалась в следующих пределах: в мае – от 14,16 до 15,4 °С, в июле – от 20,8 до 21,02 °С.

Содержание кислорода – один из важнейших показателей газового режима водоема. Кислородный режим оз. Сладкое был неблагоприятным для жизнедеятельности гидробионтов. Содержание растворенного кислорода в воде оз. Травянка было удовлетворительным, что обусловлено наличием высшей водной растительности и протекающими процессами фотосинтеза.

Активная реакция среды (водородный показатель рН) – важнейший показатель качества природных вод. На момент исследований, в весенний и летний периоды, характеризовалась как щелочная и составила 8,6...8,8, превышение ПДК_{рыбхоз} составило 1,03 раза.

Цветность воды – показатель, обусловленный наличием в воде гуминовых и фульвокислот, их растворимых солей, а также присутствием соединений железа. Цветность воды степных озер варьировала в пределах от 23,2 до 97,1° платиново-кобальтовой шкалы. Максимальные значения цветности воды фиксировались в оз. Травянка – 86,6...97,1° платиново-кобальтовой шкалы.

Перманганатная окисляемость – обобщенный показатель, характеризующий содержание в воде легкоокисляемых органических и некоторых неорганических соединений (нитриты, сульфиты, двухвалентное железо). Содержание органического вещества (по перманганатной окисляемости) было средним и находилось в интервале от 7,0 до 12,0 мгО/дм³.

К числу главных ионов, содержащихся в природных водах, относятся ионы Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ .

Главные ионы (или макрокомпоненты) определяют химический тип воды. Микрокомпоненты содержатся в водах в гораздо меньших количествах и не определяют химического типа воды. В соответствии с классификацией вод по жесткости, вода оз. Травянка характеризовалась как мягкая, оз. Сладкое – умеренно жесткая. Значение общей минерализации колебалось от 772,9 до 1252,6 мг/дм³. Вода оз. Сладкое относится к категории умеренно пресных, оз. Травянка – слабосоленоватых вод. Оба озера принадлежат к устойчивому гидрокарбонатному классу, с резко выраженным преобладанием ионов натрия над магнием и кальцием.

Содержание главных ионов воды степных озер Сладкое и Травянка представлены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание главных ионов в воде оз. Сладкое и оз. Травянка Павлодарской области в 2014 г.

Гидрокарбонаты, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³	Кальций, мг/дм ³	Магний, мг/дм ³	Калий, натрий, мг/дм ³	Общая минерализация, мг/дм ³
<i>оз. Сладкое</i>						
372,1	70,0	115,9	24,5	33,15	163,45	794,15
<i>оз. Травянка</i>						
544,5	110,8	129	20	8,2	326,6	1139

Солевой состав воды оз. Сладкое и оз. Травянка отображается формулами:

$$\text{оз. Травянка} \quad M_{1,14} \frac{HCO_3 61 Cl 21 SO_4 18}{Na 89 Ca 6 Mg 4}$$

$$\text{оз. Сладкое} \quad M_{0,78} \frac{HCO_3 58 SO_4 23 Cl 19}{Na 64 Mg 25 Ca 11}$$

Основными источниками поступления иона хлора в данные водоемы являются содержащиеся в почвах данной местности хлористые минералы (галит NaCl, сильвин KCl и др.). В воде водоемов анионы хлора преимущественно уравниваются катионами Na⁺ (NaCl), меньше Mg²⁺ (MgCl₂) и Ca²⁺ (CaCl₂) и в незначительном количестве – K⁺ (KCl). Поверхностные и грунтовые воды обогащаются сульфатами при выщелачивании солончаков, содержащих кроме галита гипс (CaSO₄·2H₂O) и мирабилит (Na₂SO₄·10H₂O).

Одним из важнейших пунктов в определении качества воды, является определение наличия и концентрации в ней соединений азота. Из неорганических соединений азота в природной воде встречаются ионы аммония (NH₄⁺), нитритные (NO₂⁻) и нитратные (NO₃⁻) ионы. Предельно допустимая концентрация в воде водоемов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рыбхоз}) установлена в размере 0,5 мг/дм³ в виде иона NH₄⁺ (лимитирующий показатель вредности – санитарно-токсикологический). Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм³ снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Повышенная концентрация ионов

аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесс загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь бытовыми и сельскохозяйственными стоками. Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления NO_2^- в NO_3^- , что указывает на загрязнение водного объекта, т.е. является важным санитарным показателем.

В июле в воде оз. Травянка отмечено превышение норм по аммонийному ($3,8 \text{ ПДК}_{\text{рыбхоз}}$) и нитратному азоту ($1,6 \text{ ПДК}_{\text{рыбхоз}}$), в остальное время содержание биогенных ионов в данных водоемах было в пределах допустимого. Соединения фосфора, хотя и находятся в природных водах в ничтожных количествах (сотые и десятые доли мг/дм^3), имеют однако исключительно важное значение для развития растительной жизни, являясь зачастую одним из факторов, лимитирующих и определяющих развитие растительных организмов (лимитируют продуктивность водоемов).

Содержание фосфат-ионов изменялось в пределах $0,19 \dots 0,93 \text{ мг/дм}^3$, максимальная концентрация отмечена в воде оз. Травянка, что указывает на активно протекающие процессы эвтрофирования.

Таблица 2

Результаты исследований гидрохимического режима оз. Сладкое и оз. Травянка Павлодарской области в 2014 г.

Дата отбора	Растворенный кислород		Биогенные соединения, мг/дм^3				Органическое вещество, мгО/дм^3	Минерализация воды, мг/дм^3
	мг/дм^3	%	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	PO_4^{3-}		
	Оз. Сладкое							
30.05	4,4	43,1	0,00	0,04	1,30	0,30	7,4	815,4
	Оз. Травянка							
31.05	7,4	74,0	0,00	0,05	1,84	0,93	7,0	1025,3
	Оз. Сладкое							
24.07	1,3	15,1	0,15	0,06	0,73	0,19	12,0	772,9
	Оз. Травянка							
25.07	5,3	60,1	1,91	0,13	2,93	0,92	9,4	1252,6

Таким образом, оз. Сладкое и оз. Травянка, обследованные в 2014 г., характеризуются постоянным гидрологическим режимом. Водоемы имеют небольшие площади, умеренное развитие растительности. Состояние кормовой базы неоднозначно: высокое – по зоопланктону и низкое – по бентосу. Основ-

ные гидрохимические показатели воды оз. Травянка в пределах нормы, что позволяет использовать данный водоем для развития товарного рыбоводства. Гидрохимический режим оз. Сладкое менее стабилен, здесь возможно развитие замороопасных явлений при снижении гидрологического уровня водоема. При решении вопроса по увеличению содержания растворенного кислорода (удаление загрязненных отложений, интенсивную аэрацию воды и создание искусственного водооборота) данный водоем так же может быть использоваться для развития товарного рыбоводства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алёкин О.А. Методы исследования физических свойств и химического состава воды // Жизнь пресных вод СССР – М.-Л.: АН СССР, 1959. – Т. IV. – Ч. 2. – 302 с.
2. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
3. ГОСТ 17.1.2.04 – 77 Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 18 с.
4. Правила использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ: Утв. Пред. Ком. по вод. рес. Мин. ПриООС РК. – Алматы, 2002. – 60 с.
5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 542 с.
6. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
7. Богомоллова Т.Г., Брянская Ю.В. Потребление кислорода донными отложениями в водных источниках. Научные труды на XIII Между-нар. Межвузовск. научно-практич. конф. «Строительство – формирование среды жизнедеятельности». 14-21 апр. 2010 г. М: изд-во АСВ, с.257-261.

Поступила 26.06.2015

О.В. Савинкова

2014 ЖЫЛЫ ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНЫҢ ТРАВЯНКА ЖӘНЕ СЛАДКОЕ КӨЛДЕРІ СУЛАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН САПАСЫ

Павлодар облысының далалық көлдеріне гидрохимиялық талдау жүргізілді. Негізгі және биогендік иондардың құрамы зерттелді. Судың химиялық құрамының формуласы анықталды. Тауарлық балық аулаудағы көлдерді пайдаланудың жарамдылығы бойынша қорытынды жасалды.

УДК 504.05

Б.К. Акмолдаева *
К.Б. Зулпыхаров *
Н. Хамидов *

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ЗЕМЛЯ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ДЕГРАДАЦИЯ, ОПУСТЫНИВАНИЕ, ДЕ- ФЛЯЦИЯ, ЭРОЗИЯ, НАРУШЕННЫЕ ЗЕМЛИ

В статье рассмотрены проблемы экологического состояния земельных ресурсов, природные и антропогенные факторы нарушения и загрязнения земель. В результате хозяйственной деятельности человека происходят изменения во всех компонентах природной среды и в том числе в почвенном покрове. Неблагоприятные последствия хозяйственной деятельности человека в среде обитания оказывают негативное влияние на состояние земельных ресурсов.

Земельные ресурсы – важнейший компонент природных ресурсов любой страны, определяющий социально-экономическое богатство государства. В связи с этим возрастает проблема их рационального использования и охраны от загрязнения и деградации.

Сверхнормированные нагрузки на землю приводят к развитию негативных процессов в почвах, ухудшению их свойств, снижению продуктивности растительности природных кормовых угодий, т.е. к деградации земель.

Деградация земель представляет собой совокупность процессов, приводящих к изменению её состояния, как элемента природной среды, количественному и качественному ухудшению ее свойств и режимов, снижению природно-хозяйственной значимости.

Деградация земель в результате эрозии, загрязнения, обезлесивания, засоления вызвана как природно-климатическими факторами, так и антропогенной деятельностью.

Основные климатические показатели, механический состав покровных отложений, исходное засоление почвообразующих и подстилающих пород создают условия для природной деградации почв.

* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

Засоление, заболачивание, перевыпас, ирригационная эрозия, вырубка древесно-кустарниковой растительности, техногенная нагрузка относятся к антропогенным факторам деградации земель [2].

Степень деградации земель характеризуется пятью уровнями:

- 0 – не деградированные;
- 1 – слабо деградированные;
- 2 – средне деградированные;
- 3 – сильно деградированные;
- 4 – очень сильно деградированные.

Эрозия представляет собой разрушение почвенного покрова под действием поверхностного стока и ветра с последующим перемещением почвенного материала.

Под ветровой эрозией (дефляцией) понимается захват и перенос частиц поверхностных слоев почв ветровыми потоками, приводящий к разрушению почвенного покрова. Ветровая эрозия почв на территории республики распространена повсеместно, но ее наибольшее проявление наблюдается на землях, представленных карбонатными почвами и почвами легкого механического состава.

Около 5 млн. га площадей сельскохозяйственных угодий, подверженных ветровой эрозии находятся в Алматинской области, 3,1 млн. га – в Атырауской и Южно-Казахстанской, 2,8 млн. га в Кызылординской, более чем по 2,0 млн. га в Жамбылской и Актюбинской областях.

Наибольшая доля эродированных сельскохозяйственных угодий (более 30 % от общей площади) находится в Алматинской, Атырауской и Южно-Казахстанской областях. Наименьший удельный вес эродированных земель (до 5 %) в составе сельскохозяйственных угодий числится в Акмолинской, Карагандинской, Костанайской и Северо-Казахстанской областях.

Водная эрозия представляет собой разрушение почвенного покрова под действием поверхностных водных потоков и проявляется в плоскостной и линейной форме. Плоскостная водная эрозия проявляется в виде смывности поверхностных горизонтов (слоев) почв. Линейная (овражная) эрозия представляет собой размыв почв и подстилающих пород, проявляющихся в виде формирования различного рода промоин и оврагов. Ирригационная эрозия – один из видов водной эрозии почв. Она проявляется и развивается при несоблюдении правил и норм полива в орошаемом земледелии.

Наибольшие площади смытых почв в составе сельскохозяйственных угодий находятся в Южно-Казахстанской области – 958,7 тыс. га, в

Алматинской и Мангыстауской областях по 802 тыс. га, в Актюбинской – 473,1 тыс. га, в Восточно-Казахстанской – 424,9 тыс. га, в Жамбылской области – 352,6 тыс. га [3].

Наибольший удельный вес эродированных сельскохозяйственных угодий отмечается в Алматинской, Атырауской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областях.

Из 30,7 млн. га эродированных сельскохозяйственных угодий в составе пашни находится 1,6 млн. га, из которых 1,3 млн. га (80,8 %) представлены в основном слабоэродированными почвами, требующими несложных противоэрозионных мероприятий. Среднеэродированных почв в составе пашни находится 303,1 тыс. га (17,8 %), на которых требуется проведение интенсивных противодефляционных и противоэрозионных мелиораций.

Сильноэродированных почв в составе пашни находится 13,3 тыс. га (0,8 %), из которых 10,0 тыс. га приходится на Акмолинскую область. Эти почвы нуждаются в сложных противоэрозионных мероприятиях, поэтому их целесообразно вывести из состава пашни с последующим залужением многолетними травами.

Под загрязнением земель понимают поступление в почву любых твердых, жидких и газообразных веществ или видов энергии (радиоактивность и т.п.) в количествах, оказывающих вредное влияние на человека, животных и растения непосредственно, так и косвенным путем.

Загрязнение земель вызывает изменение экологического состояния почв, ухудшение условий проживания и ведения трудовой деятельности населения, приводит к снижению продуктивности сельскохозяйственных угодий, качества получаемой продукции.

Основными источниками загрязнения являются выбросы в атмосферу, твердые и жидкие отходы предприятий промышленности, энергетики, военно-промышленного комплекса, хозяйственно-бытовые отходы, автотранспорт.

Наиболее опасным видом является радиоактивное загрязнение. В Республике Казахстан имеются 6 крупных ураноносных провинций, множество мелких месторождений и рудопроявлений урана, которые обуславливают повышенный уровень естественной радиоактивности. Самая большая территория радиоактивного загрязнения – территория бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона.

Огромные территории Казахстана пострадали от деятельности военных полигонов и запусков космической техники. В настоящее время на тер-

ритории Республики Казахстан функционируют 4 военно-испытательных полигона и комплекс Байконур. Реальную экологическую угрозу представляют упавшие на землю фрагменты ракет, разливы высокотоксичного топлива и другие факторы, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду и проживание в непосредственной близости населения.

Загрязнение почв тяжелыми металлами, особенно в окрестностях крупных городов и промышленных центров, стало одной из актуальных экологических проблем Казахстана. Очаги загрязнения почв от промышленных предприятий сформировались в окрестностях городов Усть-Каменогорска, Риддера, Жезказгана, Шымкента, Караганды. Здесь содержание в почве свинца, меди, цинка, кадмия значительно превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК).

В городах происходит интенсивное накопление твердых бытовых отходов, которые при неправильном и несвоевременном удалении и обезвреживании могут серьезно загрязнять окружающую среду. В стране накоплено более 100 млн. т твердых бытовых отходов, более 23 млн. т промышленных отходов, в том числе техногенных минеральных образований. Ежегодно образуется порядка 4...5 млн. т твердых бытовых отходов и порядка 700 млн. т промышленных отходов, из них токсичных – около 250...300 млн. т. Несмотря на ежегодный рост объемов образуемых отходов, утилизируется и повторно используется лишь небольшая их часть – порядка 20 %, а весь остальной объем размещается на полигонах.

В Казахстане основная масса твердых бытовых отходов без разделения на компоненты вывозится и складировается на открытых свалках, 97 % которых не соответствуют требованиям природоохранного и санитарного законодательства. Менее 5 % твердых бытовых отходов в республике подвергается утилизации или сжиганию.

Развитие горнодобывающей промышленности усилило процесс загрязнения земель токсичными веществами. В Казахстане размещено более 43 млрд. т отходов, из них около 600 млн. т токсичных. Наибольший удельный вес имеют отходы горнорудных и обогатительных комплексов Карагандинской – 29,4 %, Восточно-Казахстанской – 25,7 %, Костанайской – 17 % и Павлодарской – 14,6 % областей [3].

Предприятиями, осуществляющими добычу угля, черных металлов, фосфоритов, находящихся в Костанайской, Карагандинской, Актюбинской, Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Жамбылской, Западно-

Казахстанской и Атырауской областях, накоплены значительные отвалы отходов горного и перерабатывающего производства.

В республике числится 247,2 тыс. га нарушенных земель, на которых размещаются отвалы вскрышных и горных пород, хвостохранилища, золоотвалы, карьеры угольных и горных разработок, нефтяные поля и амбары. Из них только 53,0 тыс. га отработаны и подлежат рекультивации. Наибольшее количество нарушенных земель находится в Карагандинской, Костанайской, Мангистауской, Акмолинской, Восточно-Казахстанской, Актюбинской, Павлодарской областях.

Во всех промышленных регионах существуют экологически опасные зоны воздействия: терриконы, отвалы, карьеры, буровые скважины, отходы горнорудного производства общей площадью более 60 тыс. га, которыми постоянно загрязняются почвы.

На загрязнение земель оказывает влияние и тот фактор, что сток основных рек в Казахстане формируется во многом на территориях сопредельных государств, поэтому качество воды формируется под влиянием загрязняющих веществ, поступающих вместе с водой из этих государств.

В сельском хозяйстве страны остро стоит проблема утилизации устаревших и непригодных к использованию пестицидов. Более 1500 т таких пестицидов и их смесей находится на складах и хранилищах республики, часть из которых хранится в непригодных, ветхих помещениях. По состоянию на 2013 г. захороненными оставались 100 т непригодных к использованию пестицидов и ядохимикатов. Кроме самих пестицидов также требует решения вопрос утилизации тары из-под них (более 330 тыс. ед.). Тара представляет реальную угрозу для здоровья населения, так как часто по незнанию используется в бытовых целях для хранения пищевых продуктов и воды [3].

Актуальной экологической проблемой в республике является загрязнение природной среды нефтью и продуктами ее переработки. Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами вызывает практически полную депрессию функциональной активности почвенной микрофлоры. По данным Министерства энергетики Республики Казахстан отмечается загрязнение нефтью и нефтепродуктами на площади более чем в 1,5 млн. га. Большая доля загрязнения почв и окружающей среды приходится на Атыраускую – 59 %, на Актюбинскую – 19 %, Западно-Казахстанскую – 13 % и Мангистаускую – 9 % области. Так, например, общая площадь нефтяного загрязнения в Западном Казахстане составляет 194 тыс. га, а объем разлитой нефти – более 5 млн. т [3].

Практика сжигания попутного газа в факелах также наносит значительный экологический и экономический ущерб.

Опустынивание и засуха занимает особое место среди современных глобальных проблем человечества, препятствующему устойчивому развитию экономики, что нашло отражение в международном документе ООН.

Опустынивание означает деградацию земель в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека.

Для Казахстана, большая часть территории которого расположена в зоне недостаточного увлажнения, проблема опустынивания является крайне актуальной. Около 75 % территории страны подвержены повышенному риску экологической дестабилизации. Опустынивание протекает более активно. Это связано с массовой (от 40 до 80 % территорий) разработкой целинных земель, что привело к развитию водной и ветровой эрозии, снижению плодородия степных почв. За 40 лет использования целинных и залежных земель в результате ветровой и водной эрозии утрачено 1,2 млрд. т гумуса. Процесс усугубляется из-за применения несоответствующих данному району агротехнических приемов и мероприятий в земледелии; изменился водный баланс региона. Пастбищная нагрузка на оставшиеся в целинном состоянии земель нарастала, превышая в 2...6 раз нормы. Пастбища сконцентрировались на менее продуктивных засоленных территориях (солончаки, приозерных понижений и котловин). Степные злаковые разнотравья сменились галофитным разнотравьем, увеличилась площадь злостных солончаков. Наибольшей деградации подверглись пастбища, прилегающие к сельским поселениям.

Основными типами опустынивания являются: деградация растительности, водная и ветровая эрозия почв, засоление, дегумификация и химическое загрязнение почв, техногенное нарушенное земель.

Последствия опустынивания проявляются в сокращении площадей сенокосов, засорении их ядовитыми и непоедаемыми растениями. В наибольшей степени процессы опустынивания проявляются в регионах с неблагоприятной экологической обстановкой – Приаралье, Прикаспие и Прибалхашье.

Процесс дегумификации почв зафиксирован практически на всех пахотных и кормовых угодьях. На орошаемых землях на долю дегумификации приходится 0,7 млн. га.

Засоленные и солонцовые земли распространены на площади 93,2 млн. га сельскохозяйственных угодий.

С целью приостановления процесса опустынивания разработана программа по борьбе с опустыниванием. В рамках программы предусматриваются такие мероприятия, как инвентаризация деградированных земель и оценка подверженности территории процессам опустынивания.

Нарушения земель представляют собой механическое разрушение почвенного покрова и обусловлено открытыми и закрытыми разработками полезных ископаемых и строительством. К нарушенным землям относятся все земли со снятым или перекрытым гумусовым горизонтом и непригодные для использования без предварительного восстановления плодородия, т.е. земли, утратившие в связи с их нарушением первоначальную ценность.

На конец 2013 года в республике насчитывается 247,2 тыс. га земель, нарушенных в ходе строительства промышленных объектов, линейных сооружений и других предприятий, при разработке месторождений полезных ископаемых, их переработке и проведении геологоразведочных работ, из них 53,0 тыс. га отработаны и подлежат рекультивации.

Большая часть площадей нарушенных земель (240,8 тыс. га – 97,4 %) числится в трех категориях земель:

- промышленность, транспорт, связь, для нужд космической деятельности, обороны и иного несельскохозяйственного назначения – 154,3 тыс. га;
- населенные пункты – 47,1 тыс. га;
- земли запаса – 39,4 тыс. га [1].

В региональном плане наибольшее количество нарушенных земель находится в Мангистауской (нарушено 78,6 тыс. га и отработано 3,6 тыс. га), Карагандинской (49,9 тыс. га и 10,2 тыс. га соответственно), Костанайской (37,4 тыс. га и 13,3 тыс. га) областях.

Прогнозирование состояния земельных ресурсов под воздействием хозяйственной деятельности человека в ближайшие годы и на обозримую перспективу немыслимо без целенаправленного комплексного мониторинга.

Установление динамики происходящих изменений во времени, направленности этих изменений позволяют объективно осуществлять контроль за использованием земельных ресурсов и научно обосновывать выбор эффективных методов охраны земель, их рационального использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калыбеков Т. Мониторинг и охрана земель. Алматы, КазНТУ, 2010. – 210 с.
2. Нуркеев С.С., Мусина У.Ш. Экология. – Алматы, 2005. – 489 с.

3. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2013 год. – Астана, 2014. – 260 с.

Поступила 29.05.2015

Б.Қ. Ақмолдаева
Қ.Б. Зулпыхаров
Н. Хамидов

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЖЕР РЕСУРСТАРЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ

Мақалада жер ресурстарының экологиялық жағдайы, жер ластануы мен бұзылуының табиғи және антропогенді факторлары қарастырылған. Адамның шаруашылық әрекеті нәтижесінде табиғи ортаның барлық компоненттерінде соның ішінде топырақ жамылғысында әртүрлі ауытқулар пайда болады. Шаруашылық әрекеттің жағымсыз салдары жер ресурстарының жағдайына кері әсерлерің тигізуде.

ПАМЯТИ АННЫ СТЕПАНОВНЫ ВИШНЕНКО
(к 105-летию со дня рождения)



10 августа 2015 г. исполнилось 105 лет со дня рождения отличника Гидрометеорологической службы Советского Союза и Казахстана – Вишненко Анны Степановны.

Вишненко А.С. родилась в 1910 году в с. Меловатка, Царицынского уезда (ныне Сталинградской области) в крестьянской семье. В 8 лет погиб её отец. Мать осталась одна с двумя детьми. В 1920 году она, оставив своих детей на попечение брата, уехала на заработки в г. Ташкент. В 1923 г. семья воссоединяется в Ташкенте, но возможности учиться у детей не было. Аня вынуждена начать работать. Она нянчила детей, помогала по хозяйству. Продолжая работать, она приступила к учёбе только в 1927 г. на курсах по ликвидации малограмотных, а затем на вечерних курсах взрослых, которые закончила в 1931 г. В 1932 г. А.С. Вишненко поступает в Московский гидрометеорологический институт и заканчивает его в 1937 г., получив профессию инженера-агрометеоролога. Её распределяют на работу в г. Алматы в Управление гидрометеослужбы (УГМС) Казахской ССР, где только что было организовано агрометеорологическое обслуживание органов сель-

ского хозяйства Казахстана. Сначала она работала инженером агрометеорологом, затем – старшим инженером. С октября 1941 г. по февраль 1948 г. в связи с переводом в Наркомат сельского хозяйства КазССР А.С. Вишненко. работала начальником Управления Агрометслужбы Наркомзема КазССР. В 1948 году агрометслужба была вновь передана в УГМС. А.С. Вишненко продолжила работу в должности начальника сектора Агрометеорологии.

Анна Степановна возглавила работу агрометеорологической службы в период её стремительного развития и успешно справилась с этой ответственной работой. С 1937 по 1941 год из агрометеорологических информационных выпускались только декадные агрометеорологические бюллетени, в отдельные периоды составлялись сезонные обзоры и лишь в весенний период для обслуживаемых организаций составлялись ежедневные информации. Практиковалась постановка прогнозов сроков созревания яровой пшеницы, озимой ржи и первого укоса люцерны. Начиная с 1941 г. количество выпускаемой для сельского хозяйства агрометеорологической информации ежегодно значительно возрастало. Регулярно выпускаются месячные агрометеорологические информации, специальные агрометеорологические прогнозы, ежедневные и пятидневные обзоры, составляются сезонные и годовые агрометеорологические характеристики.

Во всех агрометеорологических информационных отражается ход метеоэлементов и влияние их на рост, развитие и состояние различных сельскохозяйственных культур, многолетних трав и на содержание скота на пастбищах и сохранения его от неблагоприятных погодных условий, особенно в зимнее время.

В обзорах и прогнозах указываются различные агротехнические мероприятия, способствующие получению высоких урожаев и сохранению сельхозкультур и сельскохозяйственных животных от ожидаемых неблагоприятных погодных условий.

Интерпретации и специальные агрометеорологические прогнозы составляются дифференцировано по областям и районам и с заблаговременностью 35...40 дней.

Прогноз начала освобождения полей от снега и готовности почвы к началу полевых работ дает возможность сельхозорганам заблаговременно подготовить сельхозмашины, а прогноз ожидаемой влагообеспеченности почвы к весне планово разместить посевы сельхозкультур по территории, а также подготовиться к проведению сельхозработ в наиболее выгодные сжатые весенние сроки.

Прогнозы созревания зерновых и начала цветения люцерны дают возможность своевременно подготовиться к этим работам, начать их уборку в лучшие сроки, не допуская осыпания хлебов, тем самым сохранить урожай зерновых и питательную ценность кормовых трав.

Прогноз сроков цветения плодовых и хода метеорологических условий в период цветения – дает возможность колхозам заблаговременно подготовить меры борьбы с неблагоприятными для цветущих садов условиями и тем самым сохранить их урожайность.

И наконец, агрометпрогноз ожидаемого изреживания озимых к весне дает возможность подготовиться к посеву или пересеву озимых.

Из характеристики Анны Степановны, данной в этот период ее трудовой деятельности:

«За время своей работы проявила себя только с лучшей стороны.

В политических вопросах разбирается хорошо, идеологически и морально устойчива. В общественной жизни принимает активное участие. С массами общительна. Делу партии ЛЕНИНА-СТАЛИНА и Социалистической родине предана.

Инициативная и решительная. Требовательна к себе и подчиненным. Трудовая дисциплина, как самой, так и подчиненных, хорошая. Среди коллектива пользуется деловым авторитетом. Имеет хорошие организаторские способности. К порученному делу относится с чувством ответственности и выполняет его оперативно. Специальная подготовка хорошая, повседневно работает над собой, над повышением своего технического уровня и передает свои знания подчиненным. Свое дело знает в совершенстве; руководимый ею коллектив, сплочен и под ее руководством все производственные задания выполняет с хорошим и отличным качеством.

Постоянно проявляет заботу о подчиненных. Умеет хранить государственную тайну.

Качество работы, как специалиста, так и организатора, отличное. За хорошую организацию агрометеорологического обслуживания сельского хозяйства, награждена значком отличника сельского хозяйства, медалью «За доблестный труд в Великой отечественной войне 1941...1945 гг.», Почетной грамотой Верховного Совета Казахской ССР и почетной грамотой Министерства сельского хозяйства».

Начальник УГМС КазССР:

/Порфирьев/

Зам начальника УГКС по кадрам:

/Н. Сырочев/

Секретарь парторганизации:

/Ландау/

30 июня 1949 года.

Своим упорным трудом А.С. ВИШНЕНКО добилась отличного качества выпуска агрометеорологической продукции для сельскохозяйственных органов. Оправдываемость специальных агрометпрогнозов и интерпретация по годам следующая: 1948 г. – 81 % /хорошая/; 1949 г. – 88 % /отличная/; 1950 г. /отличная/. На достигнутом т. Вишненко не останавливается, она осваивает литературу по улучшению обслуживания новых отраслей сельского хозяйства – отгонного животноводства и лесозащитных полос.

По сравнению с 1940 годом количество обслуживаемых организаций значительно увеличилось. 1940 г. – 989; 1949 г. – 1757; 1950 г. – 1888 организаций. Количество гидрометеорологических станций привлекаемых к агрометеорологическим наблюдениям над сельскохозяйственными культурами и многолетними травами с каждым годом увеличивается: 1940 г. – 60 станций; 1948 г. – 72; 1949 г. – 80; 1950 г. – 103.

Количество станций, привлекаемых к обслуживанию отгонного животноводства по годами: 1940 г. – 0; 1948 г. – 20; 1949 г. – 25; 1950 г. – 40; в зиму 1950...1951 гг. к обслуживанию отгонного животноводства привлечено 60 станций.

Анной Степановной обеспечено методическое руководство работой агрометорганов сети путем личного посещения областных гидрометбюро, регулярной проверкой их материалов и дачи по ним методических замечаний. Благодаря чему работа большинства гидрометбюро оценивается хорошей и отличной.

Под руководством А.С. Вишненко успешно развиваются агрометеорологические наблюдения на сети по зерновым, техническим, бахчевым, овощным и плодовым культурам, лесопосадкам и пастбищной растительностью в урочищах отгонного животноводства Казахской республики. Получаемые результаты наблюдений представляют большую ценность не только для улучшения качества и содержательности агрометеорологических информационных, но и для разрешения ряда вопросов исследовательского характера.

В этой должности она проработала до своего почетного выхода на пенсию. За свою работу А.С. Вишненко награждена значками: «Отличник Социалистического соревнования Гидрометслужбы СССР» и «Отличник Социалистического соревнования сельского хозяйства», малой серебряной и 2 бронзовыми медалями ВДНХ, Грамотой Верховного совета КазССР.

Анна Степановна была внимательна и благожелательна по отношению к окружающим её коллегам. По воспоминаниям сына Анны Степановны (А.Х. Хайдарова – ветерана гидрометслужбы) «в их крохотной квартирке никогда не переводились гости – начальники агрометеостанций, молодые специалисты. И всегда они находили доброе слово, профессиональную помощь, кров и стол. Особенно запомнился Роман Ульданов, начальник агрометеостанции Айдарлы, который впоследствии стал директором крупнейшего совхоза. Маму знали и глубоко уважали все директора совхозов и председатели колхозов. Ее лично по несколько раз за лето вызывал Д.А. Кунаев, который постоянно отслеживал виды на урожай. По ее словам, более доброжелательного, внимательного, интересного человека и руководителя она не видела. Таково было отношение руководства республики к агрометеорологии».

Редакционная коллегия журнала

Татьяна Леонидовна Киренская
(к 70-летию со дня рождения)

13 сентября 2015 г. исполнилось 70 лет кандидату географических наук Татьяне Леонидовне Киренской. Татьяна Леонидовна родилась в год окончания Великой Отечественной войны в поселке Эге-Хая Верхоянского района Якутской ССР.

Вскоре семья переехала в Алма-Ату. Здесь в 1961 году Татьяна Леонидовна закончила среднюю школу №40 с медалью, и поступила на географический факультет в КазГУ им. Кирова (сегодня им. аль Фараби). Обучение она проходила по специальности метеорология. В 1966 году университет был успешно закончен. С тех пор, почти на протяжении 50 лет Татьяна Леонидовна занимается вопросами селевых явлений.

Свою трудовую деятельность она начала в КазНИГМИ. В качестве участника, начальника отряда и научно-методического руководителя проводила экспедиционные обследования в селеопасных районах СССР (Камчатка, трасса БАМ, оз. Байкал, Средняя Азия, Кавказ. Карпаты. В Казахстане: хр. Иле Алатау, Жетысу Алатау, Таласский, Пскемский. Угамский, Каржантау).

Богатый исследовательский опыт она использовала в написании научной диссертации, которую защитила в 1989 г., получив степень кандидата географических наук.

В качестве ответственного исполнителя (под научным руководством Ю.Б. Виноградова, В.П. Мочалова, А.Р. Медеу) разработала Методологию прогнозирования селей, на основе которой созданы:

«Руководство по прогнозированию селевых явлений на территории СССР»;

«Руководство по прогнозированию селевых явлений на территории трассы БАМ»;

Методика прогноза селевых явлений ливневого генезиса в Иле Алатау (Заилийский Алатау);

Методика прогноза ледово-водных селей в Иле Алатау.

Её работы внедрены и нашли практическое использование в Казгидромете и Казселезащите.

Методологии оценки и картографирования селевого риска, на основе которых выполнены оценки и составлены карты для территории Казахстана, размещенные в «Национальном Атласе РК» и «Атласе ЧС РК»:

На основе методологии управления селевыми рисками разработана «Концепция управления селевыми рисками в РК» (передана для использования в Казселезащите).

Составлен «Паспорт селеопасного бассейна р. Киши Алматы (Малой Алматинки)» (передан для использования в Казселезащите).

Готовится к изданию монография «Антология селевых явлений Казахстана».

За время профессиональной деятельности Татьяна Леонидовна опубликовала более 50 научных статей.

Имя Киренской Татьяны Леонидовны присвоено одному из ледников Иле Алатау.

Благодаря своим замечательным личностным качествам Татьяна Леонидовна заслуженно пользуется авторитетом, уважением и глубокой симпатией среди коллег.

Сердечно поздравляем Татьяну Леонидовну с юбилеем! Желаем ей долгих лет жизни, дальнейших творческих успехов, крепкого здоровья!

Коллеги, друзья,
Редколлегия журнала

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ СТАТЬИ

В комплект рукописи, присылаемой автором, должны входить: основной 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
Канд. физ.-мат. наук

А.Ж. Жуматаев
А.Т. Иванов

ОЦЕНКА ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА ПЕСКА В ДОЛИНЕ СЕНЕК

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...

Рисунки готовятся с соблюдением ГОСТа в режиме Paint (Paintbrush) и вставляются в текст как рисунки. Графики, диаграммы, гистограммы – в режиме Microsoft Excel, и вставляются в текст как объект Microsoft Excel. Подпись рисун-

ка 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.

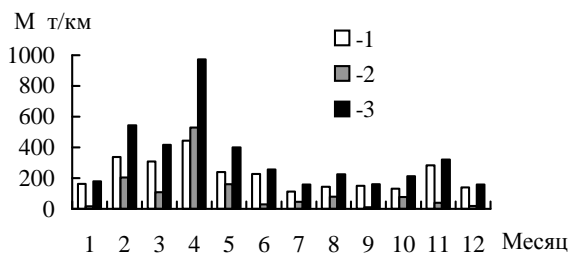


Рис. 3. Средний многолетний годовой ход объемов ветрового переноса песка. 1 – песчаный поземок, 2 – песчаная буря, 3 – оба явления.

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 даются 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:

Абимкульдина С.Т., Сыдыкова Г.Е., Оразбаева Л.А. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. Междунар. конф., Вена, Австрия, 2009. – Алматы, 2010. – С. 10-13

Электронный ресурс:

Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс]. – 2006. – URL: http://bookchamber.kz/stst_2006.htm (дата обращения: 12.03.2009).

При оформлении пристатейной литературы приводить полный перечень авторов издания (без др.).

Ссылки на литературу приводятся в квадратных скобках – [].

Все сокращения выполняются в соответствии с ГОСТом и словарем сокращений.

На отдельном листе в редакцию высылаются сведения об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества (полностью), домашнего и служебного адресов и телефонов, адреса электронной почты, точного названия учреждения, в котором была выполнена работа, ученой степени автора.

Статьи, выполненные коллективом авторов, должны быть подписаны всеми авторами.

Редакция сохраняет за собой право отклонять рукописи и делать необходимые редакционные исправления, дополнения и сокращения в принятых рукописях. Статья может быть возвращена автору на доработку. В отдельных случаях по просьбе редакции предоставляются рецензии на статью.

С импакт-фактором журнала можно ознакомиться на сайте auka.kz – Национальные ресурсы НТИ – Казахстанская база цитирования (АО НЦ НТИ).

РУКОПИСИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНИЧЕСКИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ, К ПУБЛИКАЦИИ НЕ ПРИНИМАЮТСЯ И АВТОРАМ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ.

«ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ» ЖУРНАЛЫНЫҢ РЕДАКЦИЯСЫНА ӨТКІЗІЛЕТІН ҚОЛЖАЗБАЛАРҒА ҚОЙЫЛАТЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАР

Автормен жіберілген қолжазба жинағына кіреді: кестелер, суреттер және әдебиет тізімін қоса есептегенде 12...14 беттен аспайтын мақаланың негізгі мәтіні, 10 қатардан аспайтын мақаланың нәтижесі мен мазмұны жөнінде толық түсініктеме. Осы түсініктеме, мақаланың аталуы мен автордың А.Ж.Т. қазақ тілінде де беріледі. Мақаланың аталуы мен автордың А.Ж.Т. ағылшын тілінде де беріледі.

(ГОСТ-қа 7.1-84 сәйкес) әдебиет тізімі алфавит тәртібімен авторлар алдымен орыс, ізінше шетел тілінде беріледі. Әдебиетке сілтеу квадрат жақшада көрсетіледі – []. Суреттер бір мақалада үштен аспау керек. Мақаланың атының алдында Толық ондық жіктеу (ТОЖ) бойынша кеңейтілген индексін келтіру керек. Мақаланың машинкаға басылған нұсқасынан басқа оның дискетада, CD немесе флэшкада жазылған көшірмесі өткізіледі.

Қолжазбаны көркемдеу:

Қолжазбаның бар мәтіні, таблицалармен қоса ПК-де ақ түсті қалың қағаздың бір бетінде, А4 форматта басылады. Аралық – көбейткіш – 1,2. Беттер алаңының параметрлері: жоғарғы 20 мм, төменгі 75 мм, сол 70 мм, оң 15 мм. Азат жол 12,5 мм басталады, теру шарты Microsoft Word, Times New Roman шрифті (қалыпты стилі), шрифт өлшемі 11. Мақала атауы бас әріптермен, бөлусіз, жартылай майлы шрифтпен жазылады. Түсініктеме мақаланың негізгі мәтінінен бұрын аталудан, авторлар тізімінен (бағанада ғылыми дәрежесімен көрсетіледі) кейін орналасады, курсивпен басылады, сол және оң жағынан 5 мм шегінеді.

Мысалды қараңыз

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Гидрометеорология и экология

№ 1

2010

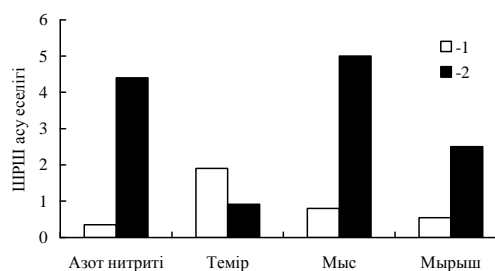
ӨОЖ 577.4:66.046.44.59

КЕН БАЙЫТУ ҚАЛДЫҚТАРЫН САҚТАУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ЛАСТАУЫН БАҒАЛАУ

Техн. ғылымд. канд. А.Ж. Жуматаев

Бұл мақалада Шығыс Қазақстан облысы «Казцинк» АҚ Зыряновск тау-кен байыту кешенінің қоршаған ортаға әсерін бағалау мақсатында қалдық сақтау қоймасы орналасқан ауданның экологиялық карта-схемасын жасау үшін қолданылған есептеу мәліметтері мен әдістері келтірілген....

Суреттер Paint (Painbrush) режимінде ГОСТ-қа сәйкес дайындалып, мәтінге сурет ретінде қойылады. Графиктер, диаграммалар, гистограммалар – Microsoft Excel режимінде және мәтінге Microsoft Excel объектісі ретінде қойылады. Суреттің жазбасы оның астына қойылып, курсивпен басылады (мысалды қараңыз). Толық сандар бөлшек бөлімнен нүктемен емес қайырмамен бөлінеді. Белгілеулерге түсініктеме аталудан кейін сол қатарға жазылады. Сурет алаңына индекстер мен белгілеу сандарынан басқа жазулар рұқсат етілмейді. Суреттегі сандар мен әріптердің өлшемі мәтіндегімен бірдей, ал индекстер 1,5 мм кем болмау болу керек.



Сур. 2. Іле өзенінің ақаба сулардың төгіндісінен 500 м төмен тұсындағы ластану көрсеткіштері: 1 – 2004 жыл, 2 – 2006 жыл.

Кестелер қосымша бағаналарсыз безендіріледі, тек кестенің «басы» мен шеткі бағаналары ғана сызылады. Кестенің нөмірі және мағыналы атауы – кестенің үстіне, қосымшалары оның астына (ГОСТ-қа сәйкес) жазылады (мысалды қараңыз).

Кесте 1

Зыряновск қаласы атмосферасында ластаушы заттардың сейілуін анықтайтын коэффициенттер мен метеорологиялық сипаттамалары

Сипаттама аталуы	Көлемі
Атмосфера стратификациясына тәуелді коэффициент, А	200
Қаладағы жер бедері коэффициенті	1...3
Жылдың (шілде) орташа максимал температурасы, °С	26,9
Жылдың (ақпан) орташа максимал температурасы, °С	-28,9

Физикалық көрсеткіштердің өлшем бірліктері Халықаралық жүйеде СИ (ГОСТ 8.417-81) келтіріледі, немесе СИ жүйесіне келтірілген аудармасы қатар көрсетіледі.

Ұйымның, мекеменің, географиялық және т.б. аталуы соңғы ресми редакцияда беріледі. Тарихи аталуларына қоса жақшада кәзіргі аталуы көрсетіледі.

Математикалық, химиялық белгілеулер мен формулалар (Microsoft Equation) редактор режимінде басылуы керек. Формулаларда символдар ретінде ГОСТ-пен белгіленген белгілеулерді қолданады. Формулалардың нөмірі беттің оң шетінен домалақ жақшамен көрсетіледі. Мәтінде формуланың кезекті нөміріне сілтеу де жомалақ жақшада көрсетіледі. Мәтінде қатарға міндетті түрде барлық параметрлерді түсініктемесі беріледі (мысалды қараңыз).

$$K = D / 8V_1, \quad (2)$$

қайда D – байыту қалдықтарын сақтайтын қойма бетінің диаметрі ($D = 500$ м); V_1 – қалдық сақталынған қойма көлемі.

Барлық қысқартулар ГОСТ-қа және қысқарту сөздігіне сәйкес жасалынады.

Бөлек парақта редакцияға автор туралы мәліметтер: аты-жөні, әкесінің аты (толығымен), үйі мен мекеменің мекен-жайы және телефондары, жұмыс орындалған мекеменің тура аталуы, автордың ғылыми дәрежесі жіберіледі.

Авторлар ұжымымен жазылған мақалар барлық авторлардың қолы қоюлы болу керек.

Редакция қолжазбаларды қабылдамауға немесе редакциялық жөндеулер және қабылданған қолжазбаларға қосулар мен қысқартулар жасауға құқықты. Мақала

авторға толықтыру жасау үшін қайтарылуы мүмкін. Кей жағдайларда редакция сұрауымен мақалаға рецензия талап етіледі.

**ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАРҒА СӘЙКЕС БЕЗЕНДІРІЛМЕГЕН
ҚОЛЖАЗБАЛАР БАСЫЛЫМҒА ЖІБЕРІЛМЕЙДІ ЖӘНЕ АВТОРҒА
ҚАЙТАРЫЛМАЙДЫ.**

Авторам, подаваемым статьи в наш журнал, необходимо заполнить таблицу, приведенную ниже

Сведения о статье

(заполняется на каждую статью журнала)

№	Сведения (статья)	
1	УДК	
2	Основной автор	
3	Соавторы	
4	Место работы автора	
5	Название статьи	
6	Название журнала	Гидрометеорология и экология
7	Год издания	
8	Номер издания	
9	Страницы	
10	Ключевые слова	
11	Резюме на русском языке	
12	Резюме на казахском языке	
13	Резюме на английском языке	
14	Список литературы	