

*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

**№ 2**

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2018

*ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР* М.П. Кынатов

*РЕДКОЛЛЕГИЯ*

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

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

## **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

**№ 2 (89)**

©

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

---

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

---

Подписано в печать 20 сентября 2018 г.

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

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

---

Отпечатано в типографии

ТОО «Карагандинское учебно-производственное предприятие»

ОО «Казахское общество слепых»

г. Караганда, ул. Методическая, 19

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>Э.А. Закарин, Т.В. Дедова, Б.М. Миркаримова, Н.А. Яковлева, Е.К. Садвакасов</b>	
Численный анализ влияния горно-долинной циркуляции на загрязнение атмосферного воздуха города Алматы .....	7
<b>Г.Е. Турумова</b>	
Исследование многоснежных и малоснежных зим в Костанайской области .....	25
<b>Б.К. Канаева, А.С. Нысанбаева</b>	
Алматы облысында мезомасштабты конвективті жүйелердің дамуын болжауға қажетті термодинамикалық индекстердің шектік мәндерін Modis Aqua / Terra жер серіктерінің мәліметтері арқылы анықтау . . .	33
<b>А.Х. Ахмеджанов, Т.К. Караданов, Н.Д. Ахметов</b>	
Распределение углекислого газа по территории Казахстана на основе спутниковых данных .....	43
<b>Л.С. Шелудченко</b>	
Динамика миграции газопылевых аэрозолей, произведенных автотранспортными потоками .....	52
<b>А.Г. Терехов</b>	
Мониторинг озера Манас (КНР) в период 1989...2017 годов по спутниковым данным Landsat .....	63
<b>С.И. Куц</b>	
Распределение максимального расхода природоохранного попуска между руслом и пойменными участками реки Иртыш .....	73
<b>В.Д. Гостищев, Т.С. Пономаренко, А.Н. Рыжаков, А.В. Бреева</b>	
Гидрологические расчеты и результаты компьютерного моделирования прохождения максимальных расходов в русле реки Термерник .....	89
<b>Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, А. Арыстанова</b>	
Методологическое обеспечение интегрированного управления водными ресурсами бассейна трансграничных рек .....	99

**Т.Р. Таукенов, Ж.С. Ержанова**

Формирование заломов на реках бассейна Буктырмы и их геоморфодинамические функции .....	118
---	-----

**О.А. Шарипова**

Гидрохимические особенности водных объектов озера Балхаш, предлагаемых для проведения гидромелиоративных работ .....	130
--	-----

**С.Ш. Гезалова**

Влияние Бакинского завода глубоководных оснований на экосистему моря .....	139
--	-----

**Ж.Г. Берденов, Г.Е. Мендыбаева, Г.М. Атаева,  
Н.Б. Казангапова**

Эколого-геохимический анализ почвенного покрова Хромтау-Донского промышленного узла .....	145
---	-----

**Т.К. Салихов**

Цифровизация почвенного покрова Карагашского сельского округа Западно-Казахстанской области на основе применения гистехнологий .....	155
--	-----

**Т.К. Салихов, Т.С. Салихова**

Гис-картографирование почвенного покрова Ардакского сельского округа Западно-Казахстанской области .....	164
--	-----

**Д.К. Нусупов, Э.А. Турсунов**

Искусственные галечниковые пляжи, как наиболее эффективный способ защиты берега оз. Алаколь от разрушения .....	174
---	-----

**А.Ш. Мамедов, И.А. Эйюбов**

Подготовка технических мероприятий для восстановления уровня подземных вод бассейна Дашагылчай .....	181
--	-----

**ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ**

**Э.А. Турсунов**

Перспективы рыбоводства на р. Каратал после проведения инженерных мероприятий по спрямлению русла .....	192
---	-----



## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>E. Zakarin, T. Dedova, B. Mirkarimova, N. Yakovleva, Ye. Sadvakassov</b>	
Numerical simulations of the impact of mountain-valley wind circulation on the Almaty city atmospheric pollution .....	7
<b>G.E. Turumova</b>	
Research snowy winters and little snow winters in area of Kostanai ..	25
<b>B.K. Kanayeva, A.S. Nyssanbayeva</b>	
Determination of appropriate values of thermodynamic parameters for identification of the mesoscale convective systems in the Almaty region based on data of Modis Aqua / Terra satellites ....	33
<b>A.Kh. Akhmedzhanov, T.K. Karadanov, N.D. Akhmetov</b>	
The distribution of carbon dioxide of the territory of republic of Kazakhstan based remote sensing data .....	43
<b>L.S. SHeludchenko</b>	
Dynamics of migration of gas-dust aerosols, produced by motor transport flows .....	52
<b>A.G. Terekhov</b>	
Monitoring of lake Manas (China) in the period 1989...2017 years on base of Landsat satellite data .....	63
<b>S.I. Kuts</b>	
Distribution of the maximum expense of the environmental flash between channel way and the bottomland areas of the Irtish river ....	73
<b>V.D. Gostishchev, T.S. Ponomarenko, A.N. Ryzhakov, A.V. Breeva</b>	
Hydrological calculations and results of computer modeling of the maximum water flow in the Temernik river .....	89
<b>ZH.S. Mustafayev, A.T. Kozykeeva, A. Arystanova</b>	
Methodological ensuring of integrated management of water resources of the basin of transboundary rivers .....	99
<b>T.R. Taukenov, Zh.S. Yerzhanova</b>	
Formation of log jams on the rivers of the Buktyrma basin and their geomorphodynamic functions .....	118

<b>O.A. Sharipova</b>	
Hydrochemical features of water objects of Balhash lake, suggested for hydromeliorative works .....	130
<b>S.Sh. Gezalova</b>	
The impact of Baku deep water jackets factory on the ecosystem of the sea .....	139
<b>Zh.G. Berdenov, G.E. Mendibayeva, G.M. Atayeva, N.B. Kazangapova</b>	
Ecological-geochemical analysis of the soil cover of the Chromtau-Don industrial node .....	145
<b>T.K. Salikhov</b>	
Digitization of the soil cover of the Karagash rural district of the West Kazakhstan region basis on the application of gis technologies .....	155
<b>T.K. Salikhov, T.S. Salikhova</b>	
The gis land-cover mapping Ardak rural district in West Kazakhstan region .....	164
<b>D.K. Nusupov, JA.A. Tursunov</b>	
Artificial pebble beaches as most effective method of the Alakol' lake coastal protection .....	174
<b>A.SH. Mamedov, I.A. Ayyubov</b>	
Preparation of technical actions for underground water level restoration of the Dashagylchay river basin .....	181
<b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b>	
<b>JA.A. Tursunov</b>	
Prospects of fish farming on the river Karatal after carrying out of engineering measures on flattening riverbed .....	192

УДК 504.3.054; 004.942

Доктор техн. наук	Э.А. Закарин <sup>1</sup>
Канд. техн. наук	Т.В. Дедова <sup>1</sup>
Доктор техн. наук	Б.М. Миркаримова <sup>2</sup>
Доктор мед. наук	Н.А. Яковлева <sup>3</sup>
	Е.К. Садвакасов <sup>3</sup>

## ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ДОЛИННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА АЛМАТЫ

**Ключевые слова:** горно-долинная циркуляция, загрязнение атмосферы, математическая модель, выбросы, стационарные и подвижные источники

*На основе численных расчетов по модели MoDAP выполнен анализ полей загрязнения атмосферы при реализации различных фаз горно-долинной циркуляции в характерные дни летнего и зимнего застойного состояния атмосферы. При расчетах были использованы данные по выбросам стационарных и подвижных (автотранспорт) источников.*

**Введение.** Горно-долинная циркуляция (ГДЦ) является одним из главных процессов, формирующих ветровой режим и экологию воздушного бассейна г. Алматы. Это связано с высокой повторяемостью штилевых ситуаций, когда вынос загрязняющих веществ за пределы города осуществляется, в основном, местными (горными и долинными) ветрами. Закономерности ГДЦ связаны с солнечным нагревом и радиационным выхолаживанием подстилающей поверхности, при этом формируются не только местные ветра, но и инверсионные слои, препятствующие вертикальному выносу загрязняющих веществ. На взгляд авторов, наиболее эффективным способом анализа этих процессов с целью выработки оптимальных воздухо-охранных решений является математическое моделирование. В данной работе продемонстрирован такой подход к оценке влияния ГДЦ на динамические процессы загрязнения

<sup>1</sup> ТОО «EcoRisk», г. Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> АО «КазГеоКосмос» г. Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup> ТОО «ЭКОСЕРВИС-С» г. Алматы, Казахстан

атмосферы Алматы. Работа выполнена в рамках проекта «Установление целевых показателей окружающей среды для г. Алматы» [7] и гранта МОН РК №AP05132380 «Риск-анализ влияния предприятий теплоэнергетики на загрязнение воздушного бассейна города (на примере г. Алматы)».

**Ветровой режим города.** Основным климатообразующим фактором для г. Алматы является его географическое расположение в предгорьях северного склона хребта Илейского (Заилийского) Алатау. Большая часть города расположена на сравнительно ровной наклонной поверхности с уклоном  $1...2^\circ$  в северном направлении. Правда, последнее увеличение размеров городской территории сдвинуло границы города в сторону гор, где формируются свои микроклиматические зоны, но основная масса населения проживает в прежних предгорных районах. Горный массив, высота которого достигает 4...5 км, и русловые ущелья таких рек, как Большая и Малая Алматинка, Есентай и др., формируют ветровой, термический и турбулентный режимы воздушного бассейна города.

Несмотря на то, что город открыт в северном и северо-западном направлении, повторяемость штилевых ситуаций (скорость ветра до 1 м/с) летом оценивается в 71 %, зимой достигает 79 % [5, 8]. Такие неблагоприятные, в смысле загрязнения атмосферы, условия формируются, в основном, вследствие воздействия сибирского антициклона зимой и термической депрессии на территории Казахстана летом [3]. Следует, однако, подчеркнуть, что эти данные необходимо проверить, используя не только метеонаблюдения, но и результаты мониторинга загрязнения атмосферы, особенно показателя наибольшей повторяемости (НП) превышения ПДК любым загрязняющим веществом.

Кроме слабого проветривания, атмосфера города характеризуется сильным подавлением вертикального обмена, вследствие высокой повторяемости мощных запирающих инверсий. В отличие от равнинных городов, где образование инверсионных слоев связано с радиационным выхолаживанием подстилающей поверхности, в Алматы основной механизм – это ночной кататический сток и образование линзы холодного воздуха. Днем вблизи нагреваемой солнцем поверхности линза частично разрушается, и нижняя граница инверсии поднимается вертикальными токами иногда на высоту до 1 км. В нагретый слой ночью стекает новая порция холодного воздуха, и этот циклический процесс приводит к возникновению многослойных инверсий. Как показали измерения [1], выполненные с помощью звукового локатора во время экспедиции АНЗАГ-87, в период с

27 ноября по 9 декабря 1987 г. многослойные инверсионные структуры наблюдались в 92 % времени наблюдения.

Воздушный бассейн г. Алматы в штилевых условиях во многом можно рассматривать как замкнутую систему. Это связано с указанными выше мощными запирающими инверсиями и системой местных ветров, в виде замкнутых циркуляционных ячеек, возникающих под влиянием орographicеских и термических неоднородностей.

Главенствующую роль, при этом, играет горно-долинная циркуляция, подробные исследования которой выполнено Гельмгольцем [2]. Как показано в этой работе, в штилевых условиях в приземном слое формируются суточные циклы с фазами горного (катабатический сток) и долинного (анабатический подъем) ветров, которые в более высоких слоях атмосферы замыкаются с противотоками и образуют ночные и дневные циркуляционные ячейки. В промежутках между этими основными фазами реализуются переходные режимы, связанные с восходом и заходом солнца. Кроме того, в ночное время наблюдается медленный процесс накопления линзы холодного воздуха и региональный субширотный ветер, дующий с юго-запада на северо-восток [8].

Следует подчеркнуть, что этот суточный цикл может меняться в зависимости от фоновых состояний атмосферы. Например, на стадии зарождения молодого антициклона возможны эпизоды, когда подавляется местная циркуляция пришедшими воздушными потоками. Кроме того, закономерности ГДЦ сильно зависят от сезона. Так, в летнее время она более ярко выражена вследствие больших перепадов температуры: более четко прослеживаются все фазы и наблюдаются более высокие скорости воздушных потоков. Зимой горный ветер занимает большее время суток за счет укороченного светового дня и малой интенсивности солнечного излучения. В это время холодная линза медленнее рассасывается, и скорость ветра редко превышает 1...2 м/с вследствие меньшего перепада температуры между покрытыми снегом долинами и горами.

Такое качественное описание процесса, конечно, не отражает детальную картину ветрового режима. В действительности ветровое поле в нижних слоях атмосферы является очень изменчивым как в пространстве, так и во времени. Это связано с тем, что прилегающий к городу горный массив сильно изрезан ущельями, многочисленные склоны по-разному экспонируются солнцем и, к тому же, их температурный режим сильно зависит от свойств подстилающей поверхности. В результате мезоструи и

склоновые потоки, сложным образом взаимодействуя, образуют пеструю картину ветрового поля. Свой вклад в циркуляционные процессы вносит городской остров тепла, который приводит к возникновению бризовых ветров – подъему теплого воздуха над урбанизированной территорией и затеканию в город более холодного воздуха от окрестностей.

Сложный ветровой режим ставит серьезные проблемы перед исследователями при решении задач загрязнения атмосферы и выработке воздухоохраных мероприятий. Конечно, наиболее перспективным является создание математической модели динамических процессов, протекающих в воздушном бассейне города, и анализ, на ее основе, возможных вариантов решения экологических задач. Это вполне реальная задача, т.к. в мире разработаны эффективные мезометеорологические модели типа EnviroHERLAM Urbanization [10] или WRF CHEM [9]. Адаптация этих моделей к условиям атмосферы г. Алматы сложная, но решаемая задача.

**Модель MoDAP.** В данной работе использовалась модель MoDAP (Model of Daily Air Pollution), предназначенная для расчета переноса и рассеяния загрязняющих веществ на фоне заданного поля ветра. Модель разрабатывалась в течение ряда лет специально для условий предгорной местности г. Алматы и окрестностей. Она является одним из результатов проекта ТО-ПАЗ (Текущий Объективный Прогноз Атмосферных Загрязнений) [12] и прошла всесторонние испытания в 2001...2002 годах при выполнении проекта UAP (Urban Air Pollution) [13], осуществленного при финансовой поддержке ЕС в рамках программы TACIS (№ SCR-E/110738/C/SV/KZ). Важным элементом этого проекта явилось сопоставление результатов моделирования загрязнения атмосферы с данными измерений на маршрутах. Это сопоставление осуществлялось методом корреляционного анализа и показало хорошее согласие результатов. Для основных ингредиентов различие составляло 20...30 %: коэффициент корреляции  $r$  для CO равнялся 0,69; для  $NO_2$  –  $r = 0,88$ ; для твердых частиц РМ –  $r = 0,76$ . Иллюстрацией служит корреляционная кривая для окислов азота  $NO_x$  (рис. 1).

Математическая формулировка задачи основана на уравнениях конвекции и турбулентной диффузии загрязняющих веществ [4] на фоне полей ветра, рассчитанных методом реанализа в базе ERA Interim. Поскольку эта база предоставляет пользователям метеополя в дискретные моменты времени (через каждые три часа), то указанные уравнения были преобразованы к стационарному виду и расчет для выбранного момента времени выполнялся методом выхода на стационарный режим. Кроме то-

го, используя тот факт, что инверсионный слой как «крышка» препятствует вертикальному обмену, уравнения были проинтегрированы по вертикальной координате от уровня шероховатости подстилающей поверхности  $z_0$  до нижней границы инверсионного слоя.

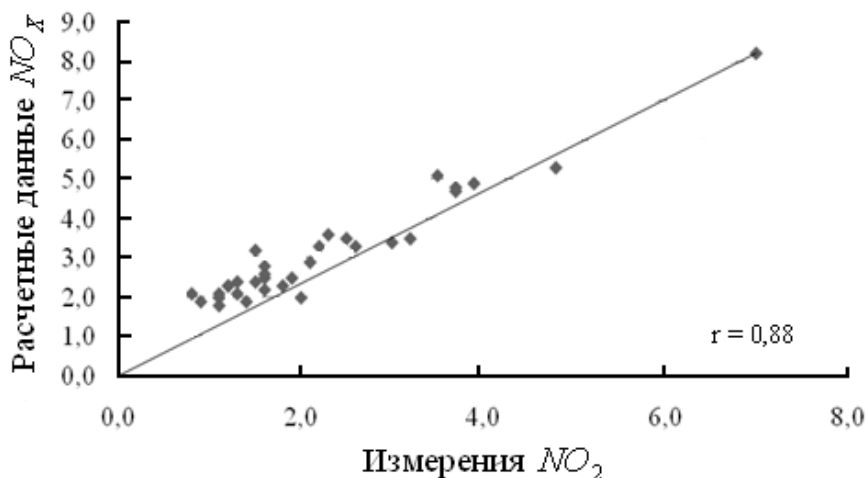


Рис. 1. Корреляционная зависимость между измерениями и расчетом концентрации окислов азота в единицах ПДК.

Математическая постановка задачи имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \operatorname{div}(C_i u) + \sigma_i C_i &= K \cdot \Delta C_i + f_i \\ \sigma_i &= \frac{1}{H - z_0} \frac{D_i K_{z_0} \mu_0'}{K_{z_0} \mu_0' + D_i (\mu - \mu_0)} \\ f_i &= \frac{\alpha_i}{H - z_0} \cdot \left( 1 - \frac{D_i (\mu - \mu_0)}{K_{z_0} \mu_0' + D_i (\mu - \mu_0)} \right) + Q_i \end{aligned} \quad (1)$$

Замыкают задачу граничные условия

$$C_i|_r = 0, \quad \text{при } V_r < 0. \quad (2)$$

В задаче (1) – (2) использованы следующие основные обозначения:  $C_i$  – концентрация  $i$ -ой примеси,  $u$  – вектор скорости ветра,  $K$  –  $x$  и  $y$  компоненты тензора турбулентной диффузии,  $Q_i$  – мощность источника  $i$ -ой примеси в объеме расчетной области,  $H$  – высота базы инверсионного слоя,  $\alpha_i$  – мощность источника  $i$ -ой примеси на поверхности,  $D_i$  – скорость сухого осаждения  $i$ -ой примеси.

Среднесуточная концентрация примеси рассчитывалась как среднее по всем расчетам за сутки, что соответствует принятым методам обработки восьмисрочных наблюдений.

Система уравнений (1) решалась численно методом Смоларкевича [11]. Входные данные в модель соответствующим образом собраны и систематизированы в виде картографической и файловой информации.

**Информационное обеспечение модели.** Основными массивами данных, использованных в данной работе, являются поля ветра каждой фазы ГДЦ, расположение и мощность выбросов стационарных и подвижных источников.

**Горно-долинная циркуляция.** Поля ветра были построены на основе метеорологических данных Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF), обработанные методом реанализа и загруженные в базу данных ERA Interim. Процедура реанализа предполагает совместную обработку результатов математического моделирования и данных наблюдений на сети метеостанций ВМО. В базе данных накоплены поля метеозадачных элементов через каждые три часа за последние 40 лет. Конечно, при использовании в мезометеорологических задачах эти данные не описывают детально процессы, а предоставляют интегральные характеристики. Например, рассматривается горный хребет как некий массив без ущелий и других элементов ландшафта (они не могут быть учтены на принятой вычислительной сетке), при этом горно-долинная циркуляция хорошо прослеживается в виде осредненных течений с ярко выраженным временным ходом.

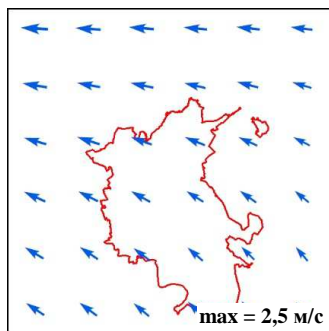
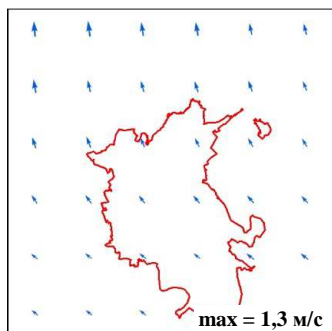
В данной работе для анализа влияния ГДЦ на загрязнение воздушного бассейна города были выбраны двое характерных суток в зимнее (26 февраля 2017 г.) и летнее (26 июля 2017 г.) время. Конечно, речь не идет о детальном анализе (для этого необходима хорошая статистика мезометеорологических полей ветра, давления, температуры), а ставится задача оценки динамических процессов загрязнения воздуха в экстремальных эпизодах. На рис. 2 представлены поля ветра в виде двух колонок, левая относится к 26 февраля, правая – к 26 июля 2017 г. При этом выбраны наиболее характерные моменты времени, в которые ясно прослеживаются фазы горно-долинной циркуляции. Причем видны различия между зимними и летними циркуляционными процессами: зимой в 12:00 все еще наблюдается слабый горный ветер и только в 15:00 и 18:00 проявляется долинный ветер, летом все фазы соответствуют временам восхода и захода солнца.



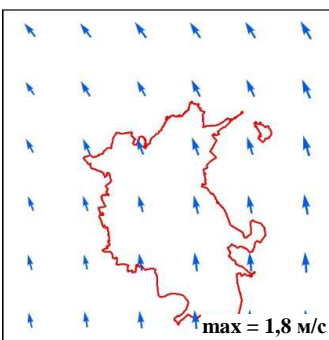
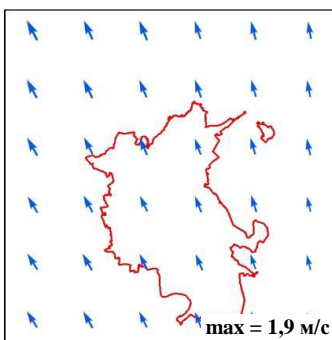
26 февраля 2017 года

26 июля 2017 года

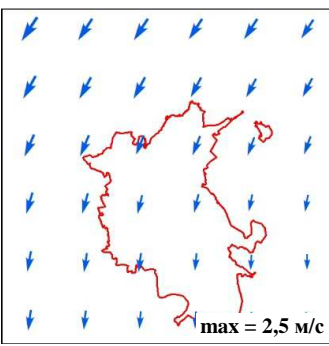
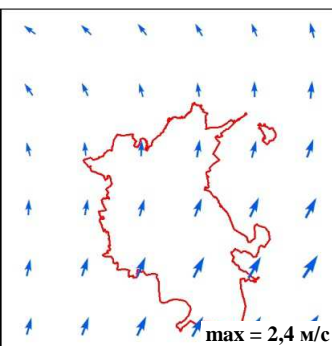
00:00



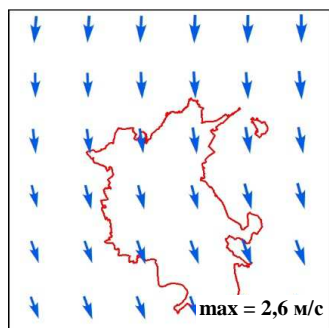
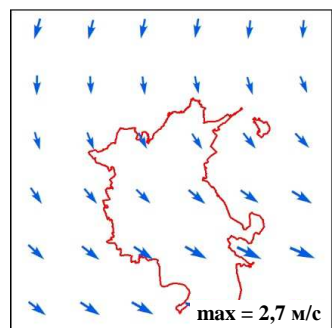
09:00



12:00



15:00



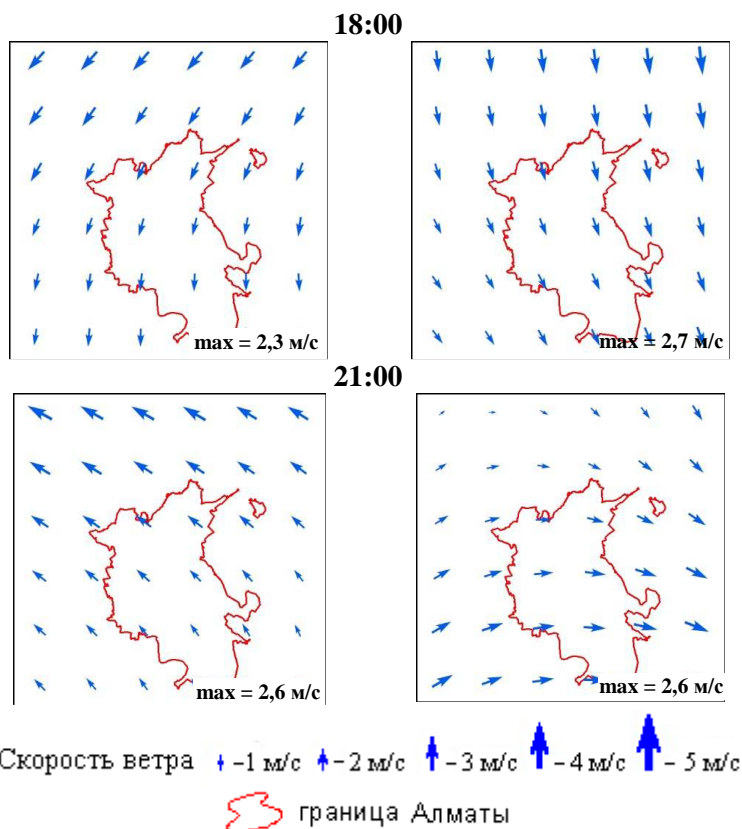
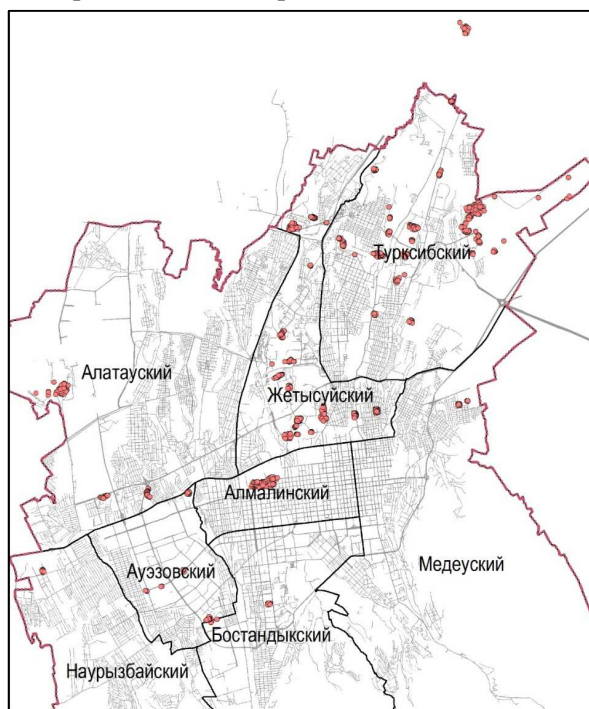


Рис. 2. Поля ветра ГДЦ в характерные моменты времени.

**Источники выбросов загрязняющих веществ.** Информация о выбросах загрязняющих веществ (ЗВ) от стационарных источников получена по данным бланков инвентаризации источников выбросов ЗВ из действующих на 2017 г. проектов предельно-допустимых выбросов (ПДВ). В расчет включены сведения о выбросах загрязняющих веществ от всех основных предприятий, расположенных на территории г. Алматы и в пригородной зоне. С использованием ГИС-технологий выполнена унификация расположения предприятий в единой системе координат. Всего были использованы данные по 61 предприятию с общим количеством источников – 1860. Локализация стационарных источников выбросов отражена на рис. 3.

Во многих городах мира основным виновником высокого уровня загрязнения атмосферы является автотранспорт. По разным оценкам доля примесей от автотранспорта в атмосфере Алматы достигает 70...80 %. В связи с этим, на первый план выступает задача оценки объемов выхлопных газов с детализацией по составу и токсичности. В соответствующих моделях необходимо учесть вид (грузовой, легковой), возраст, средний

пробег, городской цикл (доля периодов торможения, ускорения, холостого хода) и, конечно, трафик и другие характеристики улично-дорожной сети. В Казахстане сертифицирована методика [6], учитывающая самые важные из перечисленных параметров, но, к сожалению, эта методика фактически не используется. В официальном документе [5] прямо указано, что «объемы выбросов от автотранспорта и частных жилых домов не рассчитываются, и по ним не производится сбор статистических данных».



*Рис. 3. Карта локализации стационарных источников выброса загрязняющих веществ.*

В данной работе расчет валовых выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников выбросов был проведен по указанной методике с учетом фактической интенсивности движения автотранспорта на участках улично-дорожной сети города. При этом использовались данные, полученные с августа по октябрь 2017 г. в результате натурных исследований интенсивности транспортных потоков на основных автомагистралях города. Помимо этого, были использованы данные видеорегистрации на 76 перекрестках, полученные из УВД г. Алматы. На карте (рис. 4) красными линиями выделены улицы и перекрестки, по которым были выполнены замеры и рассчитаны выбросы автотранспорта. Эти данные, к сожалению, не охватывают всей улично-дорожной сети.

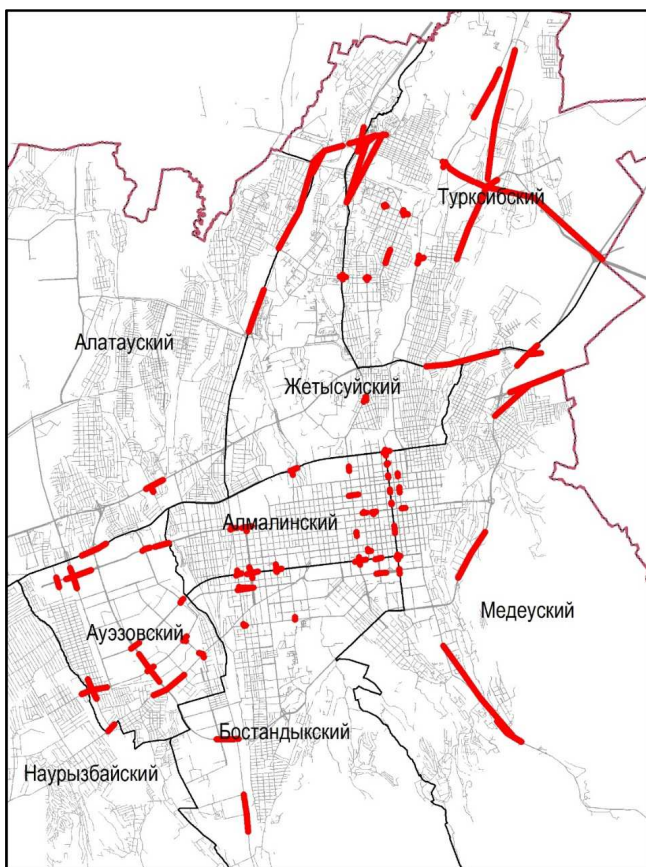


Рис. 4. Карта расположения перекрестков и магистралей, на которых проведены измерения и выполнен расчет выброса выхлопных газов.

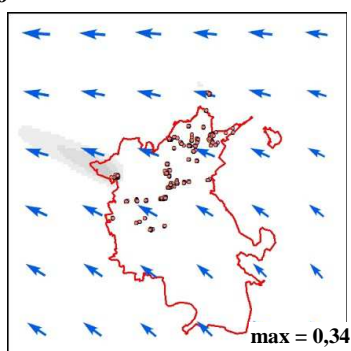
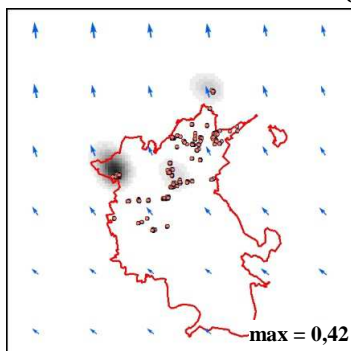
**Результаты моделирования.** При моделировании переноса и рассеяния загрязняющих веществ из всего списка выбрасываемых ингредиентов были выбраны приоритетные загрязнители – диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, фенол, формальдегид свинец, хром, медь, пыль неорганическая и взвешенные частицы. При этом все они учитывались при построении суммарных среднесуточных карт загрязнения атмосферы. Для иллюстрации влияния ГДЦ были выбраны только характерные для стационарных и подвижных источников ингредиенты.

**Стационарные источники.** Анализ влияния ГДЦ на загрязнение атмосферы стационарными источниками выполнен на примере переноса и рассеяния наиболее характерного для предприятий газа – двуокиси серы  $\text{SO}_2$ . На рис. 5 приведены расчетные поля  $\text{SO}_2$ , причем для наиболее наглядного сравнения рядом попарно расположены карты, относящиеся к одному и тому же моменту времени для эпизодов зимней и летней ГДЦ.

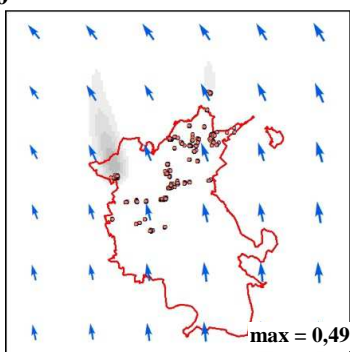
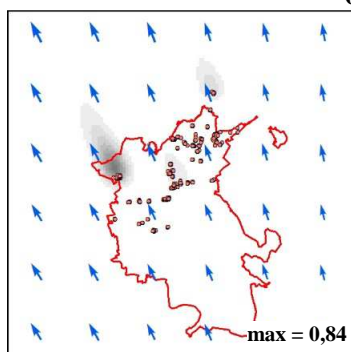
26 февраля 2017 года

26 июля 2017 года

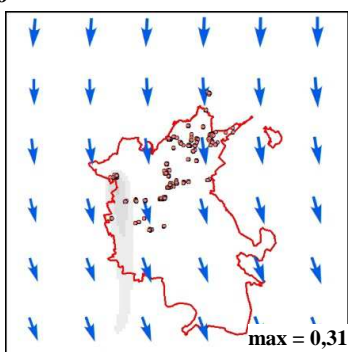
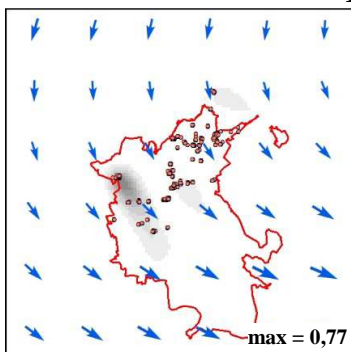
00:00



09:00



15:00



Скорость ветра + -1 м/с + -2 м/с + -3 м/с + -4 м/с + -5 м/с

граница Алматы

ПДК SO<sub>2</sub> 0,0-0,1 0,3-0,4 0,6-0,7 0,9-1,0 1,2-1,3  
0,1-0,2 0,4-0,5 0,7-0,8 1,0-1,1 1,3-1,4  
0,2-0,3 0,5-0,6 0,8-0,9 1,1-1,2 1,4-1,5

Рис. 5. Сравнение полей загрязнения (в ед. ПДК) приземного слоя атмосферы диоксидом серы в условиях зимней (левая колонка) и летней (правая колонка) ГДЦ.

На рисунке видим:

- Перенос примеси соответствуют ветровому режиму ГДЦ и проявляется в виде направленных по ветру шлейфов газа, привязанных к стационарным источникам: трубам ТЭЦ и котельных. При этом шлейфы в летний день распространяются на большее расстояние, чем в зимний.
- Наибольшие концентрации токсичных примесей сосредоточены вблизи предприятий теплоэнергетики как в зимнее, так и в летнее время года, т.к. выброс  $\text{SO}_2$  этих предприятий намного превышает суммарный выброс других стационарных источников. Особенно ярко это проявляется в условиях полного безветрия, когда основная масса загрязняющих веществ концентрируется вокруг ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3.
- Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносит ТЭЦ-2, где топливом служит серосодержащий уголь, при сжигании которого образуется большое количество серного ангидрида. При этом шлейфы этого газа заносятся в густо населенные районы города, в основном, в периоды долинного ветра, когда анабатический подъем воздуха приводит к переносу загрязняющих веществ в сторону гор.
- В зимний день концентрация  $\text{SO}_2$  в 2...3 раза выше, чем в летний и превышает ПДК вблизи источников в условиях малоподвижного воздуха. Это связано, во-первых, с отопительным сезоном, когда значительно интенсивнее работают ТЭЦ и котельные, и, во-вторых, более слабыми скоростями ветров вследствие меньшего перепада температур между горами и долинами.
- Стационарные источники не наносят серьезного ущерба качеству атмосферного воздуха. Максимальные концентрации загрязняющих веществ сосредоточены вблизи источников, в районах, где шлейфы из труб достигают земной поверхности, при этом только уровень  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$  может достичь и превысить ПДК. Для других примесей даже зимой максимальная концентрация значительно ниже ПДК (рис. 6).

В целом, промышленность оказывает значительное влияние на качество воздуха только в северной части города в условиях слабых ветров, где суммарная концентрация:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

может превысить ПДК в три раза (рис. 7). Суммирование произведено по всем вышеперечисленным приоритетным ингредиентам.

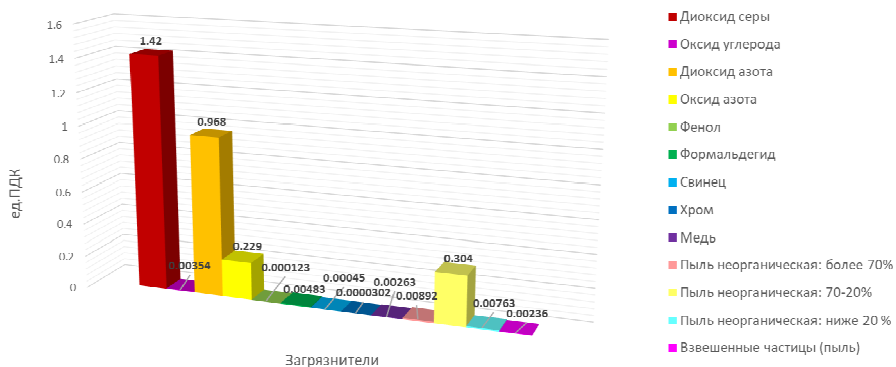


Рис. 6. Гистограмма максимальных значений концентрации различных примесей в условиях зимней ГДЦ.

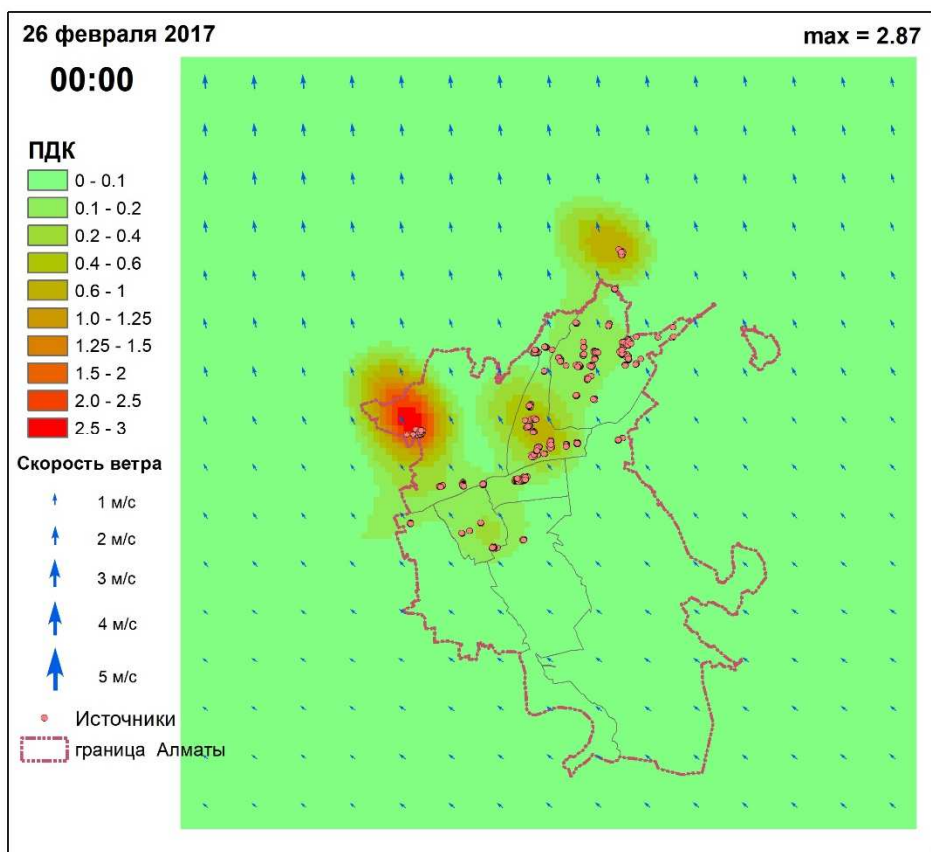


Рис. 7. Карта суммарной концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями г. Алматы в штилевых условиях.

В заключение данного раздела отметим, что основным источником погрешности расчетов является погрешность в задании мощности выбросов. К сожалению, состав и объем загрязняющих веществ рассчитывают



сами предприятия – виновники выбросов. Системы независимого контроля предоставляемых данных в нашей стране не реализованы.

**Подвижные источники (автотранспорт).** Результаты расчетов в данной работе опираются на данные по выхлопным газам, которые, как указано выше, не охватывают всю улично-дорожную сеть города. Но даже эти неполные расчеты свидетельствуют об очень серьезной ситуации по загрязнению атмосферы города выхлопными газами. Практически по всем основным ингредиентам, входящим в состав выхлопных газов (по окислам азота, оксиду углерода, формальдегиду, свинцу и предельным углеводородам) концентрации превышают максимально разовые ПДК. Особенно высокий уровень загрязнения получен для оксида углерода, диоксида азота и предельных углеводородов (рис. 8, 9).

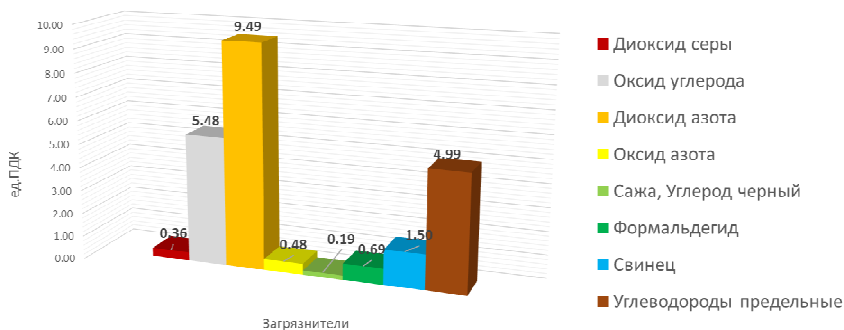


Рис. 8. Максимальные концентрации выхлопных газов 26.07.17.

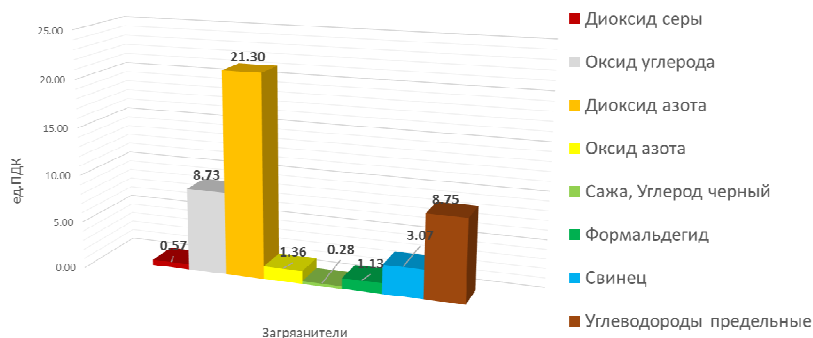


Рис. 9. Максимальные концентрации выхлопных газов 26.02.17.

Как видно на диаграмме наиболее опасным является диоксид азота  $\text{NO}_2$  – бывают периоды, когда его концентрация вблизи магистралей превышает ПДК в 10 раз для летних условий и в 20 раз для зимних условий. Конечно, эти результаты необходимо тщательно проверить, проведя сравнительный анализ с натурными наблюдениями на маршрутных постах в точках максимального трафика автотранспорта.



Анализ расчетных карт показал, что

- Загрязнение приземного слоя напрямую связано с выбросами выхлопных газов. Неполный охват улично-дорожной сети при расчете выбросов приводит к неоднородной картине загрязнения урбанизированной территории (рис. 10).
- Перенос примесей происходит по направлению движения воздушных масс. Как видим на рис. 10 в вечернее время (21:00) летом и зимой шлейфы выноса примесей направлены в разные стороны, что связано с различием между ветровыми режимами ГДЦ: зимой в это время уже сформировался ветер с гор, а летом идет только зарождение горного ветра.
- Внутри большой территории с множеством источников горизонтальный воздушный перенос не приводит к очистке воздуха: слабый ветер сколько уносит, столько и приносит загрязняющих веществ. Это основная причина высокого уровня загрязнения: есть источник – нет стока. Конечно, на границе города идет вынос примесей, но основное влияние ГДЦ проявляется в ночное времена, когда ветер с гор и сильно уменьшенный трафик способствуют очистке воздушного бассейна города.

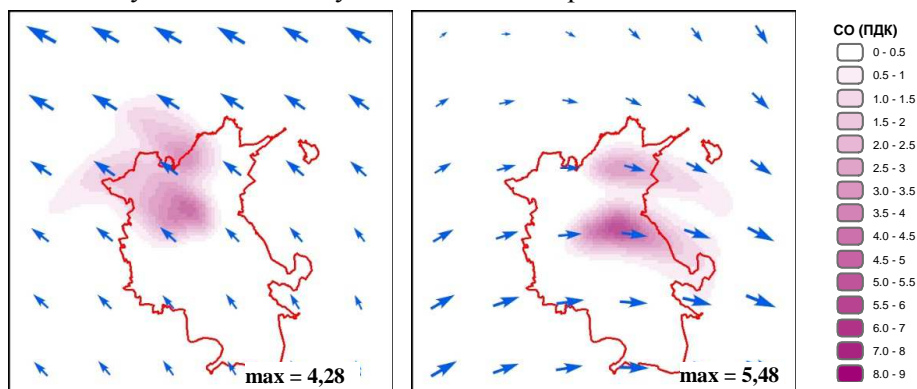


Рис. 10. Сравнение полей загрязнения окисью углерода CO в зимний (26.02.17, 21:00) и летний (26.07.17, 21:00) день и час.

**Заключение.** В данной работе выявлены общие закономерности ГДЦ и ее влияния на качество атмосферного воздуха. Расчетным путем определены различия между летними и зимними режимами ГДЦ, построены карты загрязнения воздуха приоритетными ингредиентами для стационарных и подвижных источников, выполнен анализ динамики процессов переноса в различных фазах ГДЦ. При формировании информационного обеспечения модели был собран и обработан большой массив данных по источникам выбросов загрязняющих веществ. Авторы выражают

благодарность специалистам ТОО «ЭКОСЕРВИС-С» Тазабекову А.Ж. и Салагаевой В.А., участвовавших в обработке этой информации.

Данная работа является первым шагом на пути создания уникальной мезомасштабной модели. Модель учитывает формирование местных ветров (мезоструй из ущелий, склоновых потоков, городского острова тепла), городскую застройку, сухое и влажное осаждение, химические реакции в атмосфере, в результате которых выбрасываемые газы превращаются в гораздо более токсичные вещества и окислители типа озона. При этом наиболее эффективное направление – это адаптация к местным условиям наиболее подходящей модели, например, американского вычислительного комплекса WRF CHEM или европейской разработки EnviroHERLAM urbanization. Эти модели находятся в свободном доступе и постоянно усовершенствуются большими коллективами высококвалифицированных специалистов. Модели имеют статус исследовательских проектов, и их разработчики могут предоставлять консультативную помощь на каждом шаге трудного пути приспособления моделей к исключительно сложным условиям города Алматы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белявская В.Д., Пекур М.С., Петенко И.В., Шурыгин Е.А. Исследование АПС над Алма-Атой методом акустического зондирования. / Исследование загрязнения атмосферы города Алма-Аты. – Ч. 1. Эксперимент АН-ЗАГ-87. – Алма-Ата: Гылым, 1990. – С. 19-22
2. Гельмгольц Н.Ф. Горно-долинная циркуляция северных склонов Тянь-Шаня. – Л.: Гидрометеиздат, 1963 – 330 с.
3. Климат Алма-Аты / Под ред. Ахметжанова Х.А., Швер И.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 266 с.
4. Марчук Г.И. Математические модели в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 319 с.
5. Программа Алматы-2020 [Электрон. ресурс]. – URL: [https://almaty.gov.kz/page.php?page\\_id=3239&lang=1](https://almaty.gov.kz/page.php?page_id=3239&lang=1) (дата обращения 23.07.2018)
6. РНД 211.2.02.11-2004 Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов. – Астана: Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан. – 2004. – 21 с.
7. Установление целевых показателей окружающей среды для г. Алматы. – Отчет, часть 2 [Электрон. ресурс]. – URL: [http://ecoservice.kz/index.php?route=information/news&news\\_id=101](http://ecoservice.kz/index.php?route=information/news&news_id=101) (дата обращения 23.07.2018)

8. Черноножкина В.В. Анализ природно-климатических особенностей местности, способствующих загрязнению воздушного бассейна г. Алматы // Международный научно-исследовательский журнал – 2013. – №1(8) Часть 1 – С. 73-74. [Электрон. ресурс]. – URL: <https://research-journal.org/wp-content/uploads/2011/10/8-1-1.pdf> (дата обращения 23.07.2018).
9. Fast J.D., Gustafson Jr. W.I., Easter R.C., Zaveri R.A., Barnard J.C., Chapman E.G., and Grell G.A., Evolution of ozone, particulates, and aerosol direct forcing in an urban area using a new fully-coupled meteorology, chemistry, and aerosol model // J. Geophys. Res. – 2006. 111, D21305, doi:10.1029/2005JD006721.
10. Gonzalez-Aparicio I., J. Hidalgo, A. Baklanov, U. Korsholm, R. Nuterman, A. Mahura, O. Santa-Coloma (2013): Urban Boundary Layer Analysis in the Complex Coastal Terrain of Bilbao using Enviro-HIRLAM. // Theoretical and Applied Climatology. – Vol. 113, Iss 3-4, P. 511-527; DOI: 10.1007/s00704-012-0808-6
11. Smolarkiewicz P.K., Grabowski W.W. The Multidimensional Positive Advection Transport Algorithm: Nonoscillatory Option // J. Comput. Phys. – 1990. – 86, № 2.
12. Zakarin E. Modeling and Monitoring of Urban Atmosphere Pollution in a composition of GIS // Journal of Computational Technologies. – 2002. – vol. 7, special issue. – P. 48-56.
13. Zakarin E.A., Mirkarimova B.M. Air pollution modeling for Almaty city / In «UAP: Urban Air Pollution (SCR-E/110738/C/SV/KZ)». – Netherlands, DHV Consultants. – 2002. – Final Report, Annex VI. – 27 p.

Поступила 23.07.2018

Техн. ғылымд. докторы	Э.А. Закарин
Техн. ғылымд. канд.	Т.В. Дедова
Техн. ғылымд. докторы	Б.М. Миркаримова
Мед. ғылымд. докторы	Н.А. Яковлева
	Е.К. Садвакасов

### АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАСЫНЫҢ ЛАСТАНУЫНА ТАУ-АҢҒАР АЙНАЛЫМЫНЫҢ ӘСЕРІН САНДЫҚ ТАЛДАУ

**Түйінді сөздер:** тау-аңғар айналымы, атмосфераның ластануы, математикалық модель, шығарындылар, стационарлық және жылжымалы көздер

*MoDAP моделі бойынша сандық есептеулер негізінде жазға және қысқа тән атмосфераның тұрақты жағдайындағы күндерде*

*тау-аңғар айналымының әр түрлі фазаларын жүзеге асыру кезінде атмосфераның ластану өрістерін талдау іске асырылды. Есептеу кезінде стационарлық және жылжымалы (автокөлік) көздердің шығарындылары бойынша деректер пайдаланылды.*

Zakarin E., Dedova T., Mirkarimova B., Yakovleva N., Sadvakassov Ye.

## **NUMERICAL SIMULATIONS OF THE IMPACT OF MOUNTAIN-VALLEY WIND CIRCULATION ON THE ALMATY CITY ATMOSPHERIC POLLUTION**

**Keywords:** mountain-valley wind circulation, atmospheric pollution, mathematical model, emissions, stationary and mobile sources

*The impact of mountain-valley wind circulation (MVC) on the atmospheric pollution was analyzed using MoDAP model. Pollution fields realized on various phases of MVC for the two characteristic summer and winter low-winded days were considered. Atmospheric pollution of Almaty city has been studied taking into account the emissions of stationary (industrial) and mobile (vehicle) sources.*

УДК 551.582:551.52/.57

Г.Е. Турумова<sup>1</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСНЕЖНЫХ И МАЛОСНЕЖНЫХ ЗИМ В КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ключевые слова:** температура воздуха, атмосферные осадки, формы циркуляции, макроциркуляционные характеристики, большая и малая продолжительность залегания устойчивого снежного покрова, индекс Багрова

*В статье рассмотрены климатические параметры (температура воздуха и атмосферных осадков), определяющие многоснежные и малоснежные зимы в Костанайской области за период 1971...2017 годы. Проведен анализ временного хода температуры воздуха и атмосферных осадков. Рассчитаны их статистические характеристики. Составлен каталог многоснежных и малоснежных зим на основе использования комплексного критерия. Рассчитаны аномалии чисел дней с формами циркуляции W, E и C, аномалии индексов Северно-Атлантического колебания NAO, южного колебания SOI и арктического колебания АО для многоснежных и малоснежных месяцев. Проанализирована связь многоснежных и малоснежных зим с экстремально большой и экстремально малой продолжительностью залегания устойчивого снежного покрова.*

**Введение.** Изучение режима температуры и осадков зимних месяцев является одной из наиболее актуальных задач географической науки. Влияние изменения этих метеорологических величин на жизнь человека и окружающую среду может быть как положительным, так и отрицательным, поскольку температура воздуха и атмосферные осадки напрямую воздействуют как на состояние земной поверхности, так и на условия жизни и хозяйственной деятельности человека.

Твердые осадки (снег, снежная крупа, снежные зерна), выпадающие на земную поверхность при отрицательных температурах воздуха, в процессе накопления создают снежный покров. Накопление снега также зависит от характера и частоты выпадения осадков.

<sup>1</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Существует большое количество работ, в которых особый интерес представляет анализ динамики распределения температуры воздуха и зимних осадков в условиях современного изменения климата [1, 2, 4, 10].

**Исходный материал и методы исследования.** В данной статье был рассмотрен временной ход температуры и атмосферных осадков за 47 лет на территории Костанайской области. Для исследования взяты среднемесячные значения температуры воздуха и количества осадков на 6 метеорологических станциях (М) Костанайской области относительно равномерно расположенных на территории (Костанай, Кушмурун, Жетыгара, Торгай, Аркалык и Амангельды) за зимние месяцы в период 1971...2017 гг.

В качестве критерия, описывающего особенности зимы использована величина

$$W = \frac{\Delta T}{\sigma_T} + \frac{\Delta R}{\sigma_R}, \quad (1)$$

где  $W$  – комплексный критерий, описывающий особенности зимы;  $T$  – температура воздуха;  $R$  – количество осадков;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

Анализ некоторых вариантов, которые можно учесть с помощью формулы (1):

а) если  $\Delta T > 0$  и  $\Delta R > 0$ , то  $W \gg 0$ ;

б) если  $\Delta T < 0$  и  $\Delta R < 0$ , то  $W \ll 0$ ;

в) если  $\Delta T > 0$  и  $\Delta R < 0$ , то величина и знак  $W$  будут определяться

соотношением между  $\frac{\Delta T}{\sigma_T} > 0$  и  $\frac{\Delta R}{\sigma_R} < 0$ . Аналогично  $\Delta T < 0$  и  $\Delta R > 0$ .

Таким образом, значение  $W \gg 0$  характеризует теплую и много-снежную зиму; при  $W \ll 0$  зима холодная и малоснежная [5].

**Результаты и обсуждение.** Среднемесячное количество осадков декабря в Костанайской области за период с 1971...2017 гг. составляет 18...26 мм, января – 13...27 мм, февраля – 10...21 мм.

С целью детального описания временного хода количества осадков в период с 1971 по 2017 годы были построены соответствующие графики для четырех станций Костанайской области (Костанай, Жетыгара, Кушмурун и Торгай) для января (рис. 1 – 4).

В соответствии с рис. 1-4 на исследуемой территории наблюдается тенденция уменьшения количества осадков со средней скоростью 0,2 мм/10 лет.

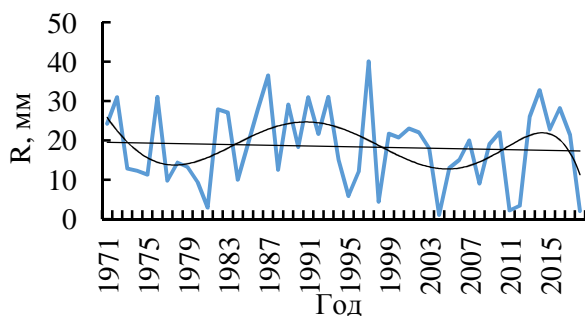


Рис. 1. Временной ход количества осадков в январе на М Костанай.

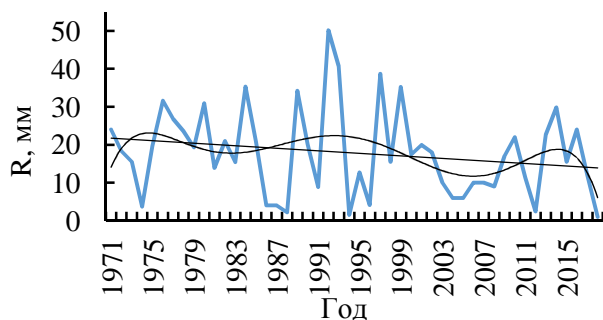


Рис. 2. Временной ход количества осадков в январе на М Жетыгара.

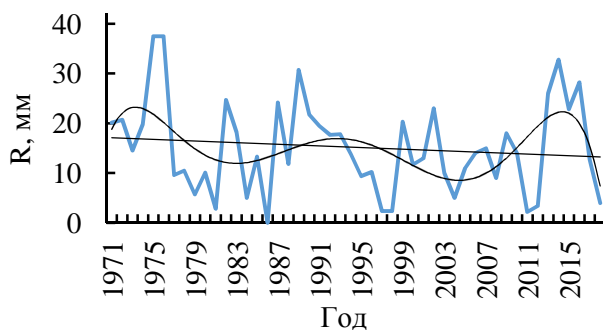


Рис. 3. Временной ход количества осадков в январе на М Кушмурун.

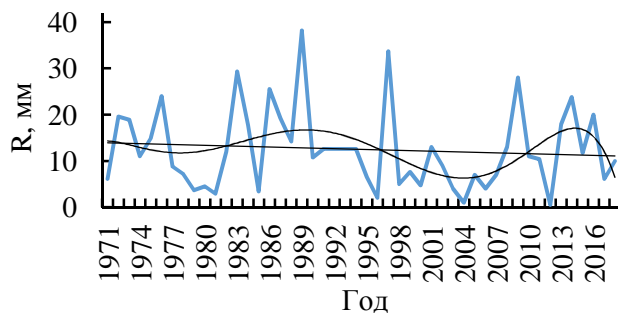


Рис. 4. Временной ход количества осадков в январе на М Торгай.

Средняя температура воздуха декабря в Костанайской области, рассчитанная за 1971...2017 гг. по 6 станциям области составляет -12,3 °С и колеблется от -13,4 °С (на М Жетыгара) до -10,8 °С (М Торгай). Средняя температура воздуха января равна -15,8 °С и варьирует от -16,5 °С до -14,9 °С. Средняя температура воздуха февраля по области в среднем равна -15,1 °С и колеблется от -15,7 °С до -14,7 °С. На всех рассматриваемых станциях наблюдается тенденция повышения температуры воздуха со средней скоростью 0,1 °С/10 лет.

Результаты аналогичных расчетов и анализов пространственно-временного хода температуры воздуха и количества осадков для территории республики представлены в работах [3, 6, 7, 8].

На основе (1) представлен каталог многоснежных и малоснежных месяцев с использованием индекса  $W$  (табл. 1).

Таблица 1

Каталог многоснежных и малоснежных месяцев по комплексному критерию  $W$

Месяц	Год	
	многоснежный	малоснежный
Декабрь	1971, 1975, 1979, 1982, 2006, 2015	1970, 1974, 1976, 1984, 2002, 2011, 2012
Январь	1975, 1976, 1983, 1989, 1997, 2002	1977, 1996, 2006, 2008, 2011, 2012
Февраль	1983, 1985, 1998, 1999, 2002, 2007	1972, 1974, 1980, 1988, 1991, 2010, 2012

Практический интерес представляет анализ поля температуры воздуха для двух классов зим. Выявлено, что в подавляющем большинстве случаев многоснежные зимы на исследуемой территории бывают теплыми, а малоснежные – холодными (табл. 2).

Таблица 2

Значения аномалий температуры воздуха для многоснежных и малоснежных месяцев

Месяц	Значение аномалий температуры воздуха $\Delta T$			
	$\Delta T > 0$	$\overline{\Delta T}$ , °С	$\Delta T < 0$	$\overline{\Delta T}$ , °С
	многоснежная зима		малоснежная зима	
Декабрь	6	+3,5	7	-5,7
Январь	6	+4,2	6	-5,6
Февраль	6	+3,9	7	-4,2

В многоснежные зимы величина аномалии температуры составляет +3,5...+4,2 °С, в малоснежные – -5,7...-4,2 °С.



Заметим, что на изучаемой территории возможны случаи, когда многоснежные месяцы наблюдаются при отрицательной аномалии температуры воздуха, а малоснежные – при положительной.

В данной работе рассматриваются особенности атмосферной циркуляции, которые определяют многоснежные и малоснежные зимние месяцы. Для характеристики атмосферной циркуляции используется известная классификация Вангенгейма-Гирса [1]. Формы циркуляции W, E и C характеризуется чаще всего противоположным распределением очагов аномалий температуры и аномалий осадков [7]. Поэтому число суток с формами циркуляции может быть использовано при изучении многоснежных и малоснежных зим (табл. 3).

Таблица 3

Аномалии числа дней с формами циркуляции W, E и C многоснежных и малоснежных месяцев

Месяц	Многоснежный			Малоснежный		
	$\Delta W$	$\Delta E$	$\Delta C$	$\Delta W$	$\Delta E$	$\Delta C$
Декабрь	5	-8	3	-2	4	-2
Январь	5	-7	2	-3	4	-1
Февраль	1	-4	3	-3	6	-3
Ср. значение	4	-6	3	-3	5	-2

Многоснежные месяцы определяются преобладанием форм циркуляции W и C, а малоснежные – формой циркуляции E.

В последнее десятилетие особое внимание уделяется изучению таких макроциркуляционных характеристик как Северно-Атлантическое колебание NAO, южное колебание SOI и Арктическое колебание AO. В данной работе изучена их связь с многоснежными и малоснежными зимними месяцами (табл. 4).

Таблица 4

Аномалии индексов NAO, SOI и AO для многоснежных и малоснежных месяцев

Месяц	Многоснежный			Малоснежный		
	$\Delta NAO$	$\Delta SOI$	$\Delta AO$	$\Delta NAO$	$\Delta SOI$	$\Delta AO$
Декабрь	0,95	-0,16	1,371	-0,15	0,34	-0,349
Январь	0,24	-0,08	1,361	-0,06	0,91	-0,846
Февраль	-0,33	-0,44	-0,280	-0,22	0,16	-0,911
Ср. значение	0,29	-0,23	0,817	-0,14	0,47	-0,702

Многоснежным месяцам соответствуют положительные аномалии индексов NAO и AO и отрицательные аномалии индекса SOI, а малоснеж-

ным – отрицательные аномалии индексов NAO и АО и положительные аномалии индекса SOI.

Особый научный и практический интерес представляет анализ связи многоснежных и малоснежных зим с продолжительностью залегания устойчивого снежного покрова. В качестве критерия продолжительности залегания устойчивого снежного покрова, использовался критерий Багрова [9]. Анализ показал, что в подавляющем большинстве случаев многоснежные зимы сопровождаются большой продолжительностью залегания устойчивого снежного покрова, а малоснежные зимы – малой.

### **Выводы.**

1. На территории Костанайской области наблюдается тенденция уменьшения количества осадков со средней скоростью 0,2 мм/10 лет;
2. Также наблюдается тенденция повышения температуры воздуха со средней скоростью 0,1 °C/10 лет;
3. Построен каталог многоснежных и малоснежных месяцев с использованием комплексного критерия *W*. В декабре наблюдалось 6 многоснежных и 7 малоснежных случаев; в январе – 6 многоснежных и 6 малоснежных случаев; в феврале – 6 многоснежных и 7 малоснежных случаев;
4. На исследуемой территории в подавляющем большинстве случаев многоснежные зимы бывают теплыми, а малоснежные – холодными. Также возможны случаи, когда многоснежные зимы наблюдаются при отрицательной аномалии температуры воздуха, а малоснежные – при положительной;
5. Многоснежные месяцы определяются преобладанием форм циркуляции *W* и *C*, а малоснежные – формой циркуляции *E*;
6. Многоснежным месяцам соответствуют положительные аномалии индексов NAO и АО и отрицательные аномалии индекса SOI, а малоснежным – отрицательные аномалии индексов NAO и АО и положительные аномалии индекса SOI.
7. В подавляющем большинстве случаев многоснежные зимы сопровождаются большой продолжительностью залегания устойчивого снежного покрова, а малоснежные зимы – малой.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Байдал М.Х. Колебания климата Кустанайской области в 20 столетии. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 42 с.
2. Вилесов Е.Н. Региональные изменения климата в условиях глобального потепления // Гидрометеорология и экология. – 2008. – №1. – С. 7-19.

3. Долгих С.А., Илякова Р.М., Кожакметов П.Ж., Никифоров Л.Н., Петров Е.Е., Смирнова Е.Ю. Оценочный доклад об изменениях климата на территории Казахстана. – Астана: РГП «Казгидромет», 2014. – С. 7-25.
4. Долгих С.А., Илякова Р.М., Сабитаева А.У. Об изменении климата Казахстана в прошедший столетний период // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 4. – С. 6-23.
5. Попов А.В. О возможности прогноза теплых многоснежных и холодных малоснежных зим. //Тр. Гидрометцентра СССР. – 1975. – Вып. 156. – С. 39-45.
6. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Долгих С.А., Полякова С.Е. Современные тенденции изменения климата // Университеты XXI века: инновации и новые технологии: Матер. междунар. науч. конф., посв. 75-летию КазНУ им. аль-Фараби, 14-15 октября, 2009 г. – Алматы: Казак университеті, 2009. – С. 216-220.
7. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е. Атмосферная циркуляция и особенности распределения аномалий температуры и осадков в Казахстане // Вестник КазНУ. Серия география. – 2010. – №2(31). – С. 62-75.
8. Сальников В.Г., Турулина Г.К., Полякова С.Е., Петрова Е.Е. Изменения климата и его региональные проявления в Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2014. – Вып. 2. – С. 17-31.
9. Турулина Г.К., Сальников В.Г., Полякова С.Е., Муратова Н.Р. Современные тенденции продолжительности залегания устойчивого снежного покрова в Северном Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2013. – Вып. 3. – С. 7-15.
10. Чичасов Г.Н. О пространственной структуре полей средней месячной температуры воздуха в Казахстане // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. – 1986. – Вып. 94. – С. 82-89.

Поступила 7.06.2018

Г.Е. Турумова

## **ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫ БОЙЫНША КӨП ҚАРЛЫ ЖӘНЕ АЗ ҚАРЛЫ ҚЫСТЫҢ ТАРАЛУЫ**

**Түйінді сөздер:** ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын, көп қарлы қыс, аз қарлы қыс, циркуляция түрлері, макроциркуляциялық сипаттамалар, тұрақты қар жамылғысының өте үлкен және өте қысқа ұзақтығы, Багрова индексі

*Мақалада 1971...2017 жылдар кезінде Қостанай облысындағы көп қарлы және аз қарлы қыстардың негізгі*

климаттық параметрлерін (температура және жауын) уақытша бөлу мүмкіндіктерін сипатталады. Ауа температурасының және атмосфералық жауын-шашынның уақытша бағалары талданады. Олардың статистикалық сипаттамалары есептеледі. Кешенді критерий қолдану арқылы көп қарлы қыс пен аз қарлы қыс каталогі жасалынған. Көп қарлы және аз қарлы айларға циркуляция түрлерінің, W, E, және C, аномалиялары, NAO Солтүстік Атлант Тербелісі, SOI Оңтүстік тербеліс және АО Арктикалық Тербеліс индекстер күндеріні аномалиялар саны есептеледі. Өте үлкен және өте қысқа тұрақты қар жамылғысының ұзақтығы мен көп қарлы және аз қарлы қыстармен қарым-қатынасы талданады.

Turumova G.E.

## RESEARCH SNOWY WINTERS AND LITTLE SNOW WINTERS IN AREA OF KOSTANAI

**Keywords:** air temperature, atmospheric precipitation, snow winters, little snow winters, circulation forms, macrocirculation characteristics, long and short duration of stable snow cover, Bagrov index

*The peculiarities of the temporal distribution of the main climatic parameters (air temperature and atmospheric precipitation) determining during the snowy and little snow winters in the Kostanay region for the period 1971...2017 are considered in the paper. The time course of air temperature and atmospheric precipitation is analyzed. Their statistical characteristics are calculated. A catalog of snowy and little snow winters is compiled on the basis of the use of a complex criterion. The anomalies of the days numbers with circulation forms W, E and C, anomalies of the indices of the North Atlantic Oscillation NAO, the Southern Oscillation Index SOI and the Arctic Oscillation AO for the snowy and little snow months are calculated. The connection between snowy and little snow winters with extremely large and extremely short duration of occurrence of a stable snow cover has been analyzed.*

УДК 551.501

Б.К. Канаева <sup>1</sup>

Геогр. ғылымд. канд. А.С. Нысанбаева <sup>1</sup>

**АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНДА МЕЗОМАСШТАБТЫ КОНВЕКТИВТІ  
ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ДАМУЫН БОЛЖАУҒА ҚАЖЕТТІ  
ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ИНДЕКСТЕРДІҢ ШЕКТІК МӘНДЕРІН  
MODIS AQUA / TERRA ЖЕР СЕРІКТЕРІНІҢ МӘЛІМЕТТЕРІ  
АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ**

**Түйін сөздер:** мезомасштабты конвективті жүйелер (МКЖ), термодинамикалық тұрақтылық индекстері, Lifted Index, K Index, Total Totals, MODIS Aqua/Terra жер серігі

*Алматы облысының табиғи жағдайы күрделі, яғни шөлден мәңгі қарға дейін 5 климаттық аймақты қамтығандықтан, мұнда жүріп жататын атмосфералық процестерді де зерттеу күрделене түседі. Соның ішінде мезомасштабты конвективті жүйелерді дұрыс талдау мен болжау өте маңызды. Бұл мақалада Алматы облысында мезомасштабты конвективті жүйелердің пайда болып, ары қарайғы дамуын зерттеуге қажетті термодинамикалық тұрақтылық индекстерінің шектік мәндерін анықтаудың визуалды әдістемесі қарастырылған.*

**Кіріспе.** Көптеген авторлар бойынша [Mueller C.K., Wilson J.W., Crook N.A., Davis H., Kitzmiller, McGovern W.E.], мезомасштабты конвективті жүйелер дегеніміз қатты желдердің, мезомасштабты конвективті кешендердің және конвективті штормдарды топтастыратын конвективті бұлттар жиынтығының үлкен, әрі ұзақ өмір сүретін нысаны. Мезомасштабты конвективті жүйелер бірнеше шақырымнан жүздеген шақырымға дейін, бір сағаттан аз уақыттан бастап тәуліктерге дейін созылатын ерекшелігімен айқындалады. МКЖ-не қатпарлы және конвективті жауындардың қос аймағы да кіреді. Іс жүзінде МКЖ шеңберінде будақ бұлттар тропопауза биіктігінен де асып өсуі мүмкін және ұйымдасқан қатпарлы конвекция түзетін объект ретінде бірнеше ондаған километрге дейін жетуі мүмкін. МКЖ-дің құрылымы оған тән процестерге байланысты, яғни бұлттар микрофизикасы, көтерілу

<sup>1</sup> әл Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан

механизмі, өрлеу ағындары-көтерілу ағындары сияқты процестерге байланысты өте күрделі болып келеді [6].

Синоптикалық масштабтағы ауа райы жүйесі энергияның көп бөлігін мезомасштабты жүйе шеңберінен алады. Осы мезомасштабты жүйелер шеңберінде болып жататын ауа райы құбылыстары қысқа мерзімді болжамдардың негізі болып табылады. Жер серіктік және радиолокациялық бақылаулардың дамуы осы жүйелерді терең түсінуге мүмкіндік берді.

Мезомасштабты конвективті жүйелердің әсері екі жақты болып келеді. Пайдалы жағынан қарастырсақ, МКЖ ауылшаруашылығына тиімді мол жауын-шашынның түсуін қамтамасыз етеді, ал теріс әсері – баяу орын ауыстыруы және әрекет ету уақыты ұзаққа созылатындықтан, өте көп мөлшердегі нөсер жауын су тасқыны қаупін туғызып қана қоймай, найзағай, күшті желдер және бұршақ ұруы ауыл шаруашылығы саласына, авиацияға орасан зор зиян тигізеді. Сонымен қатар, жер серіктерін орбитаға шығару кезінде қиын жағдайларды туғызу қаупі бар.

Мақалада баяндалатын жұмыстың мақсаты – MODIS Aqua/Terra жер серіктерінің [13] мәліметтерін пайдалана отырып Алматы облысындағы МКЖ дамуын және алдын ала болжауға қажетті термодинамикалық тұрақсыздық индекстерінің (LI, TTI, K-Index және TPW) шектік мәндерін анықтау болды [4, 5].

**Бастапқы деректер мен зерттеу әдістері.** Осы зерттеу жұмысы үшін келесі мәліметтер пайдаланылды:

а) 2010, 2011және 2012 жылдардың мамыр, маусым айларындағы найзағай болған күндердің жалпы саны, бұл мәліметтер таңдап алынған метеостанциялардың бақылау архивінен алынды. ЖЖС мәліметтері бойынша орын алған МКЖ жағдайларын талдау үшін Алматы облысы аумағы бойынша метеорологиялық станциялардың мәліметтері жинақталды. Алматы облысының 5 метеорологиялық станцияларының мәліметтері кестеде келтірілген (кесте).

б) TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)жер серігінен МКЖ орын алған күндердегі жауын-шашын жөніндегі мәліметтер алынып, талданды.TRMM жер серігі АҚШ пен Жапонияның бірлесе отырып 1997 жылытропиктік және субтропиктік аймақтарда жауын-шашын мөлшерін қадағалау мақсатында ұшырған жер серігі [11].

в) GDAS (мәліметтерді ассимиляциялаудың әлемдік жүйесі): FNL жедел талдауы (нақты уақыт) [12]:

- барлық қысым деңгейлері үшін атмосфера параметрлерін береді (1000 – 10 мб);
- теңіз деңгейінің биіктігі;
- температура (төселме беткей, төселме беткейден 2 м жоғары, төселме беткейден 10 м жоғары);
- тропопауза;
- максимальді жел деңгейі;
- теңіз деңгейінен 1829 м, 2743 м, 3658 м жоғары;
- 2 рv өлшем бірлігі, -2 рv өлшем бірлігі;
- 0 °С изотермасы, 0-10 см төмен деңгей, 10-200 см төмен деңгей).

Кесте

Алматы, Ақсеңгір, Есік, Бақанас және Шымбұлақ метеостанцияларының  
(М) мезомасштабты конвективті жүйе орын алған күндеріндегі  
метеокөрсеткіштері

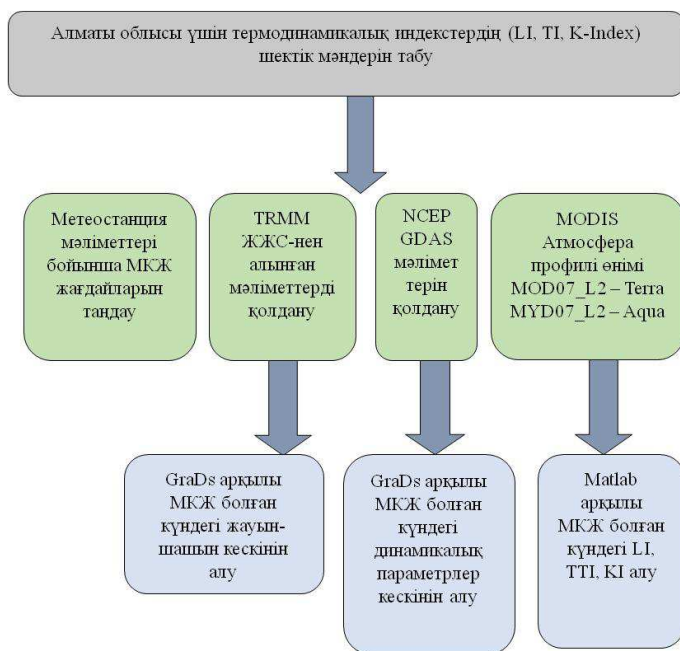
Координаттары		Құбылыс уақыты (Гринвич)	Жауын-шашын, мм		Қауіпті құбылыс
ендік, °с.е.	бойлық, °ш.б.		МС	TRMM 3B42 ЖЖС	
Обсерватория					
43,14	76,93	15.06.2011 11.05-12.35	9	6...9	найзағай, бұршақ
Ақсеңгір					
43,45	76,27	28.06.2011 10.50-12.05 14.35-16.30	8	6...9	найзағай, бұршақ
Есік					
43,02	77,47	30.05.2011 11.15-12.05	7	6...9	найзағай, бұршақ
Бақанас					
44,50	76,27	30.05.2012 09.50-11.30	10	21...24	найзағай, бұршақ
Шымбұлақ					
43,06	77,00	27.06.2011 07.02-09.43	20	21...24	найзағай, бұршақ

Осы зерттеу жұмысында келесі параметрлер пайдаланылған: салыстырмалы ылғалдылық, желдің U&V компоненттері, жалпы су буы қоры (Total Precipitable Water) [12].

г) MODIS веб сайтынан [<http://modis.gsfc.nasa.gov>] алынған мәліметтер. Бұл мәліметтерде температура мен ылғалдылықтың вертикальді профилі және тұрақсыздықтың термодинамикалық

параметрлері (LI, TTI, KI және TPW) туралы ақпарат бар. MODIS атмосфералық тұрақтылығы атмосфераның күнделікті үш индекстерінен тұрады. TT, LI және KI инфрақызыл температурасы мен ылғалдылық профилін қолдану арқылы есептеледі. Атмосфера температурасы, ылғалдылық және атмосфера геопотенциалы 20 атмосфералық қысым деңгейінде жасалады (05, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 620, 700, 780, 850, 920, 950, 1000 гПа) [13].

Талдауды жүргізудің алгоритмі келесі блок-сызбада көрініс тапқан (сурет 1):



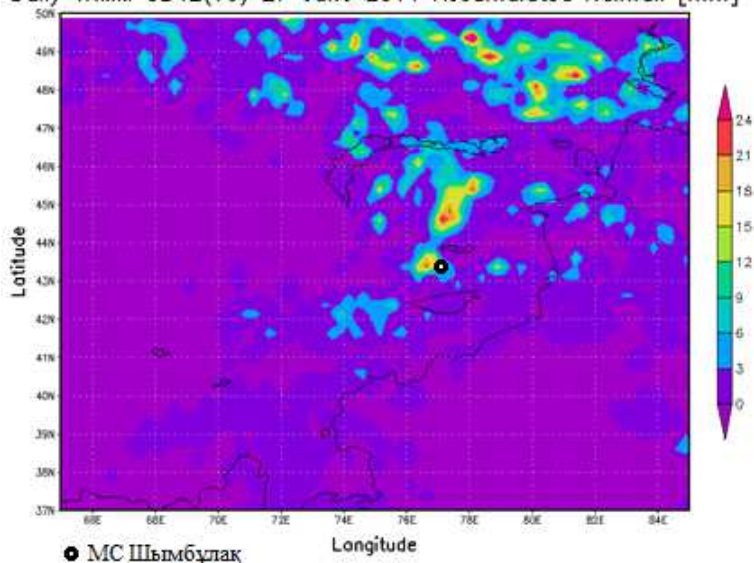
Сурет 1. Зерттеу әдістемесінің блок-сызбасы.

**Нәтижелері мен талқылаулар.** Алматы облысының 5 метеорологиялық станциясы бойынша ЖЖС өңделген мәліметі арқылы мынадай термодинамикалық тұрақтылық индекстерінің шектік мәндері визуалды әдіспен анықталды: LI (Lifted Index), K-индексі (K Index), TT (Total Totals Index) және жалпы су буы қоры (Total Precipitable Water). Бұл мақалада зерттеу нәтижелерін Шымбұлақ метеостанциясының (географиялық координаттары 43,06°с.е., 77,00°ш.б.) мысалында көруге болады.

Шымбұлақ метеорологиялық станциясының мәліметі бойынша күшті конвекция кезінде жалпы жауын-шашын мөлшері 20 мм құраған. TRMM 3B42 жер серігінің мәліметі бойынша 24 сағат ішінде жинақталған жауын-шашын мөлшері 21...24 мм құрайды (2-сурет).

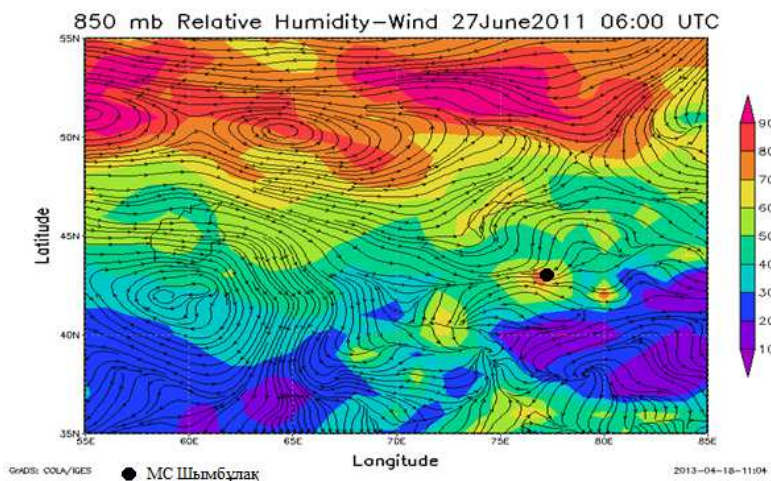


Daily TRMM 3B42(V6) 27 June 2011 Accumulated Rainfall [mm]

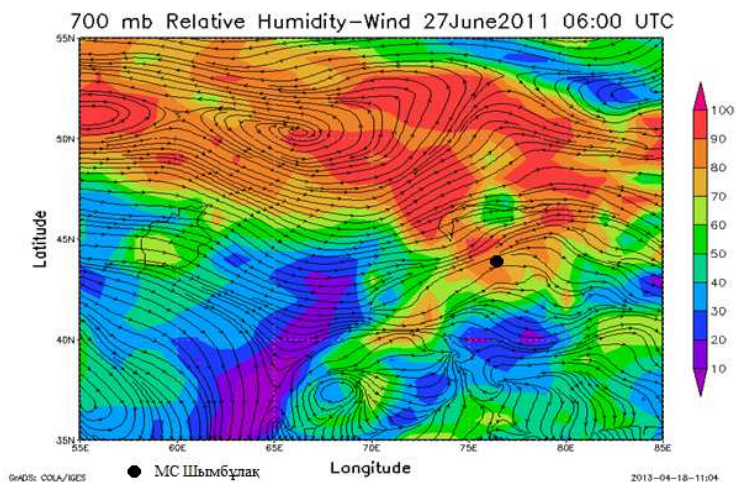


Сурет 2. TRMM 3B42 ЖЖС-нен алынған 24-сағаттық жиынтық жауынның карта-графикі.

Осы күнгі МКЖ динамикасын талдау үшін  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  координаттық торы Ғаламдық Мәліметтер Ассимиляциясының Жүйесінен (GDAS) алынған. Төмендегі суреттерде (сурет 3, 4) 06:00 Гринвич уақыты бойынша 850 мб және 700 мб деңгейлеріндегі салыстырмалы ылғалдылық пен жел ағынының сызықты түрі көрсетілген (3, 4-сурет).

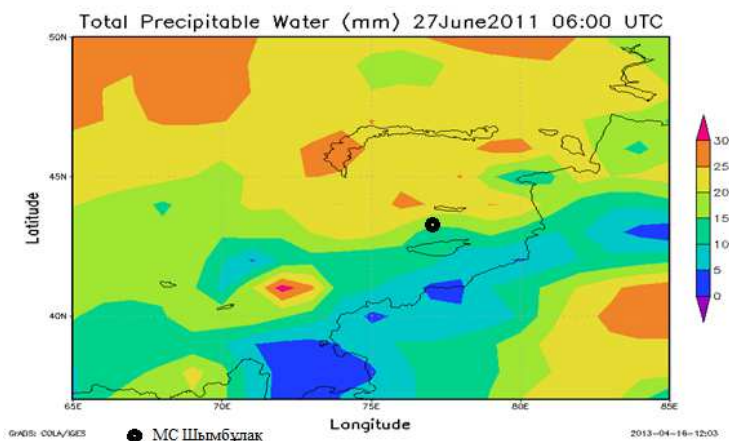


Сурет 3. 2011ж. 27-маусымындағы 06:00 Гринвич уақыты бойынша GDAS модельді талдауынан алынған 850 мб деңгейіндегі салыстырмалы ылғалдылық пен жел векторының графиктері.



Сурет 4. 2011ж. 27-маусымындағы 06:00 Гринвич уақыты бойынша GDAS модельді талдауынан алынған 700 мб деңгейіндегі салыстырмалы ылғалдылық пен жел векторының графикатері.

3-суреттегі 850 мб деңгейінде салыстырмалы ылғалдылық мәні зерттеліп отырған аймақтың кей жерлерінде 60...70 %-ға дейін, кей жерлерде 80...90 %-ға дейін жетсе, 4-суреттегі 700 мб деңгейінде салыстырмалы ылғалдылық мәні кей жерлерде 100 %-ға дейін жетеді. 5-суретте зерттеліп отырған аудандағы жалпы су буы аймағы 06:00 Гринвич уақыты бойынша GDAS моделінен алынып, картаға түсірілген (5-сурет).



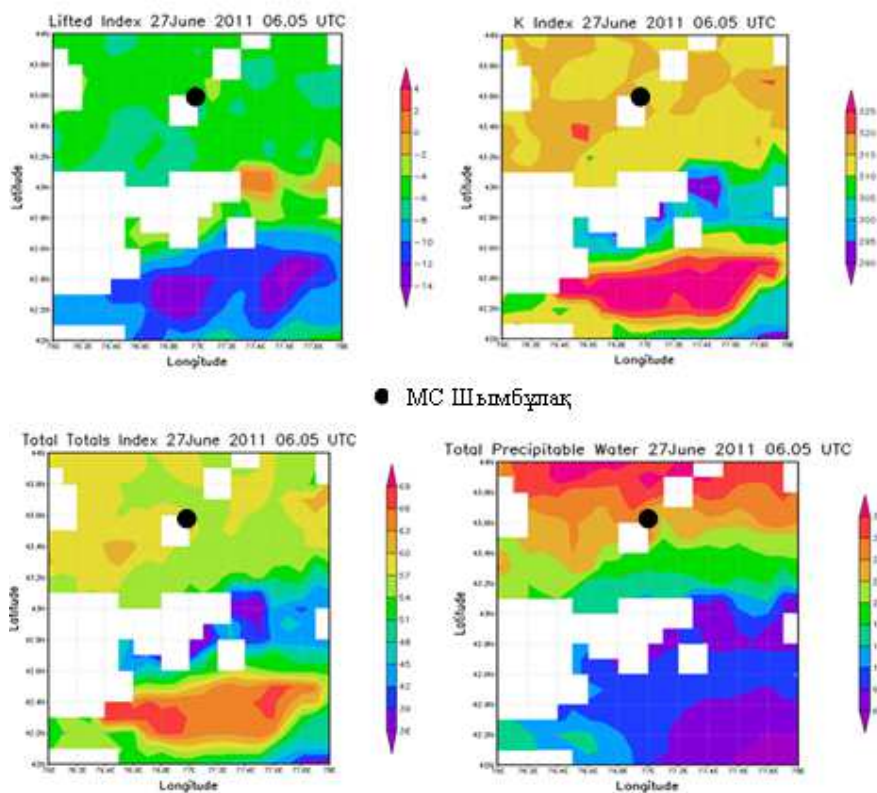
Сурет 5. 2011ж. 27-маусымындағы 06:00 Гринвич уақыты бойынша GDAS модельді талдауынан алынған жалпы су буы аймағы (TPW).

5-суретте 06:00 Гринвич уақыты бойынша зерттеу аймағына еліміздің орталық аудандарынан үлкен ылғал аймағы келіп түседі, бұл ылғал конвективті жүйенің басталуы мен дамуына ықпал етуі мүмкін.

GDAS моделінен алынған TPW мәні зерттеліп отырған аймақта 06:00 Гринвич уақыты бойынша 20...25 мм-ден көп болған, мұндай жоғары көрсеткіш конвективті жүйенің дамуын жылдамдатуы мүмкін.

MODIS Terra платформасының зерттеліп отырған аймақ үстінен кесіп өтуі 2011 жылдың 27-маусымында 06:05 Гринвич уақыты бойынша болған, бұл уақыт конвективті жүйе дамуынан 57 минут бұрын уақытқа сәйкес келеді. MODIS Aqua платформасының осы аймақты кесіп өтуі бұл уақытқа сәйкес келмейді.

Тұрақтылық индекстері MODIS L2 деңгейінен алынып, зерттеліп отырған аймақ үшін картаға түсірілген (6-сурет).



*Сурет 6. 2011ж. 27-маусымындағы MODIS/Terra платформасының мәліметі бойынша тұрақсыздық индекстері мен жалпы су буы аймақтары.*

6-суретте Lifted Index (LI), K-индексі (KI) және Total Totals Index (TTI) MODIS/Terra платформасының мәліметтері бойынша сәйкесінше  $-4^{\circ}\text{C}$  төмен, 315 K-нен жоғары, 54...60 K шамасындағы мәндерін көрсетеді. Алайда конвективті жүйелердің дамуы үшін тек атмосфералық тұрақсыздық жеткіліксіз, сол үшін конвекция процесі үшін маңызды

жалпы су буы (TPW) мәні де қатар алынған. TPW мәні географиялық ендікке тәуелді, және де ол қоңыржай ендіктерде тропиктерге қарағанда төменірек болады. Сонымен қатар, TPW-ң үлкен мәні, яғни 30 мм-ден жоғары мәні атмосфераның тұрақсыз жағдайы кезінде конвекцияның дамуы үшін жақсы көрсеткіш болып табылады. MODIS Terra мәліметі бойынша зерттеліп отырған аймақ үшін TPW мәні 27...30 мм болған, яғни бұл 5-суреттегі GDAS моделінен алынған TPW мәніне жақын екендігін растайды. MODIS Terra басып өткен уақыттағы тұрақсыздық индекстерінің мәні конвекция дамуы үшін қолайлы болғанын көрсетеді.

**Қорытынды.** Алматы облысы бойынша байқалған бірқатар мезомасштабты конвективті жүйелер MODIS-Aqua/Terra платформаларының мәліметтері бойынша талданды. МКЖ жақсы дамуы үшін оның алдындағы біршама уақыт бұрын қоршаған орта жағдайы термодинамикалық тұрақтылық индекстерімен сипатталуы мүмкін екені және одан ары қарай қоршаған ортаның динамикалық жағдайлары жүру керектігі анықталды. Осы зерттеулер нәтижесінде термодинамикалық индекстердің шектік мәндері анықталды:

1. Lifted Index шектік мәні:  $-4^{\circ}\text{C}$ -ден төмен; Lifted Index мәні оң таңбалы болса шторм ықтималдығы азайып, керісінше индекс мәні теріс таңбалыға ауысқан сайын шторм ықтималдығы мен қарқындылығы жоғарылай береді.
2. K-Index шектік мәні 314 К-нен үлкен; К-индексінің мәні неғұрлым жоғары болса, соғұрлым шторм ықтималдығы мен қарқындылығы жоғарылай береді.
3. Total Totals Index шектік мәні 55 К-нен үлкен. TT-индексінің шторм дамуына қажетті диапазон мәні неғұрлым жоғары болса, соғұрлым шторм ықтималдығы мен қарқындылығы жоғарылай береді. Тұрақтылық индекстерінің осы шектік мәндері жалпы су буының (TPW) 30 мм-ден бастап одан жоғары мәнімен әрқашан байланысты болуы керек.

Осы жағдайларды зерттей келе термодинамикалық тұрақсыздық көрсеткіштері жақсы сапаға ие, сондықтан олар конвекцияның терең, күшті жүйесін болжауда туындайтын мәселелердің шешімін табу үшін қосымша әдіс ретінде қатысуы қажет екендігіне көз жеткізілді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы. – М.: МГУ, 2006. – 101 с.

2. Chrysoulakis N. Towards Monitoring of Regional Atmospheric Instability Through Modis/Aqua Images Geographical Information Systems and Remote Sensing: Environmental Applications: Proceedings of the International Symposium held, Volos, Greece, 7-9 Nov. 2003. – pp. 155-166.
3. Galway J.G. The lifted index as a predictor of latent instability // Bull. Am. Met. Soc. – 1956. – Vol.37. – P. 528-529.
4. George J.J. Weather Forecasting for Aeronautics // New York City: Academic Press. – 1960. – 673 p.
5. Houze R.A. Cloud clusters and large-scale vertical motions in the tropics // J. Met. Soc. Japan. – 1982. – Vol.60, No.1. – P. 396-410.
6. Jacovides C.P., Yonetani T. An evaluation of stability indices for thunderstorm prediction in greater Cyprus // American Meteorological Society. – Dec. 1990. – Vol. 5. – P. 559-569.
7. Jirak I.L., Cotton W.R., McAnelly R.L. Satellite and radar survey of mesoscale convective system development // Mon. Wea. Rev. – Oct. 2003. – Vol. 131. – P. 2428-2449.
8. Jirak, I.L., Cotton W.R. Observational analysis of the predictability of Mesoscale Convective Systems // Wea. Forecasting. – Aug. 2007. – Vol. 22. – P. 813-838.
9. Kitzmiller, D.H., McGovern W.E. VAS products as indices of thunderstorms and severe local storm potential // Proceedings Symposium on Mesoscale Analysis and Forecasting, Vancouver, 1987. – P. 85-90.
10. Mueller C.K., Wilson J.W., Crook N.A. The Utility of Sounding and Mesonet data to Nowcast Thunderstorm Initiation // Weather and Forecasting. – Mar 1993. – Vol 8, No 1. – P. 132-146.
11. NASA Homepage [Электрон. ресурс] – URL: <http://www.emc.ncep.noaa.gov> (дата обращения: 24.02.2013).
12. NASA Homepage [Электрон. ресурс] – URL: <https://trmm.gsfc.nasa.gov> (дата обращения: 18.02.2013).
13. NASA: The MODIS-atmosphere web site [Электрон. ресурс] – URL: <http://modis.gsfc.nasa.gov> (дата обращения: 24.02.2013).

Поступила 10.05.2018

Б.К. Канаева

Канд. геогр. наук А.С. Нысанбаева

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ СТАБИЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЭВОЛЮЦИИ МЕЗОМАСШТАБНЫХ

## КОНВЕКТИВНЫХ СИСТЕМ В АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКА MODIS AQUA / TERRA

**Ключевые слова:** мезомасштабные конвективные системы (МКС), термодинамические индексы стабильности, Lifted Index, K Index, Total Totals, спутник MODIS Aqua/Terra

*Природные условия Алматинской области охватывают 5 климатических зон – от пустыни до вечного снега, в связи с этим усложняется прогнозирование и исследование происходящих здесь атмосферных процессов. Важно правильно проанализировать и прогнозировать мезомасштабные конвективные системы. В этой статье представлена визуальная методика определения пороговых значений индексов термодинамической стабильности в Алматинской области для изучения возникновения мезомасштабных конвективных систем.*

Kanayeva B.K., Nyssanbayeva A.S.

## DETERMINATION OF APPROPRIATE VALUES OF THERMODY- NAMIC PARAMETERS FOR IDENTIFICATION OF THE MESOSCALE CONVECTIVE SYSTEMS IN THE ALMATY REGION BASED ON DATA OF MODIS AQUA / TERRA SATELLITES

**Keywords:** mesoscale convective systems (MCS), thermodynamic stability indices, Lifted Index, K Index, Total Totals, satellite MODIS Aqua / Terra

*The natural conditions of the Almaty region cover 5 climatic zones, from the desert to the eternal snow, so it is difficult to predict the atmospheric processes, which taking place here. It is important to correctly analyze and predict mesoscale convective systems. This article presents a visual method for determining threshold values of thermodynamic stability indices in the Almaty region for studying the evolution of mesoscale convective systems.*

УДК 551.501: 629.195.1

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

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПО ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

**Ключевые слова:** атмосфера, углекислый газ, концентрация, вертикальный профиль, спутник, зондирование

*Рассмотрено распределение углекислого газа в атмосфере по данным космического зондирования на территории Казахстана. Получены результаты статистического анализа изменений концентрации углекислого газа по территории Казахстана за период 2003...2016 годы. В среднем по территории Казахстана с 2003 года по 2016 год концентрация углекислого газа увеличилась на 7,75 %.*

В связи с активным использованием человечеством ископаемых энергоносителей в качестве топлива, происходит быстрое увеличение концентрации этого газа в атмосфере. Наибольший вклад в глобальное потепление вносит углекислый газ CO<sub>2</sub>, по современным оценкам его влияние составляет 60...70 % [2]. Поскольку углекислый газ химически пассивен, его «время жизни» в атмосфере нескольких десятков лет. Как следствие, меры, направленные на сокращение антропогенной эмиссии CO<sub>2</sub>, скажутся лишь через несколько десятилетий. В этой ситуации сегодня активно предлагается идея сокращения выбросов других газов и аэрозолей, воздействие которых на радиационный режим и на климат тоже значительно, но их время пребывания в атмосфере существенно короче (недели, месяцы или годы), а значит, и отклик климатической системы может проявиться быстрее [1, 3].

Отличительной особенностью парниковых свойств двуокиси углерода по сравнению с другими газами является её долговременное воздействие на климат. Углекислый газ, несмотря на относительно небольшую концентрацию в воздухе является важным компонентом земной атмосферы. Он поглощает и переизлучает инфракрасное излучение на различных длинах волн, включая длину волны 4,26 мкм (вибрационный режим –

<sup>1</sup> АО «НЦКИТ» НКА РК, г. Алматы, Казахстан



асимметричное растяжение молекулы) и 14,99 мкм (изгибные колебания). Данный процесс исключает или снижает излучение Земли в космос на этих длинах волн, что приводит к парниковому эффекту. Текущее изменение концентрации атмосферного CO<sub>2</sub> сказывается в полосах поглощения, где его современное влияние на спектр переизлучения Земли приводит только к частичному поглощению [8].

В вегетационный период в Северном полушарии наблюдается периодическое изменение концентрации CO<sub>2</sub> амплитудой 3...9 ppm. Влияние растительности Северного полушария доминирует в годовом цикле концентрации CO<sub>2</sub>. Уровень достигает максимума в мае и минимума в октябре, когда количество биомассы, осуществляющее фотосинтез, является наибольшим [4, 5, 7, 10, 11].

В настоящее время интенсивно развиваются методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), основанные на применении инфракрасных спектрометров-радиометров высокого разрешения. В разных странах были запущены приборы: AIRS, IASI, TANSO-FTS, MIPAS, TES и другие, со спектральным разрешением, волновое число которых порядка 0,02...0,5 см<sup>-1</sup>. Они показали свою эффективность в исследованиях температуры подстилающей поверхности, стратификации атмосферы, парниковых газов, химических процессов в тропосфере и стратосфере. Это связано с тем фактом, что в тропосфере и нижней стратосфере, т.е. в наиболее деятельном и важном слое атмосферы, полуширины спектральных линий атмосферных газов пропорциональны давлению. Высокое спектральное разрешение позволяет получать информацию об атмосфере с меньшим искажением.

Глобальный атмосферный реанализ спутниковых данных (MERRA) осуществляется НАСА (GMAO) на уровне глобального управления, моделирования и ассимиляции спутниковых данных. Цели MERRA-2 заключаются в том, чтобы обеспечить систематизированный, однородный учет глобальной атмосферы и включить дополнительные аспекты климатической системы, включая газовые компоненты и улучшенное представление поверхности Земли. MERRA-2 является одним из первых глобальных реанализов спутниковых данных для ассимиляции космических наблюдений газов и аэрозолей, а также представления их взаимодействия с другими физическими процессами в климатической системе. MERRA-2 предназначен заменить первоначально продукт MERRA, и отражает современные достижения в моделировании атмосферы и усваивании данных. Эти данные представлены на геопортале Giovanni. На кратко-



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

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

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

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

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

Функция ослабления теплового излучения определяется в виде

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

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

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

Для расчета плотности поглощающего газа соотношение перепишем в следующем виде

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

где  $J_{\lambda rad}^\uparrow(p_h)$  – интенсивность излучения, измеряемого на платформе спутника с высоты  $p_h$ .

Если разбить на элементарные участки  $\Delta p$  высоту с учетом малого значения оптической толщины атмосферы и угла зондирования близкого к

надиру, то можно получить систему приближенных уравнений для определения содержания газа  $\rho(p_i)$ , поглощающего излучение на высоте  $p_i$ , на разных длинах волн  $\lambda_j$

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

Эта система уравнений позволяет определять плотность газа, поглощающего излучение.

На рис. 1 представлен график распределения углекислого газа по высоте по территории Казахстана. На нем отражается общее свойство  $\text{CO}_2$ , концентрация этого газа по высоте не меняется.

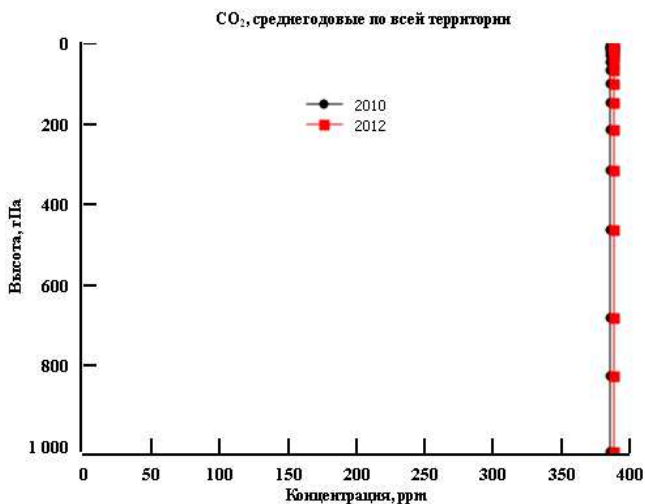


Рис. 1. Распределения углекислого газа по высоте на территории Казахстана.

С учетом этого свойства углекислого газа можно определить концентрацию газа по следующему соотношению:

$$\rho_{\text{CO}_2} = \frac{\cos\vartheta}{\alpha_{\lambda}} \frac{B_{\lambda}[T(p_0)] - J_{\lambda\rho ad}^\uparrow(p_n)}{\sum_{i=1}^n (B_{\lambda}[T(p_i)]\Delta p + B_{\lambda}[T(p_0)]\rho(p_i))}.$$

Многие параметры последнего соотношения могут быть получены в результате обработки спутниковых данных: температуры, давления, измеряемого на спутнике восходящего теплового излучения (радианс) с раз-

мерностью  $\frac{вт}{м^2 \cdot мкм_{cp}}$ .

Для определения коэффициентов поглощения используется информационная система HITRAN. Она предназначена для обеспечения доступа к информации о параметрах спектральных линий атмосферных газов и загрязняющих веществ через интернет. Система состоит из стандартной

базы данных HITRAN [9] и GEISA [6], которая в основном охватывает относительно хорошо изученную инфракрасную область спектра, но распространяется на более широкие спектральные диапазоны от микроволн до ультрафиолета. База данных интернет-портала по молекулярной спектроскопии может содержать списки параметров спектральной линии из разных источников данных. В банке атмосферных данных NASA имеются распределения плотности газов и их содержания в атмосферном столбе, рассчитанные на основе различных моделей. Но пока они покрывают не всю территорию Земли, поэтому актуальной остается задача расчета плотности атмосферных газов, поглощающих тепловое излучение.

Поглощение атмосферными составляющими можно характеризовать с помощью спектральной зависимости коэффициентов молекулярного поглощения. Спектральный характер молекулярного поглощения, обусловленный сильной изменчивостью коэффициентов, является основанием для допущения селективного поглощения в первом приближении. Вычисление спектральных профилей линий молекул газа основано на линейном методе, который суммирует стандартные формы линий отдельных линий поглощения. Позиции линейного центра и интенсивности регистрируются спектрометрами высокого разрешения в контролируемых лабораторных условиях. Если присутствует некоторое количество атмосферных газов, то с учетом свойства их селективности (избирательности) коэффициент молекулярного поглощения выбранным газом можно записать

$$k_{\lambda} = \sum_n k_{\lambda n} ,$$

где индекс суммирования  $n$  – соответствует отдельным линиям поглощения. Таким образом, общий коэффициент молекулярного поглощения в атмосфере представляет собой, в первом приближении, сумму коэффициентов поглощения в отдельных линиях поглощения атмосферного газа. Значения коэффициента поглощения конкретного газа могут быть получены из базы данных HITRAN, которая содержит спектроскопические данные о молекулярном поглощении для 29 газов, из которых состоит основная часть атмосферного воздуха Земли. Всего газов в базе – 42. Данные, представленные в базе HITRAN, являются результатами экспериментов, позволяющие восстановить спектры поглощения и излучения. Количество линий поглощения и интервалы в волновых числах для  $\text{CO}_2$ , взятые из баз данных HITRAN и GEISA показано в таблице. Базы данных позволяют детально учесть каждую спектральную линию поглощения молекулами воздуха.  $\text{CO}_2$  имеет в ИК области спектра длинноволновую полосу погло-

щения, которая играет важную роль в радиационном режиме стратосферы и более высоких слоев атмосферы. Измерения уходящего излучения в обеих полосах используются для определения профиля температуры атмосферы (для термического зондирования атмосферы) из космоса.

Таблица

Данные линий поглощения углекислого газа

База	Интервал, см <sup>-1</sup>	Сумма линий
HITRAN-08	0...12785	314919
GEISA-11	5,89...12784	413524
HITRAN-12	0...12785	471847

Распределение содержания углекислого газа в атмосфере по территории Казахстана по данным сканера AIRS представлено на рис. 2, а его расчетный вариант на рис. 3. Основной максимум концентрации CO<sub>2</sub> приходится на западную часть Костанайской области (413,6 ppm) и локальный максимум на граничный участок востока Костанайской области и запад Акмолинской области (410,3 ppm). Внутригодовые средние содержания CO<sub>2</sub> и тренды их изменений по территории Казахстана показаны на рис. 4. На этих графиках наблюдается увеличение углекислого газа в теплое время года. Результаты статистического анализа изменений концентрации углекислого газа по территории Казахстана за период 2003...2016 гг. представлены на рис. 5. За исследуемый период среднее значение концентрации CO<sub>2</sub> выросло с 374 ppm до 403 ppm, минимальное с 370 ppm до 401 ppm, максимальное с 378 ppm до 404 ppm. В среднем по территории Казахстана в период 2003...2016 гг. концентрация углекислого газа увеличилась на 7,75 %.

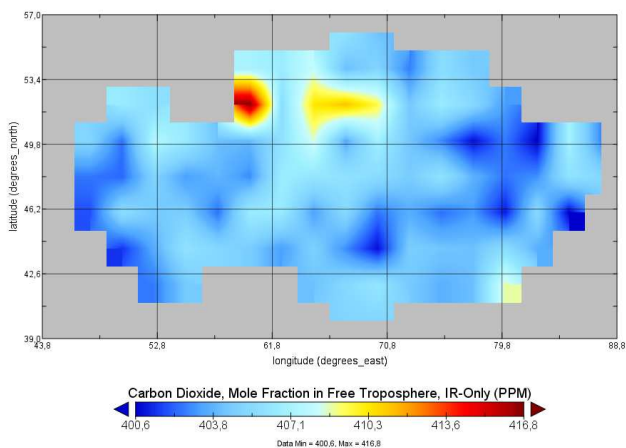


Рис. 2. Содержание углекислого газа в атмосфере по территории Казахстана (февраль 2017 г.) по данным сканера AIRS.

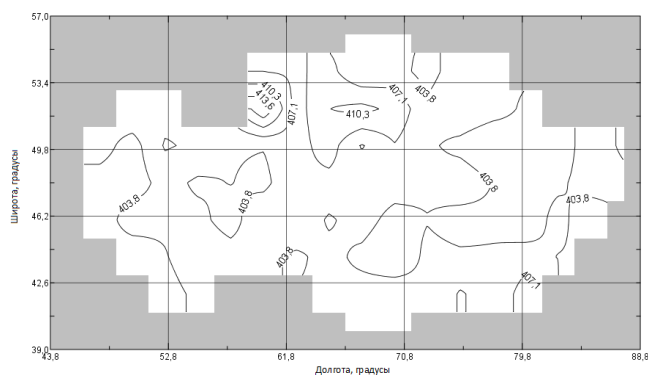


Рис. 3. Расчетное распределение углекислого газа (ppm) в атмосфере по территории Казахстана (февраль 2017 г.).

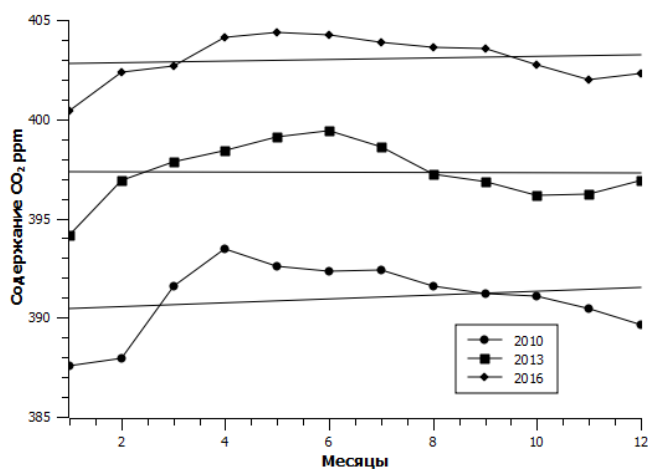


Рис. 4. Внутригодовые средние содержания  $\text{CO}_2$  и тренды их изменений по территории Казахстана.

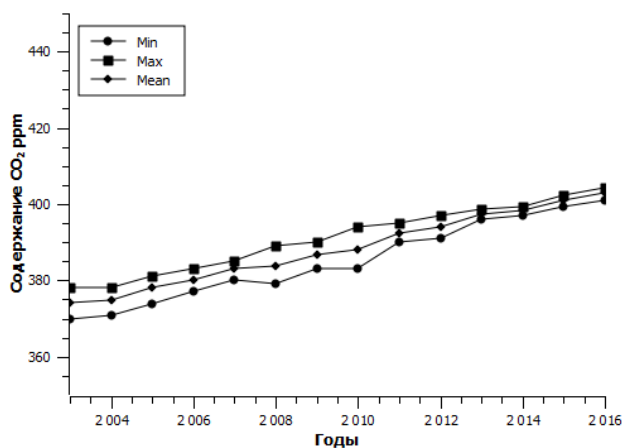


Рис. 5. Многолетние изменения содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере Казахстана за период 2002...2016 годы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кароль И.Л., Киселев А.А., Генихович Е.Л., Чичерин С.С. Сокращение выбросов короткоживущих атмосферных примесей как альтернативная стратегия замедления изменений климат // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2013. – Том 49. – №5. – С. 503-522.
2. Фил де Кола, Секретариат ВМО. Интегрированная глобальная информационная система по парниковым газам (ИГИСПГ) // Бюллетень ВМО. – 2017. – Том 66 (1) – С. 38-45.
3. Чеснокова Т.Ю., Ченцов А.В., Рокотян Н.В., Захаров В.И. Определение содержания парниковых газов из атмосферных спектров солнечного излучения с использованием различных спектроскопических данных по линиям поглощения // Оптика атмосферы и океана. – 2015. – №5. – С. 489-495.
4. Archer D. Fate of fossil fuel CO<sub>2</sub> in geologic time // J. Geophys. Res. – 2005. – 110.
5. Gerlach T.M. Present-day CO<sub>2</sub> emissions from volcanoes: Eos, Transactions // American Geophysical Union. – 1991. – Vol. 72. – № 23. – P. 249-255.
6. Jacquinet-Husson N. et al., Издание 2009 г. Спектроскопической базы данных GEISA // J. Quant. Спектроскопия. Radiat. Перевод, 112, 2395-2445 (2011).
7. Koshkarova V.L. and Koshkarov A.D. Regional signatures of changing landscape and climate of northern central Siberia in the Holocene // Russian Geology and Geophysics. – 2004. – №45 (6). – P. 672-685.
8. Petty G.W. First Course in Atmospheric Radiation – Sundog Publishing, 2004. – P. 229-251.
9. Rothman L.S. et al. The HITRAN 2012 Molecular Spectroscopic Database // J. Quant. Спектроскопия. Radiat. Перевод. 130, 4-50 (2013) (doi: 10.1016 / j. jqsrt. 2013.07.002).
10. Smith H.J., Wahlen M and Mastroianni D. The CO<sub>2</sub> concentration of air trapped in GISP2 ice from the Last Glacial Holocene transition. // Geophysical Research Letters. – 1997. – 24 (1). P. 1-4.
11. Wagner, Friederike; Bent Aaby and Henk Visscher. Rapid atmospheric O<sub>2</sub> changes associated with the 8,200-years-B.P. cooling event. – 2002. – PNAS 99 (19). – P. 12011-12014.

Поступила 21.05.2018

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

## **БӨЛУ КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗДЫ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДА НЕГІЗІНДЕ СПУТНИКТІК ДЕРЕКТЕРІ**

**Түйінді сөздер:** атмосфера, көмірқышқыл газы концентрациясы, тік профильді, спутник, қашықта өлшеу

*Атмосферада көмірқышқыл газының бөлу деректері бойынша ғарыштық зондтау Қазақстан аумағында қаралды. Статистикалық талдау өзгерістер көмірқышқыл газының шоғырлануының Қазақстан аумағында кезеңде 2003 жылдан бастап – 2016 жылға дейін алынған нәтижелер. Қазақстан аумағы бойынша 2003 жылдан бастап 2016 жылға дейін көмір қышқыл газының концентрациясы 7,75 пайызға көбейді.*

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

## **THE DISTRIBUTION OF CARBON DIOXIDE OF THE TERRITORY OF REPUBLIC OF KAZAKHSTAN BASED REMOTE SENSING DATA**

**Keywords:** atmosphere, carbon dioxide, concentration, vertical profile, satellite, remote sensing

*The distribution of carbon dioxide in the atmosphere based on remote sensing data on the territory of Kazakhstan is considered. The results of statistical analysis of changes in the concentration of carbon dioxide in the territory of Kazakhstan for the period 2003...2016 years are calculated. The average for the territory of Kazakhstan from 2003 to 2016 the concentration of carbon dioxide has increased by 7,75 %.*

УДК 551.51

Канд. техн. наук Л.С. Шелудченко<sup>1</sup>

## ДИНАМИКА МИГРАЦИИ ГАЗОПЫЛЕВЫХ АЭРОЗОЛЕЙ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

**Ключевые слова:** газопылевой аэрозоль, ротор турбулентности, микроклимат, автотранспортный поток, сеть автомобильных дорог

*Приведены результаты аналитических исследований динамики миграции выбросов, производимых потоками автотранспортных средств, в виде газопылевых аэрозолей. Установлено, что в результате дивергенции потока аэрозольных частиц формируются трехмерные роторы аэрозольной среды. Определены основные факторы формирования локальных микроклиматов в зоне функционирования автотранспортных потоков.*

**Актуальность работы.** Эмиссия минеральных частиц и газовых выбросов автотранспортных потоков в виде газопылевых аэрозолей сопровождается их миграцией вследствие естественных процессов в атмосфере, прилегающей к ландшафтным поверхностям резервно-технологических зон автомобильных дорог [1, 2]. При этом, частицы примесей принимают участие, как в ламинарных, так и в турбулентных перемещениях потоков атмосферного воздуха [4, 5].

**Анализ предыдущих исследований.** В общем случае концентрация  $q$  выброса аэрозольного облака, которое диффундирует в атмосферном воздухе и мигрирует совместно с естественными ветровыми потоками, является функцией времени  $t$  и пространственных координат  $(x, y, z)$ , начало которых располагается в мгновенном центре масс облака выброса [3]:

$$q = q(x, y, z, t). \quad (1)$$

Мерой диффузии в данном случае является масса  $\Delta M$  диффундирующего вещества за единицу времени через единицу площади поверхности облака газопылевого выброса. При этом величина  $\Delta M$  будет тем большей, чем большим будет отрицательное приращение концентрации  $\Delta q$  на единице длины вдоль всей совокупности направлений, вдоль которых происходит диффузия.

<sup>1</sup> Подольский государственный университет, г. Каменец-Подольский, Украина



Таким образом, для процесса диффузии характерной является пропорциональность усредненного смещения диффундирующих частиц аэрозоля квадратному корню из времени  $t$  [3]:

$$\{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2\} \propto t, \quad (2)$$

где  $x, y, z$  – координаты диффундирующей частицы аэрозоля в начальный момент времени  $t$  (1);  $x_i, y_i, z_i$  – координаты диффундирующей частицы аэрозоля в момент времени  $t_i$  от начала диффузии газопылевого облака выброса.

Соотношение (2) позволяет установить характеристику количества диффузии  $\Delta M$  в виде коэффициента диффузии  $D$  [3]:

$$D = \frac{1}{6 \cdot t} \cdot \{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2\}. \quad (3)$$

**Изложение основного материала.** На основании постулата о термодинамическом равновесии и, как следствие, уравнения непрерывности, для описывания процесса диффузии газопылевого облака, которое состоит в выравнивании концентрации в термодинамической системе, получаем:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \operatorname{div} j = 0, \quad (4)$$

где  $j$  – поток частичек аэрозоля от поверхности газопылевого облака.

Если учесть, что поток частиц аэрозоля пропорционален градиенту его концентрации  $q$  с коэффициентом пропорциональности  $D$  (3), получаем:

$$j = -D \nabla q, \quad (5)$$

или в феноменологической форме уравнение диффузии газопылевого облака выброса будет иметь вид:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = D \Delta q, \quad (6)$$

где  $\Delta = \operatorname{div} \nabla$  – оператор Лапласа.

Таким образом, в общем случае диффузии пространственно неоднородного аэрозоля газопылевого выброса, который произведен авто-транспортным потоком:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = \operatorname{div} (D q \nabla \mu), \quad (7)$$

где  $\mu$  – потенциал выравнивания концентрации  $q$  аэрозоля газопылевого облака выброса в термодинамической системе.

Определяющим в (5) – (7) является оператор Лапласа:

$$\Delta = \nabla^2 = \operatorname{div} \nabla, \quad (8)$$

который в данном случае определяет характер динамического равновесия давления в газопылевом облаке (на поверхности раздела фаз) в процессе диффузии облака в атмосфере в каждый конкретный момент времени  $t$ .

Дифференциальный оператор  $div$ , который отражает векторное поле на скалярное является дивергенцией. В (4) – (8) дивергенция – это линейный дифференциальный оператор на векторном поле, который характеризует поток аэрозольных частиц одномоментного газопылевого облака выброса через поверхность этого облака каждой из точек его внутренней области:

$$div F = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\Phi_F}{V}, \quad (9)$$

где  $\Phi_F$  – поток векторного поля  $F$  через произвольную поверхность  $S$  газопылевого выброса, которая очерчивает определенный объем  $V$  аэрозоля, т.е.:

$$\Phi_F = \oiint_S (\vec{F}, d\vec{S}), \quad (10)$$

а следовательно, (10) не привязано к конкретной системе координат (в данном случае к пространственно-территориальным или ландшафтным параметрам природно-техногенной геоэкосистемы, конструкционным размерам профиля автодороги или транспортно-технологическим показателям автотранспортного потока). С точки зрения процессов массопереноса аэрозоля газопылевого выброса могут быть рассмотрены такие возможные варианты:

- $div F > 0$  – произвольная точка газопылевого облака выброса является источником аэрозоля;
- $div F < 0$  – произвольная точка газопылевого облака выброса является стоком аэрозоля;
- $div F = 0$  – источники и стоки отсутствуют, либо компенсируют друг друга.

Третий из приведенных вариантов определяет формирование роторов в зонах турбулентного перемещения аэрозоля в виде:

$$div\{rot(F)\} = 0. \quad (11)$$

В общем виде турбулентный ротор газопылевого облака выброса (11) автотранспортного потока, диффундирующий в турбулентном потоке в трехмерном пространстве (с координатами –  $x, y, z$ ), определяется как:

$$\begin{cases} (rot F)_x = \partial_y F_z - \partial_z F_y \equiv \frac{\partial F_z}{\partial y} - \frac{\partial F_y}{\partial z} \\ (rot F)_y = \partial_z F_x - \partial_x F_z \equiv \frac{\partial F_x}{\partial z} - \frac{\partial F_z}{\partial x} \\ (rot F)_z = \partial_x F_y - \partial_y F_x \equiv \frac{\partial F_y}{\partial x} - \frac{\partial F_x}{\partial y} \end{cases} \quad (12)$$

или в виде:

$$(\text{rot } F)_{m,n} = \partial_m F_n - \partial_n F_m, \quad (13)$$

где  $m, n$  – соответствующие координаты рассматриваемого пространства.

В соответствие с теоремой Коши-Гельмгольца распределение скоростей аэрозольной смеси в газопылевом облаке выброса вблизи некоторого центра масс будет задано как:

$$v(r) = v_0 + \omega \cdot r + \nabla \cdot \varphi + O(r), \quad (14)$$

где  $v_0$  – вектор поступательного перемещения турбулентного ротора в направлении действия ламинарного потока;  $\omega$  – вектор углового вращения аэрозольной среды вокруг центра его масс  $O$ ;  $r$  – усредненный радиус газопылевого облака выброса;  $\varphi$  – потенциал деформации газопылевого облака выброса.

Таким образом перемещения газопылевого облака выбросов относительно центра  $O$  его масс определяется совокупностью поступательного движения (вектор  $v_0$ ) в ламинарных потоках атмосферного воздуха, вращательного движения ( $\omega \cdot r$ ) облака вокруг  $O$  и потенциального формоизменения-деформации в виде вектора  $(\nabla \cdot \varphi)$ . Применяя к (14) операцию  $\text{rot}$  получаем, что для центра масс облака (для точки  $O$ ) справедливо:

$$v = 2 \cdot \omega, \quad (15)$$

и, как следствие, можно сделать вывод о том, что поле скоростей турбулентного ротора газопылевого облака выброса, произведенного автотранспортным потоком, относительно некоторого центра масс газопылевого облака (точки  $O$ ) равен удвоенному вектору углового движения аэрозоля облака в центре масс облака.

По результатам вышеизложенного установлено:

- в диффузионном дивергентном поле турбулентных перемещений аэрозольного облака газопылевых выбросов, произведенных автотранспортными потоками, формируются роторы (области вращательного движения аэрозоля), которые принимают участие в поступательном движении ламинарных потоков атмосферного воздуха, сформированные в резервно-технологических зонах автомобильных дорог автотранспортной сети природно-техногенной геоэкосистемы;
- в роторах воздушные потоки вращаются вокруг центра масс аэрозольного газопылевого облака выброса и обязательно имеют ненулевой ротор вблизи центра масс облака;
- в зависимости от характера потока векторного поля частиц аэрозоля через контрольную (условную) поверхность газопылевого облака выброса (характера дивергенции) аэрозольный ротор может быть либо

источником, либо стоком этого поля (аккумулировать в роторе либо генерировать за пределами ротора аэрозольное облако);

- при конкретных динамических условиях источники и стоки в аэрозольном роторе могут отсутствовать, либо компенсировать друг друга (ни аккумуляции, ни генерации газопылевого облака выброса не происходит);
- для векторного поля  $v$  скоростей перемещения аэрозольного ротора,  $\text{rot } v$  является одинаковым по всему полю (объему) ротора и равен вектору удвоенной угловой скорости вращения ротора;
- если движение автотранспортных потоков (с неустоявшимися скоростями потоков) и ландшафтные элементы резервно-технологической зоны автодороги описывать некоторыми определенными векторными полями, то роторы на срезах скоростей ламинарных потоков атмосферного воздуха, которые определяются этими элементами, всегда будут ненулевыми.

Ламинарные потоки перемещений атмосферного воздуха в пределах резервно-технологических зон автомобильных дорог могут быть описаны на основании уравнения Навье-Стокса:

$$\rho \left[ \frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v \right] = -\nabla p + \eta \Delta v + \left( \zeta + \frac{\eta}{3} \right) \nabla v, \quad (16)$$

где  $v$  – поле скоростей атмосферного воздуха;  $\rho$  – плотность воздушного аэрозоля;  $p$  – давление приземных слоев атмосферы;  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости;  $\zeta$  – объемная вязкость;  $\nabla$  – оператор Набла (векторный дифференциальный оператор, компоненты которого являются частными производными по декартовым координатам);  $\Delta$  – оператор Лапласа (действие над скалярным или векторным полем, как сумма вторых частных производных по каждой декартовой координате).

При этом

- оператор Набла:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}, \quad (17)$$

- оператор Лапласа:

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}, \quad (18)$$

где  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  – единичные векторы по осям  $x, y, z$  соответственно.

В уравнении (16) значения  $v, \rho, p, \eta, \zeta$  – это стохастические переменные во времени свойства, которые при практическом использовании должны быть усреднены по времени. Действительно, если рассматривать

процессы миграции загрязнителей газопылевого облака выброса, которые обусловлены скоростями  $v$  ламинарных потоков атмосферного воздуха, то такие процессы являются эргодическими относительно усредненных значений параметров, если:

$$m_X = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} X(A, t) \cdot dt \quad (19)$$

и эргодическими по отношению к автокорреляционной функции, если:

$$R_X(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} X(A, t) \cdot X(t + \tau) \cdot dt. \quad (20)$$

В (19) и (20) применены следующие обозначения:

$m_X$  – среднее значение функции  $X(A, t)$ , определенное по «ансамблю» рассматриваемого стохастического параметра;  $t$  – время усреднения;  $R_X(\tau)$  – среднее значение отклика функции  $X(A, t)$  определенное по времени, при этом для стационарных случайных процессов в широком значении:

$$R_X(t_1, t_2) = R_X(t_1 - t_2) = R_X(\tau) \quad (21)$$

и как следствие:

$$E\{X(A, t)\} = m_X = R_X(\tau) = \text{const}, \quad (22)$$

где  $X(A, t)$  – функция исследуемого процесса.


В данном случае выражение (22) свидетельствует об эргодичности уравнения (16), что предоставляет возможность усреднения, для дальнейшего векторного анализа значений  $v, \rho, p, \eta, \zeta$  уравнения.

В зонах возникновения турбулентности в соответствии с уравнением (16) параметр  $\nabla v$  определяет появление некоторого градиента  $dv$  горизонтальных скоростей

$$\nabla v = \text{grad } v = \frac{\partial v}{\partial x} \cdot i + \frac{\partial v}{\partial y} \cdot j + \frac{\partial v}{\partial z} \cdot k, \quad (23)$$

где  $i, j, k$  – орты координатной системы (системы отсчета).

Если направление ламинарного потока атмосферного воздуха направить вдоль одной из координатных осей (ось  $x$ ), то из (23) получаем (см. рис):

$$\text{grad } v = \frac{\partial v}{\partial x} \cdot i. \quad (24)$$


*Годограф швидкостей  
повітряного потоку*

Рис. Градиент скоростей воздушных потоков и их импульс  $mv$ .

Градиент  $dv$  скоростей воздушных потоков в зоне возникновения турбулентности обуславливает перенос импульса  $mv$  с вертикальной скоростью  $u$ :

$$u = \eta \cdot \frac{\partial v}{\partial h}, \quad (25)$$

где  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости;  $h$  – высота воздушного потока над поверхностью грунта.

Таким образом, горизонтальные ламинарные потоки атмосферного воздуха в зонах турбулентности являются «ансамблями» множества турбулентных роторов, которые кроме горизонтального вектора  $dv$  перемещения ламинарного потока имеют и вертикальную составляющую  $du$ . Процессы переноса массы аэрозоли (перенос импульса  $du$ ) с одного уровня на другой (обмен массой аэрозоля между слоями атмосферного воздуха) характеризуются произведением флуктуаций горизонтальной составляющей  $dv$  на вертикальную составляющую  $du$  перемещения воздушных аэрозолей или, так называемой, вихревой ковариацией скоростей, как некоторой неопределенности произведения скоростей ( $du \times dv$ ):

$$\begin{aligned} Cov(X, Y) &= E[(X - \mu_X) \cdot (Y - \mu_Y)] = E(X, Y) - \mu_X \cdot \mu_Y = \\ &= \mu_{XY} - \mu_X \cdot \mu_Y \end{aligned}, \quad (26)$$

где  $E$  – оператор математического ожидания;  $\mu_X$  – усредненное значение величины  $X$  (в данном случае горизонтальная скорость  $v$  воздушного потока);  $\mu_Y$  – усредненное значение величины  $Y$  (в данном случае вертикальная скорость  $u$  воздушного потока);  $E(X, Y)$  – математическое ожидание произведения величин  $X, Y$ ;  $\mu_{XY}$  – усредненное значение произведения величин  $X, Y$ .

Рассмотрим перемещение аэрозолей в потоках атмосферного воздуха с горизонтальной  $v$  и вертикальной  $u$  составляющими воздушных потоков:

$$\begin{cases} v = \bar{v} + \delta v \\ u = \bar{u} + \delta u \end{cases} \quad (27)$$

где  $\bar{v}$  та  $\bar{u}$  – значения усредненных горизонтальной и вертикальной составляющих скоростей воздушного потока;  $\delta v$  та  $\delta u$  – флуктуации горизонтальной и вертикальной составляющих скоростей воздушного потока.

Следовательно, процесс переноса массы  $m$  аэрозоля в ламинарных потоках атмосферного воздуха в зонах образования турбулентных потоков, как ковариация их горизонтальной и вертикальной скоростей  $Cov(v, u)$  будет иметь вид:

$$Cov(v, u) = \frac{\sum \delta v \cdot \delta u}{n}, \quad (28)$$

где  $n$  – количество рассматриваемых переменных.

Если подставить (27) в (28), получаем:

$$Cov(v, u) = \frac{\sum (v - \bar{v})(u - \bar{u})}{n}. \quad (29)$$

Процесс непосредственного массопереноса аэрозоля, в рассматриваемом случае будет характеризоваться величиной потока массы, определяемым количеством массы  $m$  аэрозоля, переносимого через единицу площади за единицу времени. Поток массы зависит от количества массы  $m$ , размеров площади поверхности газопылевого облака выброса и времени переноса этого облака в воздушном потоке. Мгновенный горизонтальный поток импульса массы  $m$  зависит от горизонтальной скорости ламинарного воздушного потока, а вертикальный поток импульса массы  $m$  аэрозоля газопылевого облака выброса через составляющие скорости  $(v, u)$  воздушного потока определяется как:

$$F(t) = \rho \cdot v(t) \cdot u(t), \quad (30)$$

где  $\rho$  – плотность воздушного аэрозоля;

Усредненный поток импульса массы  $m$  аэрозоля будет составлять:

$$\overline{F(t)} = \bar{\rho} \cdot \overline{(v \cdot u)}. \quad (31)$$

Следовательно, вертикальный поток импульса является ковариацией между флуктуациями его горизонтальной  $v$  и вертикальной  $u$  скорости:

$$F = \rho \cdot \overline{(\delta v \cdot \delta u)}. \quad (32)$$

Таким образом, если вихревые флуктуации направлены вертикально вниз ( $\delta v < 0$ ), флуктуации концентрации аэрозоля газопылевого облака выброса, обусловленные потоком импульса, будут иметь тенденцию к уменьшению  $\delta m < 0$  и произведение  $\delta v \cdot \delta m > 0$  является положительным. Если же вихревые флуктуации направлены вертикально вверх ( $\delta v > 0$ ), то концентрации флуктуации аэрозоля увеличиваются по высоте, так как они перемещают вверх слои с большей концентрацией аэрозоля, а значит произведение  $\delta v \cdot \delta m > 0$ , которое определяется ковариацией между  $v$  и  $m$ , остается положительным.

Согласно уравнению (27) при увеличении горизонтальной скорости  $v$  воздушного потока увеличиваются и ее флуктуации  $\delta v$ , что обуславливает уменьшение толщины рассматриваемых слоев аэрозольных потоков в пределах устойчивого импульса  $\overline{(\delta v \cdot \delta u)}$ . Такой характер турбулентности при увеличении горизонтальной составляющей скорости  $v$  ламинарного воздушного потока приводит к формированию некоторой иерархии роторов турбулентности, которые связаны в каскадный процесс.

В пределах резервно-технологических зон автомобильной дороги фоновые климатические условия природно-техногенной геоэкосистемы

претерпевают существенные изменения вследствие антропогенной трансформации ландшафта и специфики функционирования автотранспортных потоков, что приводит к формированию комплекса микроклиматов автодорожной сети. На формирование специфических микроклиматических условий в зоне функционирования автотранспортного потока, в первую очередь влияют такие факторы:

- линейность техногенного объекта (автомобильной дороги), что приводит к соответствующей трансформации и расчленению ландшафта природно-территориального комплекса;
- переориентация направлений природных воздушных потоков (ветров) соответственно трансформированным ландшафтным условиям (насыпи и выемки трассы автомобильной дороги, обустройство кавальеров и газо-пылезащитных лесополос, наличие просек и вырубок в лесных массивах и т.п.);
- непосредственные выбросы тепла и газопылевых аэрозолей, которые произведены автотранспортными потоками, что приводит к изменениям природного теплового баланса;
- замена почвы и подстилающего слоя поверхности природного ландшафта конструкционными материалами автодороги, которые изменяют гидродинамический и тепловой режимы природно-территориального комплекса.

Линейно-разветвленная структура автодорожной сети предусматривает, что процессы формирования микроклимата каждого конкретного участка дороги определяются в первую очередь характером вертикальных перемещений элементарных объемов (с размерами  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ ) воздушных масс в пределах резервно-технологической зоны автодороги. Основным фактором вертикальных перемещений элементарных объемов воздушного аэрозоля является разница температуры ( $T_i$ ) этого элементарного объема воздушного аэрозоля и температуры ( $T_e$ ) окружающей среды. Соответственно, ускорение элементарного объема аэрозоля газопылевого облака выброса, произведенного автотранспортным потоком, в вертикальном направлении будет определяться как:

$$\frac{dv_i}{dt} = g \frac{T_{i0} - T_{e0}}{T_e} + g \frac{\gamma - \gamma_a}{T_e} \Delta h, \quad (33)$$

где  $v_i$  – вертикальная скорость перемещения элементарного объема воздушного аэрозоля в каждой конкретной точке;  $t$  – время;  $g$  – ускорение свободного падения;  $T_{i0}$  – температура элементарного объема воздушного аэрозоля в момент выброса;  $T_{e0}$  – температура воздуха на уровне поверх-



ности автомобильной дороги;  $\Delta h$  – вертикальный размер рассматриваемого слоя воздуха;  $\gamma - \gamma_a$  – разность температурных градиентов в  $\Delta h$ .

Представим (33) в виде:

$$\frac{dv_i}{dt} = \frac{dv_i}{dt} \Big|_{h=h_0} + \frac{dv_i}{dt} \Big|_{\Delta h}. \quad (34)$$

Очевидно, что вертикальное ускорение элементарного объема аэрозоля газопылевого облака выброса в уравнении (34) определяется вторым слагаемым его (уравнения) правой части, т.е.:

$$\frac{dv_i}{dt} \Big|_{\Delta h} = g \frac{\gamma - \gamma_a}{T_e} \Delta h. \quad (35)$$

По характеру вертикального перемещения элементарного объема аэрозоля газопылевого облака выброса, соответственно (35), могут быть выделены три случая состояния устойчивости атмосфер:

- если  $\frac{dv_i}{dt} \Big|_{\Delta h} > 0$  вертикальные перемещения аэрозоля происходят с некоторым ускорением, скорость вертикального (направленного вверх) перемещения элементарного объема газопылевого облака выброса растет и, в этом случае, по определению стратификация слоев атмосферного воздуха является неустойчивой;
- если  $\frac{dv_i}{dt} \Big|_{\Delta h} < 0$  вертикальные перемещения аэрозоля происходят с определенным замедлением (отрицательное ускорение), скорость вертикального (направленного вверх) перемещения элементарного объема газопылевого облака выброса уменьшается и по определению такой случай определяет стратификацию слоев атмосферного воздуха как устойчивую;
- если  $\frac{dv_i}{dt} \Big|_{\Delta h} = 0$  воздушные массы, которые окружают газопылевое облако выброса, характеризуются значением градиента температуры  $\gamma = \gamma_a$ , а следовательно не вызывают изменений вертикальной скорости элементарных объемов аэрозоля и данный тип стратификации атмосферы определяют как безразличный.

**Вывод.** Результаты исследования динамики миграции газопылевых аэрозолей, произведенных автотранспортными потоками, должны быть учтены при выборе трассы автомобильной дороги и проектировании дорожной инфраструктуры для обеспечения экологической безопасности природно-техногенных геоэкосистем с развитыми сетями автодорог.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков В.Ф. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог – М.: Транспорт, 1980. – 189 с.

2. Кавтарадзе Д.Н., Николаева Л.Ф., Поршнева Е.Б., Флорова Н.Б. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия) – М.: Че-Ро, 1999. – 240 с.
3. Метеорологія і кліматологія / [під ред. С.М. Степаненка]. – Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2008. – 534 с.
4. Sheludchenko L., Voznyuk S. The aerodynamics of polluting aerosols in the maze of lacunar cavities gas – dust proofing strip of roads // Buletin Stintific al Centrului Universitar Nord din Baia Mare, Seria D. – publishing house of the technical university of clujnapoca – utpess, 2014. – P. 63-70.
5. Sheludchenko L., Voznyuk S., Nosko V. The theoretical basis of the process of transport of contaminants in the prideaux-roznych landscapes in the presence of the dust belts // Scientific journal «Ecological safety»: Kremenchuk: KrNU, 2015. – Number 1/2015 (19). – P. 22-25.

Поступила 12.04.2018

Техн. ғылымд. канд. Л.С. Шелудченко

## АВТОКӨЛІК АҒЫНЫНАН ШЫҚҚАН ГАЗДЫ ШАҢ АЭРОЗОЛДАР КӨШУІНІҢ ДИНАМИКАСЫ

**Түйінді сөздер:** газды шаң аэрозоль, турбуленттік ротор, микроклимат, автокөлік ағыны, автомобиль жолдар желісі

*Автокөлік құралдарынан шығарылған газды шаң аэрозоль түріндегі шығарындылар көшуінің динамикасын аналитикалық зерттеу нәтижелері келтірілген. Аэрозольдік бөлшектер ағынының ажырауы нәтижесінде үш өлшемді аэрозольдік орта роторлары құрылатыны белгіленді. Автокөлік ағыны бар аумақта жергілікті микроклиматтың құрылуының негізгі факторлары анықталды.*

SHeludchenko L.S.

## DYNAMICS OF MIGRATION OF GAS-DUST AEROSOLS, PRODUCED BY MOTOR TRANSPORT FLOWS

**Keywords:** gas-dust aerosol, turbulence rotor, microclimate, motor traffic, road network

*The results of analytical studies of the migration dynamics of emissions produced by vehicle flows in the form of gas-dust aerosols are presented. It is established that as a result of the divergence of the aerosol particles stream, three-dimensional rotors of the aerosol medium are formed. The main factors of formation of local microclimate in the zone of functioning of motor transport streams are determined.*

УДК 504.064.37; 556.16

Канд. техн. наук А.Г. Терехов<sup>1</sup>

# **МОНИТОРИНГ ОЗЕРА МАНАС (КНР) В ПЕРИОД 1989...2017 ГОДОВ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ LANDSAT**

**Ключевые слова:** спутниковые снимки, площадь водного зеркала, динамика размера озера, водообеспеченность бассейна озера, водные каналы

*На основе 154 снимков LANDSAT-5, 7, 8 периода 1989...2017 годов проведен мониторинг размеров оз. Манас, расположенного в западной части Джунгарской равнины (КНР). Озеро является конечным, бессточным водным объектом для рек Манас и Кубук, а также для водных каналов р. Кара-Ертис – г. Карамай и р. Кара-Ертис – г. Урумчи. В бассейне озера расположено несколько городов (г. Шихэцзи, г. Манас, г. Хутуби, г. Чанцзи) и возделывается около 600 тысяч гектаров орошаемой пашни. Динамика обеспеченности водой сельскохозяйственных земель может диагностироваться по текущей площади зеркала озера Манас. Мониторинг площади озера показал, что первоначально, полностью высохшее озеро, в последние 20 лет испытало четыре периода резкого наполнения, в 1999, 2002, 2010 и 2016 гг. Площадь зеркала периодически увеличивалась до 300 км<sup>2</sup>. По всей видимости, восстановление водного зеркала связано с работой ирригационной системы р. Кара-Ертис – Джунгарская равнина. Антропогенный характер питания озера, также подтверждается отсутствием естественной, сезонной динамики запасов воды, включающей весенний максимум и летний минимум. В фазе наполнения оз. Манас сезонные потери воды на испарение могут достигать 0,2...0,3 км<sup>3</sup>, что составляет 20...30 % от среднегодового стока доминирующей реки бассейна (р. Манас).*

**Введение.** Бурное экономическое развитие Синьцзян-Уйгурского автономного района (СУАР) [3], включает расширение площади орошаемой пашни [7]. Значительная часть вновь освоенных земель приходится на внутренние, засушливые районы Джунгарской равнины, со среднегодовым количеством осадков около 150 мм [8]. Недостаток собственных вод-

<sup>1</sup> Казгидромет, г. Алматы, Казахстан

ных ресурсов на этой территории в настоящее время решается за счет водных каналов из крупной, трансграничной реки Кара-Ерчис (Черный Иртыш), огибающей Джунгарскую равнину с севера (каналы: р. Кара-Ерчис – г. Карамай и р. Кара-Ерчис – г. Урумчи) [4].

Оба канала безвозвратно забирают воду из стока трансграничной реки и используют её для обводнения внутренних территорий засушливой Джунгарской равнины (СУАР, КНР). Информация о работе ирригационной системы р. Кара-Ерчис – Джунгарская равнина представляет значительный интерес для долгосрочного планирования водоснабжения на территории Казахстана и формирования позиции Казахстана в соглашении с КНР по вододелению трансграничного стока.

Водообеспеченность засушливых территорий в аридном климате может диагностироваться по спутниковым данным на основе мониторинга наполненности бессточных, внутренних водоёмов [6]. Недостаток водных ресурсов приводит к уменьшению размеров таких водных объектов, вплоть до их полного пересыхания. Улучшение ситуации с обеспеченностью водой сопровождается ростом запаса воды в конечных водоёмах. Наиболее простым параметром, характеризующим наполненность водоёма, является площадь его зеркала. Без батиметрической информации невозможно оценить объём запаса воды, но площадь водного зеркала и её изменения могут качественно характеризовать многолетнюю динамику объекта, а также объём потерь воды с испарением [5].

Озеро Манас расположено в западной части Джунгарской равнины (СУАР). Оно имеет вытянутую форму, в направлении, примерно, с северо-востока на юго-запад, по длинной оси, до 50 км (рис. 1). Озеро является конечным, бессточным водным объектом для р. Манас (объём годового стока около  $1 \text{ км}^3$  [2]) и небольшой реки Кубук. Река Манас питается за счёт таяния ледников горного массива Ирен-Хабырга (высшая точка 5248 м). Река Кубук берёт своё начало с хребта Тарбагатай (3816 м) и практически полностью разбирается на полив сельскохозяйственных угодий, не достигая озера. До 1999 г. развитое поливное земледелие северных предгорий массива Ирен-Хабырга, а также обеспечение водой крупных населенных пунктов (г. Шихэцзи, г. Манас, г. Хутуби, г. Чанцзи и др.), полностью разбирали сток р. Манас, что приводило к высыханию озера Манас и превращению его в сухой солончак. Дешифрируемая по спутниковым снимкам площадь озёрной котловины составляет около  $700 \text{ км}^2$ . Очевидно, примерно 100...150 лет назад, после окончания малого ледникового периода (1400...1850 гг.) [1] и рез-

кого потепления, происходило интенсивное таяние горных ледников, что наполняло озеро Манас в этих пределах.

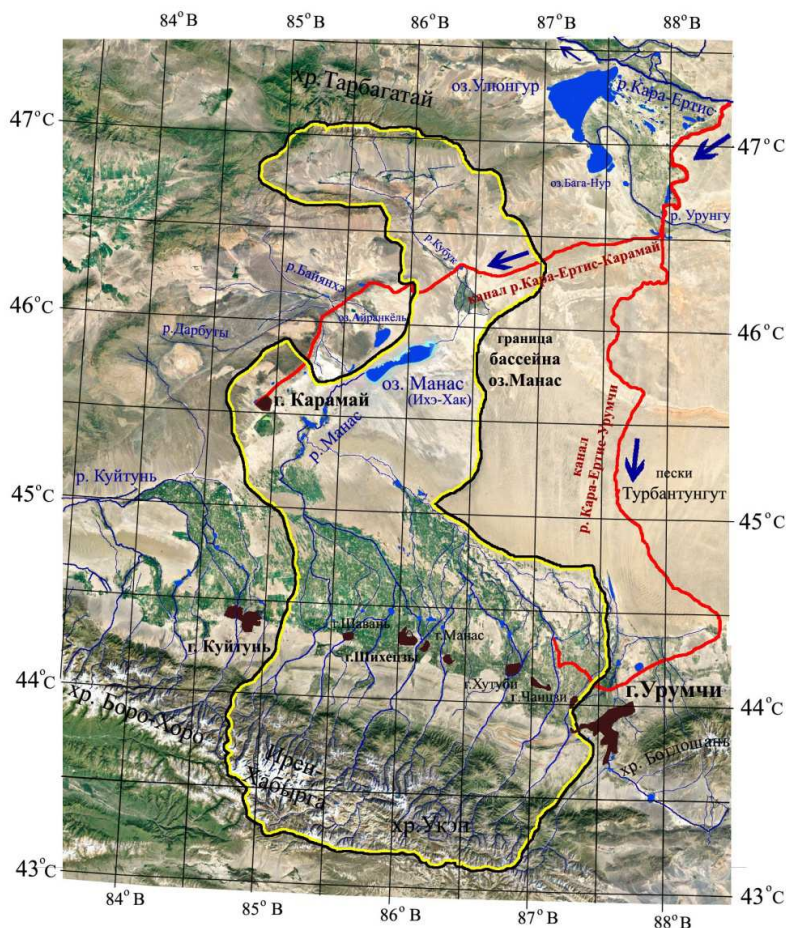


Рис. 1. Спутниковая карто-схема бассейна оз. Манас.

Появление дополнительных водных источников в бассейне оз. Манас, которыми стали водные каналы р. Кара-Ертис – г. Карамай [4] и р. Кара-Ертис – г. Урумчи, призвано улучшать территориальную обеспеченность водой, что также может сказываться на состоянии конечного водного объекта этой территории – оз. Манас. Возможность администрирования объёмами воды, перебрасываемыми с помощью водных каналов из реки Кара-Ертис в Джунгарскую равнину, может приводить к формированию антропогенной динамики сезонных и многолетних вариаций площади водного зеркала оз. Манас.

По спутниковым данным, в каналах оптического диапазона, водные зеркала распознаются достаточно легко [5]. Спутниковая система

LANDSAT с пространственным разрешением 30 м имеет наиболее глубокий архив (с 1983 г.) [9], что позволяет максимально детально восстанавливать многолетнюю динамику размеров оз. Манас.

**Территория мониторинга.** Оз. Манас (Ихэ-Хак) расположено в западной части Джунгарской равнины. Его естественный бассейн, с площадью около 57 тыс. км<sup>2</sup>, примыкает с востока к г. Урумчи, с запада он граничит с бассейном оз. Эби-Нур. В него входят: часть Джунгарской равнины, северные склоны горного массива Ирен-Хабырга и хребта Укэн, а также южные склоны Тагбагата (рис. 1). Доминирующей рекой бассейна является р. Манас, средний расход воды 34 м<sup>3</sup>/с [2]. Остальные водные источники (сток р. Кубук и весенние талые воды) имеют значительно меньшие параметры. Приход в бассейн оз. Манас двух самотёчных водных каналов из реки Кара-Ертис, значительно расширил фактический размер бассейна и соответственно, потенциальный объём стока воды, попадающий в озеро.

Спутниковый мониторинг размеров водного зеркала проводился в пределах существующей котловины оз. Манас, которая по большей части времени представляла собой солончак, с площадью около 700 км<sup>2</sup>.

**Спутниковые данные.** Мониторинг состояния котловины озера основывался на спутниковых снимках LANDSAT-5, 7, 8 [9]; сеновая позиция WRS2: 144×28; периода 1989...2017 гг., доступных на Интернет ресурсе агентства геологии США [<https://glovis.usgs.gov>]. Из архива данных LANDSAT-5, 7, 8 было отобрано и обработано 154 снимка.

**Методика обработки данных.** Оценка площади водного зеркала по многозональным спутниковым данным в оптическом диапазоне имеет стандартные решения, обеспечивающие приемлемую точность для решения задачи мониторинга достаточно крупных водных зеркал [5]. Водное зеркало, отображающееся на спутниковом снимке зоной более 1000 пикселей, может считаться достаточно крупным, что бы его площадные характеристики могли быть определены с ошибкой менее 5 %. Для спутниковых снимков LANDSAT, с пространственным разрешением 30 м, размер зеркала, примерно, в 0,9 км<sup>2</sup>, является таким порогом.

В случае оз. Манас, кроме обычных затруднений, связанных со снежно-ледовым покровом в холодное время года и помехами от облачного покрова, возникают неопределенности распознавания небольшого слоя воды над поверхностью солончака. Спектральные различия между пропитанной водой поверхностью соли и поверхностью соли, покрытой небольшим слоем воды, по спутниковым данным достаточно условны. Экс-

пертное дешифрирование позволяет субъективно решать эту задачу. Ошибки, возникающие в этом случае, не слишком искажают конечный результат. Во-первых, эта ситуация встречается не так часто. Во-вторых, основная задача работы, это оценка многолетней динамики размера озера, а не высокоточное определение площади водного зеркала в каждый отдельный момент времени.

Сравнение динамики размера оз. Манас с динамикой крупного соседнего оз. Эби-Нур (площадь зеркала до 1100 км<sup>2</sup>) [5], более тесно связанного с водностью года, позволяет вычленить значимые временные интервалы, когда водообеспеченность территории претерпевает существенные, вероятно, антропогенные изменения.

**Полученные результаты.** Анализ 154 спутниковых изображений позволил восстановить динамику размера водного зеркала оз. Манас (рис. 2). Площадь водного зеркала в течение этого времени варьировала от нуля (состояние полностью высохшего озера), до 310 км<sup>2</sup>, в период избыточного увлажнения территории.

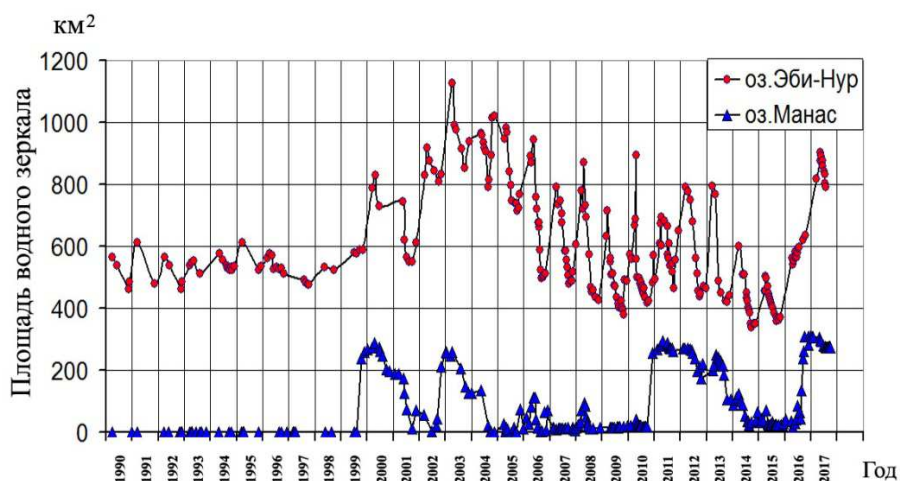


Рис. 2. Спутниковые оценки площади водных зеркал озёр Манас и Эби-Нур (СУАР, КНР) в период с 1990 года. Построено по данным LANDSAT-5, 7, 8.

**Обсуждение.** Оз. Манас до 1999 г. представляло собой сухой солончак. Естественные вариации водности года были недостаточны для, хотя бы, периодического формирования водного зеркала. Ситуация изменилась в 1999 г. С этого года озеро испытало четыре периода резкого увеличения площади водного зеркала, примерно до 300 км<sup>2</sup>, в сезонах 1999, 2002, 2010 и 2016 гг. Рост размера озера в конце 1999 г. по времени хорошо синхронизирован с началом работы водного канала р. Кара-Ертис –

г. Карамай (сентябрь 1999 г. приход воды в г. Карамай) [4]. Многоводье 2010 г., возможно, было связано с ростом объёмов перекачки воды через канал р. Кара-Ертис – г. Урумчи. Транзитная часть этого 622-километрового водного канала, формально, была закончена в 2007 г., но организация ирригационного водопользования, вероятно, потребовало дополнительного времени. Соседний, к бассейну оз. Манас, бассейн оз. Эбинур, характеризовался исключительной многоводностью в сезонах 2002 и 2016 гг. (рис. 2) [5]. Вполне вероятно, что бассейн оз. Манас, имеющий схожую систему водообеспеченности территории, в этих сезонах, также имел высокую водность, что наряду со стоком воды р. Кара-Ертис, способствовало формированию значительного водного зеркала.

Рассматривая сезонную динамику площади водного зеркала оз. Манас отметим практически полное отсутствие естественного режима, включающего формирование весеннего максимума (аккумуляция воды после весеннего снеготаяния) и летнего минимума (потери воды связанные с сезонным максимумом испарения с зеркала), т.е. режима, характерного для всех региональных озёр с естественным питанием, независимо от их размера [6]. Отсутствие естественной, сезонной вариативности в размере озера, указывает на антропогенный характер источников, составляющих основу питания оз. Манас. Гидрографы водных каналов ирригационной системы «р. Кара-Ертис – Джунгарская равнина» существенно отличаются от естественных рек [4]. Отсутствует весеннее половодье, максимальный расход воды приходится на конец мая – первую половину июня, т.е. период максимума потребления воды в сельскохозяйственном растениеводстве. В конце вегетационного сезона русла каналов освобождаются от воды (подготовка к холодному периоду), что создаёт в августе-сентябре избыток воды в локальных ирригационных сетях и формирует повышенный сток в оз. Манас.

Сток трансграничной реки Кара-Ертис, с 1999 г. достигающий бассейна оз. Манас, изменил ситуацию с обеспеченностью водой этих территорий. Улучшение ситуации приводит к периодическому формированию водного зеркала в котловине оз. Манас (в последние годы почти постоянному её присутствию). При этом объём воды теряющейся с испарением с водного зеркала озера в период многоводья может составлять до  $0,2...0,3 \text{ км}^3$ , что соответствует 20...30 % от среднегодового стока доминирующей реки бассейна. Такой объём воды терялся в сезонах 2000, 2003, 2011, 2012, 2013 и 2017 года.



**Выводы:** Территория бассейна оз. Манас является значимой частью экономически быстро развивающейся зоны СУАР, примыкающей с востока к г. Урумчи. Развитие сельскохозяйственного растениеводства (поливная пашня [хлопок, яровая пшеница]) и прогрессирующая урбанизация территории (г. Шихэцзы (второй по величине город СУАР), г. Манас, г. Хутуби, г. Чанцзи) требуют всё возрастающих объёмов воды. Методы решения этой проблемы правительством КНР основаны на дополнительной ирригации бассейна оз. Манас за счёт стока трансграничной р. Кара-Ертис. В настоящий момент эта ирригационная система состоит из двух самотёчных каналов: р. Кара-Ертис – г. Карамай [4] и р. Кара-Ертис – г. Урумчи.

Спутниковая диагностика размера конечного, бессточного водного объекта – оз. Манас, в период с 1989 г. до настоящего времени, даёт сравнительную, комплексную оценку состояния по обеспеченности водой территории бассейна озера. После многолетнего отсутствия воды в чаше озера, её появление после 1999 г. говорит о значительном улучшении общей ситуации. После 2010 г. водная поверхность в котловине озера существует, практически постоянно. Площадь водного зеркала зависит от водности года. После многоводных сезонов она растёт, примерно до 310 км<sup>2</sup>. После исключительно маловодного сезона 2014 г. озеро уменьшилось, почти до 20 км<sup>2</sup>. В многоводные годы потери воды с испарением оцениваются в 0,2...0,3 км<sup>3</sup>, что составляет до 30 % от среднего многолетнего объёма стока р. Манас.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Имбри Д., Имбри К. Тайны ледниковых эпох / Под. ред. Г.А. Авсюка. – М.: Прогресс, 1998. – 262 с.
2. Манас (река в Китае) [Электрон. ресурс]. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/106329/%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%81> (дата обращения: 11.12. 2017).
3. Развитие Синьцзян-уйгурского автономного района КНР и его социально-экономические последствия для Казахстана. Агентство по исследованию рентабельности инвестиций. [Электрон. ресурс]. – 2013 – URL: [http://cred.kz/Pdf\\_analisys/2020.pdf](http://cred.kz/Pdf_analisys/2020.pdf) (дата обращения: 11.12. 2017).
4. Терехов А.Г. Технические характеристики водного канала Кара-Ертис – Карамай: спутниковые оценки // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №4 (87). – С. 54-62.
5. Терехов А.Г., Долгих С.А. Спутниковый мониторинг водного зеркала оз. Эби-Нур (КНР) в период 1990...2017 годы // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №3(86). – С. 72-79.

6. Терехов А.Г., Калимолдаев М.Н., Долгих С.А., Макаренко Н.Г. Диагностика климатической изменчивости региона Балхаш-Алакольской озёрной системы в период с 1990-2017 гг. по данным спутников LANDSAT // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 13-17 ноября 2017 г. ИКИ РАН. Тезисы докладов [Электрон. ресурс]. – URL: [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=144&thesis=6348](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=144&thesis=6348) (дата обращения: 11.12. 2017).
7. Терехов А.Г., Калимолдаев М.Н., Долгих С.А., Макаренко Н.Г. Изменение площади пахотных земель в бассейне оз. Эби-Нур (КНР) и в Китайской части долины реки Иле в период 1993-2016 годов по спутниковым данным LANDSAT // Пятнадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 13-17 ноября 2017 г. – ИКИ РАН. Тезисы докладов [Электрон. ресурс]. – URL: [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=144&thesis=6352](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=144&thesis=6352) (дата обращения: 11.12. 2017).
8. Climatological Atlas of the People's Republic of China // China Meteorological Press. Zhonghua Renmin. Gongheguo Qihou Tuji. – 2002. – 250 p.
9. Landsat Mission [Электрон. ресурс]. – URL: <https://landsat.usgs.gov/landsat-project-description> (дата обращения: 16.10. 2017).

Поступила 25.12.2017

Техн. ғылымд. канд. А.Г. Терехов

## LANDSAT СПУТНИКАЛЫҚ МӘЛІМЕТІ БОЙЫНША 1989...2017 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ (ҚХР) МАНАС КӨЛІНІҢ МОНИТОРИНГІСІ

**Түйінді сөздер:** спутникалық суреттер, су беті айнасының көлемі, көл мөлшерінің динамикасы, көл бассейінінің сумен қамтамасыз етілуі, су құбырлары

*ҚХР) Жоңғар жазығының батыс аймағында орналасқан Манас көлінің 1989...2017 жылдар бойынша LANDSAT-5, 7, 8 суреттерінің арқасында көлдің көлемінің мониторингісі жасалған. Манас көлі Құбық пен Манас өзендерінің және де Қарамай қ. – Қара-Ертіс ө. және Үрімші қ. – Қара-Ертіс өзендерінің сулы құбырлары үшін соңғы ағынсыз сулы объектісі болып келеді. Көлдің бассейінінде бірнеше қалалар орналасқан (Шихэцзи қ., Манас қ., Хутуби қ., Чанцзи қ.) және де суарылатын 600 мың гектар егіндік*

*жерлер өңделеді. Ауыл шаруашылық жерлерінің сумен қамтамасыз етілген динамикасы Манас көлінің қазіргі су беті айнасының көлемі бойынша диагностика жасалу мүмкін. Көлдің көлемінің мониторингісі соңғы 20 жылда, бастапқы құрғап қалған көл болардың алдында жылдам толуының төрт мерзімді өткерді, ол 1999, 2002, 2010 және 2016 жж. Су беті айнасының көлемі 300 квадраттық км кейде көбейетін. Су беті айнасының қалпына келтіру, сірә Жоңғар жазығы – Қара-Ертіс өзенінің суару жүйесімен байланысты, қазіргі таңда бұл жүйе екі су арналарынан тұрады: Қарамай қ. – Қара-Ертіс өзені (1999 жылдан бастап) және Үрімші қаласында Қара-Ертіс (2007 жылдан бастап пайда болған). Көлдің толуы антропогенді болуы, су қорының табиғи ішкі мезгілдік динамика жоқтығымен байланысты, өйткені аймақтың көлдеріне тән қоректенуі, ол дегеніміз судың көктемдегі максимумымен және жаздық минимумымен байланысты, ал бұл өзеннің өзендердің табиғи қоректенуі жоқ. Манас көлінің толу фазасында су айнасынан булануға байланысты мезгілдік су жоғалуы 0,2-0,3 км<sup>3</sup> немесе Манас өзенінің бассейніндегі орташа жылдық басым ағымының 20...30 % құрайды.*

A.G. Terekhov

### **MONITORING OF LAKE MANAS (CHINA) IN THE PERIOD 1989...2017 YEARS ON BASE OF LANDSAT SATELLITE DATA**

**Keywords:** satellite images, water mirror area, lake size dynamics, water availability of the lake basin, water canal

*Based on 154 images of LANDSAT-5, 7, 8 of the 1989...2017 years period, the size of the Lake Manas, located in the western part of the Dzungarian Plain (China), was monitored. Lake Manas is the final, drainless water body for the Manas, Kubuk river and water canal: Kara Ertis – Karamay; Kara Ertis – Urumqi. In the lake basin there are several cities (Shiheji, Manas, Khutubi, Changji) and about 600,000 ha of the irrigated arable land which are cultivated. The dynamics of water supply to agricultural lands can be diagnosed by the current mirror area of the lake of Manas. Monitoring of the lake mirror area showed that, initially, completely dry lake, in the last 20 years has experienced four periods of sharp filling, in 1999, 2002, 2010 and 2016 years. The lake mirror area periodically increased to 300 km<sup>2</sup>. Apparently, the water mirror restoration is connected with the operation of the irrigation*

*system of the Kara-Ertis River – Dzungar Plain, which is currently represented by two water canals: Kara-Ertis – Karamay (since 1999) and the Kara-Ertis – Urumchi (since 2007). The anthropogenic character of the lake feeding is also confirmed by the lack of the natural seasonal dynamics of water deposits, which included the spring maximum and the summer minimum, that is typical for the natural regional lakes. In the filling phase of the Lake Manas, the seasonal evaporation water losses can reach 0,2...0,3 km<sup>3</sup>. This is 20...30 % of the average annual runoff of the Manas River (the dominant basin river).*

УДК 627.01:556.5

Канд. техн. наук С.И. Куц<sup>1</sup>

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО РАСХОДА ПРИРОДООХРАННОГО ПОПУСКА МЕЖДУ РУСЛОМ И ПОЙМЕННЫМИ УЧАСТКАМИ РЕКИ ИРТЫШ

**Ключевые слова:** пойменный массив, эталон гидрографа, морфометрические показатели поймы, свободное меандрирование, излучина реки, русловой процесс

*Рассмотрены вопросы практического применения гидролого-морфологического метода расчета гидрологических характеристик реки с широкой поймой для разработки предпроектной документации по обоснованию технических решений строительства водохозяйственных объектов. Использование расчетных зависимостей, рекомендованных межгосударственным нормативом проведения инженерных гидрологических расчетов, позволяет на примере р. Иртыш последовательно определить стоковые характеристики при перемещении потока по двусторонней пойме и руслу в условиях отсутствия близко расположенных пунктов стационарных гидрологических наблюдений. Критерием оценки распределения стока между руслом и поймой, интенсивности развития русловых деформаций и русловых образований является максимальный расход воды природоохранного попуска из каскада Верхне-Иртышских водохранилищ.*

Долины рек с широкой поймой (10...20 км) в период половодья практически недоступны для точных инструментальных измерений скорости течения и расхода воды. Повышенные скорости течения воды (2,0...2,5 м/с) в основном русле, не оборудованном специальными фиксирующими устройствами для плавсредств в створе, не позволяют выполнить продолжительную стоянку судна на период измерения параметров механическими приборами. Акустические измерители скорости течения воды с горизонтальным лучом за счет повышенной мутности потока искажают результаты измерений. Обратный эффект наблюдается при инструментальных измерениях на пойме – скорости перемещения воды по пойменным массивам ниже пороговой чувствительности самих приборов.

<sup>1</sup> ТОО «Биосфера», г. Павлодар, Казахстан

Для оценки распределения скоростей течения воды между элементами речной долины рассматриваются методический прием расчета с применением гидролого-морфологического анализа. Гидролого-морфологический анализ трансформации водного потока в фазу максимального проявления всех гидрологических характеристик дает качественное представление о возросших нагрузках стока на активизацию русловых процессов. Так как расчеты с применением гидролого-морфологического метода базируются на картографическом материале и космическом мониторинге, исключается из практики использование значительного объема полевых топогеодезических и гидрологических измерений. Программные продукты «GOOGLE» делают метод более доступным для широкого круга инженерно-технического персонала. Область применения метода ограничена необходимостью расширения познаний других факторов – гидродинамических, геологических, термических, ответить на их взаимодействие могут только непосредственно натурные измерения. Сам гидролого-морфологический метод имеет значительное преимущество на стадиях обоснования хозяйственной инвестиционной деятельности и на уровне предпроектных технических решений использования речных систем. Применение метода расчета расхода потока между руслом и поймой на основе гидролого-морфологического анализа приводится на примере участка долины р. Иртыш (Ертыс).

Долина Иртыша в границах Павлодарской области находится в зоне сезонного затопления при природоохранных попусках воды из каскада Верхне-Иртышских водохранилищ многолетнего регулирования, состоящего из Бухтарминского, Усть-Каменогорского и Шульбинского водохранилищ [1, 2]. Река полностью зарегулирована на территории Восточно-Казахстанской области и гидрологический режим ее управляется в соответствии с «Правилами использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ» (утверждены Председателем КВР МПР и ООСРК №17-п от 04.03.2002 г.)

Согласно «Правил ...» годовой режим реки в нижнем бьефе Шульбинской ГЭС регламентирован целевыми попусками на:

- обводнение поймы в Павлодарской области (период весеннего природоохранного попуска);
- снижение рисков переполнения Шульбинского водохранилища весенними водами боковой приточности на участке Усть-Каменогорская ГЭС – Шульбинская ГЭС (период пропуска высоких половодий);

- обеспечение условий для судоходства на территории Республики Казахстан до границы с Российской Федерацией (период попусков навигационных расходов и пропуска летне-осенних дождевых паводков);

- обеспечение экологических требований для сохранения биоценозов Иртыша в условиях ледовых явлений (период зимних попусков).

Управление каскадом водохранилищ осуществляется по диспетчерским графикам, установленным объектами гидроэнергетики и согласованным всеми основными водопотребителями и водопользователями бассейна на основании фактического наполнения водохранилищ каскада поверхностным стоком, включая водные ресурсы, поступающие из КНР.

Гидрологическое влияние волны природоохранного пуска проявляется по глубине затопления пойменного пространства и продолжительности периода затопления. Указанные факторы являются производными при оценке разрушительных проявлений на строительных сооружениях от воздействия скоростей течения воды, волновых и ледовых нагузов.

Перемещение весеннего природоохранного пуска начинается от створа Шульбинской ГЭС. Период пуска подразделяется на три временных фазы – подготовительную (4...5 суток), основную (15...24 суток) и фазу выхода из пуска (3...4 суток). Начало ежегодного пуска в нижний бьеф приходится в среднем на 15 апреля. В створ города Павлодара (устье р. Усолки) начальная волна пуска доходит 18-19 апреля.

В подготовительную фазу природоохранного пуска, продолжающуюся 4 суток, расходы в нижний бьеф увеличиваются с суточными градациями по  $250 \text{ м}^3/\text{с}$  с  $400 \text{ м}^3/\text{с}$  (зимний расход) до  $1500 \text{ м}^3/\text{с}$ . При подготовительной фазе пуска вода из Иртыша в створе намечаемой застройки еще не выходит на пойму – уровень воды поднимается и заполняет речные затоны и глубокие старицы.

При гарантированной отдаче водохранилища (зона 1) – продолжительность второй фазы пуска должна составлять 24 суток с объемом пуска  $6,7 \text{ км}^3$  воды. По срокам вторая фаза приходится на третью декаду апреля – вторую декаду мая. Подъем уровней (расходов) воды достигает пиковых значений в середине мая после ежесуточного увеличения расходов воды на  $250 \text{ м}^3/\text{с}$  до максимального значения  $3500 \text{ м}^3/\text{с}$  (рис. 1). Снижение расходов попусков с  $3500$  до  $2000 \text{ м}^3/\text{с}$  осуществляется ступенями по  $500 \text{ м}^3/\text{с}$  в сутки.

Третья фаза природоохранного пуска приходится на третью декаду мая со снижением расходов с  $2000 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $650 \text{ м}^3/\text{с}$  (навигационный пуск) ступенями по  $250 \text{ м}^3/\text{сутки}$ .



*Рис. 1. Эталон гидрографа природоохранного попуска из Шульбинского водохранилища в русло р. Иртыш (выше горизонтальной пунктирной линии зона затопления поймы в створе г. Павлодара с продолжительностью 21 суток).*

Эталонный профиль весеннего гидрографа Иртыша по диспетчерскому графику управления водными ресурсами не всегда выдерживается по началу попуска, продолжительности и объема воды, сбрасываемого на обводнение поймы. В зависимости от запасов воды в водохранилищах каскада на начало природоохранного попуска и влажзапасов на водосборном бассейне график может корректироваться государственной паводковой комиссией в сторону ограничения продолжительности и объемов попусков от зоны 2 (снижение объемов и расходов на 10 %) до зоны 6.

По эталонному гидрографу Иртыша в период природоохранного попуска воды продолжительность периоды затопления поймы составляет 21 сутки, из них подъем уровня (расхода) происходит в течение 7 суток, продолжительность периода максимальных расходов составляет 8 суток и периода снижения уровней до незатопляемых высотных отметок – 6 суток. Из-за разности уклонов водной поверхности и прибрежного рельефа продолжительность периода затопления пойменных массивов существенно различается на всей протяженности Иртыша в границах Павлодарской области. Примером может быть сравнение гидролого-морфологических показателей ближайших створов г. Аксу и г. Павлодара. Выход воды из русла на пойму в створе г. Аксу происходит при уровне воды 109,8 м (абс.) и расходе воды 2100 м³/с, выход воды на пойму у г. Павлодара наблюдается при высотной отметке уровня 106,5 м и критическом расходе 1600 м³/с.

Попуск воды из Шульбинского водохранилища с заданным расходом доходит до пойменного массива с запозданием равным сроку преодоления руслового сопротивления (время добегания). Такая же закономер-



ность понижения уровня воды в створе Павлодара ежегодно прослеживается на спаде расхода попуска.

За период зарегулированности Иртыша с 1964 по 2017 гг. по причине вариации климатических характеристик на водосборном бассейне и годового объема наполнения водой водохранилищ каскада приведенный эталонный по форме гидрограф реки не всегда соблюдался.

На участке речного русла Иртыша, общей протяженностью 257 км, от гидрологического поста с. Семиярское до гидрологического поста г. Павлодар отсутствует стационарная сеть гидрологических наблюдений. Временные водомерные промежуточные посты на реке фиксируют только динамику уровня воды в период попуска. Информация о наполнении основного русла реки и проток, выхода воды на пойму, о расходах и скоростях течения воды, как по руслу, так и по участкам поймы, отсутствует. Настоящая работа направлена на совершенствование теории гидролого-морфологических расчетов и приближении ее к прикладным целям – прогнозирования русловых процессов и снижения нагрузок на действующие гидротехнические сооружения.

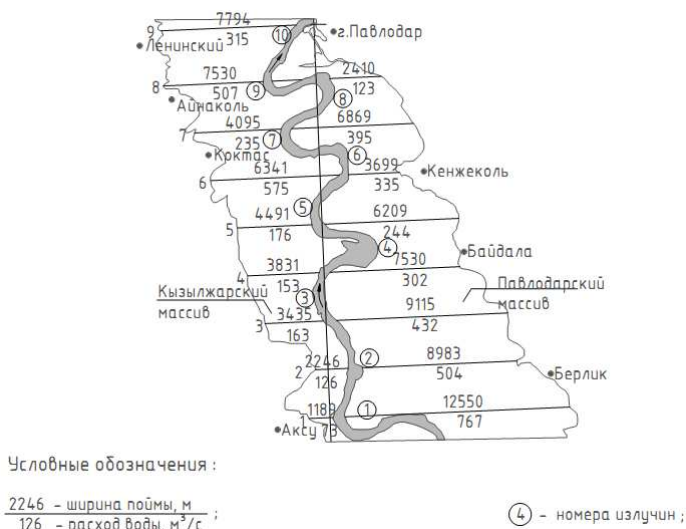
Для оценки распределения гидравлических параметров по руслам рек и пойменным массивам построена расчетная модель движения волны попуска по методике МСП с учетом основных особенностей морфометрии русла с поймой [8]. В схеме расчета рассматривается участок долины р. Иртыш от г. Аксу до г. Павлодара общей протяженностью 38 км. Точка отсчета движения волны попуска начало Кызылжарского левобережного пойменного массива и середина Павлодарского правобережного пойменного массива. Ширина всей долины измерена по «Google Earth Pro» в масштабе 1:50 000, ширина русла и проток – в масштабе 1:10 000.

Вся территория, охваченная оценкой морфометрических и гидравлических показателей, разделена на 8 расчетных блоков, ограниченных 9 контрольными створами. Конечный, нижний по течению расчетный створ, пересекает левобережную пойму и русло Иртыша на широте речного вокзала г. Павлодара. В конечном створе отсутствует правобережная пойма. Расчетные блоки участков поймы и русла представлены на рис. 2.

На участке поймы в границах расчетных блоков имеются характерные особенности типичные для сложных пойм [3, 5, 6]. В состав особенностей входит:

1. наличие протоков, впадающих в «окнах» прируслового вала, в основное русло;

2. наличие протяженных проток, вытекающих из русла и снова впадающих в него;
3. отъем части стока протоками, снижающими общий расход воды по пойменной равнине;
4. наличие проток, примыкающих к коренному берегу с последующим широтным пересечением поймы по пути к основному руслу.



*Рис. 2. Схема морфометрических показателей поймы р. Иртыш на участке Аксу – Павлодар.*

Все перечисленные особенности сложных пойм отчетливо проявляются в расчетной схеме исследуемого участка реки. Протока Усолка следует ниже по течению за протокой Подстепка. При этом начало правобережной Усолки (исток от Иртыша) планомерно привязано к устью Подстепки. Обе протоки отличаются размером гидравлических показателей, но по оценке режима стока они являются аналогами.

Синхронизация русловых процессов в исторический период привела к образованию проток-аналогов и в левобережной пойме – протока Старый Иртыш является продолжением протоки Белая. Гидрологическими измерениями протока Старый Иртыш и протока Усолка не были охвачены. На протоках Подстепке и Белой регулярные гидрологические измерения проводились институтом «Гидропроект» им. С.Я. Жука при обосновании проектных решений головного водозабора канала Иртыш – Караганда. Результаты наблюдений гидрологических характеристик в смежные годы в условиях зарегулированности Иртыша гидроузлами (табл. 1) представляют единые взаимосвязи между руслом основной реки и протоками [7, 9].

Таблица 1

Среднемесячные и максимальные расходы воды по р. Иртыш и протокам  
Белая, Подстепка в период прохождения природоохранного попуска  
(апрель – июнь) – 1963...1965 гг.

Река	Створ	Год	Месяц			Максимальный расход	
			апрель	май	июнь	Q, м <sup>3</sup> /с	дата
Иртыш	НС КиКС*	1963	835	1130	1030	1680	09.04
		1964	930	2350	1100	3560	03.05
		1965	1090	1925	795	3240	19.06
Белая	НС КиКС** (с. Беловка)	1963	54,9	81,0	69,0	150	09.06
		1964	43,8	206	77,8	303	15.05
		1965	113	151	40,8	358	20.04
Подстепка	с. Жертумсык	1963	4,16	7,07	5,87	18,9	08-09.06
		1964	9,02	20,8	5,73	30,7	06.05
		1965	13,5	-	-	105	19.04

*Примечание:* \* створ НС КиКС – головной водозабор (НС №1) канала им. К. Сатпаева. \*\* источник информации – фонды ПИ НИИ «Гидропроект» (г. Москва).

Анализ схемы участка реки с расчетными блоками морфометрических параметров позволяет определить изменение соотношения ширины правобережной поймы с левобережной. По мере уменьшения ширины правобережной поймы от створа 1 до створа 9 увеличивается ширина левобережной поймы. Исходя из условий постоянства расхода по длине участка русла морфометрическими показателями – общей ширины поймы, ширины левой и правой поймы, по зависимости  $\frac{Q_n}{Q_p + Q_n}$  можно определить расходы в русле и на участках пойменных массивов [8].

Последовательность расчетов:

1. По рекомендации МСП 3.04-101-2005 измеряем фактическую ширину правой, левой поймы и русла реки, на дату прохождения гребня попуска (картографический материал спутникового мониторинга) – результаты обобщены в табл. 2.

2. Определяем значение  $\frac{B_p + B_n}{B_n}$  и по результатам приводим

к отношению  $\frac{Q_n}{Q_p + Q_n}$ .

3. В условиях зарегулированности Иртыша минуем стадию расчета вероятности превышения максимального расхода  $Q_p$  % и производим расчет максимального суммарного расхода на пойме на основании заданного максимального расхода  $Q_{\max} = 3500 \text{ м}^3/\text{с}$  по зависимости

$$Q_n = \frac{Q_{\max}}{Q_p + Q_n}.$$

4. Максимальный расход воды в русле будет равен разности между суммарным максимальным расходом и расходом в пойме  $Q_p = Q_{\max} - Q_n$ .

5. По соотношению морфометрических показателей двусторонней поймы  $\frac{B_{n.л.}}{B_{n.л.} + B_{л.л.}}$  определяем максимальный расход в правобережной пойме  $Q_{n.л.}$ .

6. Расход воды по левой пойме  $Q_{л.л.}$  будет составлять  $Q_n - Q_{n.л.}$ .

Таблица 2

Морфометрические характеристики русла и поймы Иртыша в границах расчетных блоков

№ створа	Ширина поймы, м		Ширина русла $B_p$ , м	Ширина поймы с руслом $B_p + B_n$ , м	$\frac{B_p + B_n}{B_p}$
	левая $B_{л.л.}$	правая $B_{н.л.}$			
1	1189	12550	395	14134	35,8
2	2246	8983	447	11676	26,1
3	3435	9115	520	13070	25,1
4	3831	7530	556	11917	21,4
5	4491	6209	605	11305	20,3
6	6341	3699	294	10334	35,1
7	4095	6869	426	11390	26,7
8	7530	2410	400	10340	25,9
9	7794	0	578	8372	14,5

Выполнив расчет всех расходных характеристик по пойме и руслу, иллюстрируем динамику изменения гидравлических характеристик реки в границах исследуемого участка реки (табл. 3). Числовые значения расходов воды, проходящих в период максимального расхода весеннего попуска, указывают на неоднородность факторов в речном русле, как результат

постоянного процесса формирования новых русловых форм и водообмена между руслом и поймой, а также о наличии строгих закономерностей движения воды по пойме. По мере перемещения волны попуска по правой пойме расход воды снижается от 767 м³/с (створ №1) до нуля (створ № 9) – концевой участок Павлодарского пойменного массива.

По классификации рек, Иртыш на пойменном участке характеризуется как равнинный участок реки с гидравлическими параметрами коэффициента Лохтина  $\geq 5$ , параметра устойчивой ширины русла  $A = 1,0$  (в формуле  $B = A \frac{Q^{0,5}}{I^{0,5}}$ , где  $Q$  в м³/с), параметры  $m = 0,7$  при  $K = 10$  (в морфологической формуле  $B^m / h_{cp} = K$ ), числа Фруда  $F_r = 0,2 \dots 0,04$ .

Таблица 3

Распределение расходов воды в долине р. Иртыш при трансформации максимального расхода природоохранного попуска ( $Q = 3500$  м³/с)

№ створа	$\frac{Q_n}{Q_p + Q_n}$	$Q_p$ , м³/с	$Q_{л.п.}$ , м³/с	$Q_{н.п.}$ , м³/с	$Q_n$ , м³/с
1	0,24	2660	73	767	840
2	0,18	2870	126	504	630
3	0,17	2905	163	432	595
4	0,13	3045	153	302	455
5	0,12	3080	176	244	420
6	0,26	2590	575	335	910
7	0,18	2870	235	395	630
8	0,18	2870	507	123	630
9	0,09	3185	315	0	315

Переход к определению гидравлических параметров русла и поймы в фазу прохождения максимального расхода в любом из промежуточных речных створов выполняется через расчет глубины затопления поймы по интерполяции уклонов водной поверхности между верхним гидрологическим постом и нижним. Для решения этой задачи определяется разность абсолютных отметок уровня воды между постами при заданном максимальном расходе воды, которая делится на длину реки между створами и результат приводится к расстоянию одного из створов. Полученный параметр выражает значение наивысшего уровня воды в абсолютных высотных отметках в расчетном створе. Глубину затопления поймы определяем по разности максимального уровня воды и средним значениям высоты рельефа поймы (в абсолютных отметках). Для определения средней высо-

ты рельефа поймы по расчетному створу рекомендуется использование топографических карт масштаба 1:10 000 или 1:25 000. Разность между наивысшим уровнем воды и средней высотой рельефа поймы в створе будет являться глубиной затопления поймы. На участке р. Иртыш между гидропостом Семиярское и гидропостом Павлодар-затон глубина затопления поймы находится в диапазоне 1,30...1,74 м.

Произведение ширины пойменного массива  $B_n$  на среднюю глубину  $h_n$  дает площадь водного сечения пойменного потока  $S_n$ . Умножением ширины русла  $B_p$  на глубину затопления поймы  $h_n$  определяем площадь водного сечения в русле над береговой бровкой  $S_p$ . Частное от деления  $\frac{Q_p}{S_{pm}}$  и  $\frac{Q_n}{S_n}$  дает значение средних скоростей в русле  $V_{cr,pm}$  и пойме  $V_{cr,n}$ .

Выражение  $B_p \cdot h_{p,m} \cdot V_{cr,pm}$  представляет собой часть расхода воды  $Q_{p.в.}$  проходящего в русле выше береговой бровки при прохождении максимального расхода воды в русле  $Q_p$  в условиях гребня природоохранного попуска. Если от общего максимального расхода воды в русле вычесть ту часть расхода которая проходит выше уровня береговой бровки, тогда оставшаяся часть расхода воды (максимального расхода в русле ниже отметок береговой бровки) представляет собой руслоформирующий расход  $Q_r$ :

$$Q_r = Q_p - Q_{p.в.} \quad (1)$$

Руслоформирующий расход  $Q_r$  выражает максимальный расход в русле при наибольшем наполнении водой до выхода ее на пойму. Руслоформирующий расход определяет наиболее высокую интенсивность динамики русловых процессов в формировании русловых форм. При руслоформирующем расходе перемещается наибольшая масса твердого стока, и активизируются неблагоприятные для водохозяйственных объектов и речных сооружений явления.

Результаты расчетов средних значений гидрологических характеристик – расхода, скорости течения воды в пойме и русле позволяют углубиться в детализацию определения дополнительных параметров. Пользуясь расчетными зависимостями, установленными Агроскиным И.И., Алтуниным В.С., Барышниковым Н.Б., Железняковым Г.В., Латышенко-

вым А.В., можно приступить к определению недостающих для инженерных расчетов гидравлических характеристик – средней скорости на вертикали, придонных и поверхностных скоростей течения, изменения поля скоростей при обтекании потоком сооружений в русле.

Данные о распределении характеристик потока между поймой и руслом, полученные путем применения гидролого-морфометрического метода расчета, позволяют производить определения размеров мезоформ русла, скорости их переформирования и выполнять прогнозные расчеты плановых смещений элементов русла на заданный интервал времени (как правило 5 лет, но не более 20 лет).

Высота донных подвижных гряд  $h_{\Gamma}$  в русле может быть приближенно оценена формулами:

$$\text{при } H < 1 \text{ м, } h_{\Gamma} = 0,25H, \quad (2)$$

$$\text{при } H > 1 \text{ м, } h_{\Gamma} = 0,2 + 0,1H, \quad (3)$$

где  $H$  – средняя глубина в створе, м.

Длина донных гряд установившегося профиля выводится из уравнения:

$$l_{\Gamma} = H^3 \sqrt{\frac{c^2}{g}}, \quad (4)$$

или ориентировочно по формуле:

$$l_{\Gamma} = 4,2H. \quad (5)$$

Скорость смещения гряд ( $C_{\Gamma}$ , м/с) равна:

$$C_{\Gamma} = 0,019V_{p.c.p.} \cdot F_{\Gamma}^3, \quad (6)$$

а продолжительность времени их сползания  $t_{\Gamma}$  рассчитывается по формуле:

$$t_{\Gamma} = \frac{l_{\Gamma}}{C_{\Gamma}}. \quad (7)$$

Приведенные расчетные гидравлические зависимости могут быть применены в случаях отсутствия натурных измерений. Корректирование значений мезоформ рельефа русла производится с применением результатов полевых исследований по другим расчетным формулам. Так, определение размеров деформаций по максимальной высоте гряд  $h'_{\Gamma}$  примет вид расчетной формулы:

$$h'_{\Gamma} = 2,5h_{\Gamma}, \quad (8)$$

где  $h_{\Gamma}$  – высота гряд измеренная на спаде половодья, м.

Длина русловых гряд в период прохождения максимального расхода попуска будет соответствовать зависимости:

$$l'_Г = 2,5l_Г, \quad (9)$$

где  $l_Г$  – длина гряд, измеренная спустя месяц после попуска, м.

По критериям руслового процесса Снищенко Б.Ф. [10], тип руслового процесса, доминирующего на р. Иртыш, соответствует рекам со свободным меандрированием с  $A_Д = 36,6$ ;  $\sigma_A = 11,5$ ;  $\frac{\sigma_A}{A_Д} \cdot 100 = 32$  из расчетной формулы:

$$A_Д = \frac{I_Д}{I} \cdot \frac{B_Д}{B_о}, \quad (10)$$

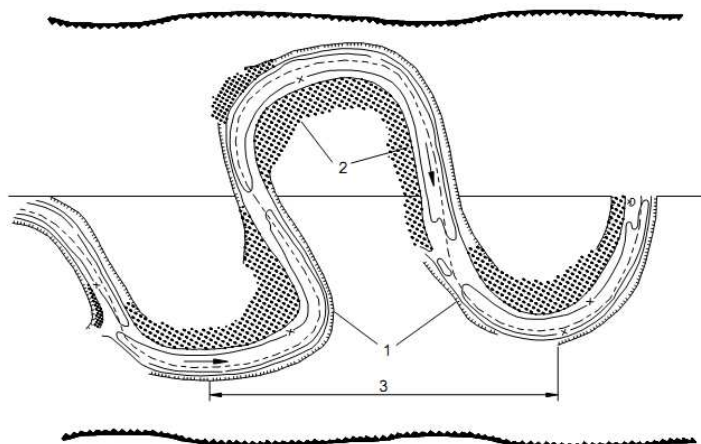
где  $I_Д$  – уклон дна долины;  $I$  – уклон потока по руслу;  $B_Д$  – ширина дна долины, включающей пойму и русло, м;  $B_о$  – ширина русла на уровне пойменных бровок, м.

В соответствии с гидролого-морфологической теорией основная роль в русловых процессах принадлежит транспорту наносов, внешним проявлением которого являются все русловые и пойменные деформации. Развитие русловых форм связано с расходом донных наносов, с кинематической структурой потока и его макротурбулентностью. Донным наносам отводится роль в формировании собственного русла реки. Взвешенные наносы принимают активное участие в формировании пойменных отложений.

В пределах исследуемого участка речной долины Иртыша, состоящего из 8 расчетных блоков, имеется 10 макроформ – крупных меандр, каждая из них отличается размерами, формой, глубинами, скоростями течения, интенсивностью эрозионных и русловых процессов. Каждой излучине реки присущи местные размывы и отложения наносов с формированием перемещающихся вниз по течению зон: дефицита, транзита и осаждения наносов (рис. 3).

Зону дефицита наносов представляют нижние участки плесовых лощин, зону транзита – речные перекаты, зону аккумуляции – верхние участки плесовых лощин. Морфологические образования в русле непрерывно меняются под влиянием изменений скоростного режима. Работа речного потока постоянно обеспечивается годовыми циклами руслоформирующего расхода. Степень неравномерности течения наиболее значительная на перекатах, где и развиваются наиболее значительные деформации.





*Рис. 3. Элементы долины р. Иртыш (2462...2446 км) в условиях переформирования русла при свободном меандрировании: 1 – зона размыва; 2 – зона аккумуляции наносов; 3 – шаг меандры.*

Ширина русла Иртыша в зоне размыва на излучине в период прохождения максимального расхода составляет 300...400 м. В фазу летней межени размер на нижних створах перекатов сокращается по ширине до 250...265 м. Плесовые лощины, выступающие зонами аккумуляции неорганического материала твердого стока (преобладают среднезернистые и крупнозернистые пески), имеют ширину в пик попуска 530...620 м, в межень 380...410 м. Плесовые лощины создают условия для формирования новых и увеличения существующих русловых образований – побочней, кос, осередков и т.п.

Натурные исследования русловых деформаций в условиях зарегулированности Иртыша и максимальных расходов воды при попусках величиной  $3500 \text{ м}^3/\text{с}$  определили среднее значение смещения береговой бровки на размывающих участках 2,8...3,7 м за один попуск. Теоретические расчеты с использованием формул Гончарова В.М., Великанова М.А. подтвердили оценку устойчивости русла к русловым деформациям и установили предельную ширину размыва берега – 4 м/год при коэффициенте скорости развития излучины  $k = 0,5$  [1, 6].

При качественной работе с картографическим материалом по определению морфометрических показателей русла и поймы реки расчетные гидравлические характеристики по заданным створам будут близки к результатам полевых исследований. Если будет соблюдено количество расчетных створов, равное рекомендуемому СП РК количеству по масштабам батиметрической съемки, уровень достоверности результатов расчета

можно признать удовлетворительным. Полученные числовые значения могут быть использованы в практике проектных разработок намечаемого строительства.

Всего на участке реки в русле непрерывно смещаются 13 перека-тов разделенных 12-ю плесовыми ложинами, от г. Аксу верхний перека-т Верхне-Воскресенский (2470 км от устья), самый нижний перека-т Павло-дарский (2430 км от устья).

Любой вид использования речной системы в экономических целях требует принятия обоснованного технического решения по плановой и высотной привязке объекта к размерам ближайших макроформ русла и к существующим водохозяйственным объектам с прогнозированием веро-ятных изменений гидрологических условий. Кроме данных об амплитуде уровней (расходов) в заданном расчетном створе реки необходимо распо-лагать информацией о влиянии режима наносов на русловые сооружения и об ожидаемых последствиях при дополнительных нагрузках на интенсив-ность деформаций.

#### **Заключение.**

1. Теория гидролого-морфологического анализа русловых процес-сов может быть расширена в практике прикладных расчетов при разработ-ке предпроектной и проектной документации строительства водохозяйст-венных объектов.

2. На примере данных о морфологических показателях участка до-лины р. Иртыш произведены гидрологические расчеты распределения расходов и скоростей течения воды по руслу и двусторонней пойме в фазу прохождения гребня природоохранного попуска.

3. Результаты расчетов гидрологических характеристик пропуск-ной способности русла и поймы реки позволяют их применение в детали-зации прогнозирования русловых процессов, интенсивности распределе-ния твердого стока, динамики формирования макро- и мезоформ руслово-го рельефа.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бурлибаев М.Ж., Куц С.И., Фашевский Б.В., Опп К., Царегородце-ва А.Г., Шенбергер И.В., Бурлибаева Д.М., Айтурсев А.М. Затопление поймы Ертиса – главный фактор устойчивого развития речной экоси-стемы. – Алматы: Каганат, 2014. – 395 с.
2. Гребной канал в составе многофункционального спортивного ком-плекса в рекреационной зоне реки Усолка: Отчет по инженерно-

- гидрологическим изысканиям. – Павлодар, Научно-производственное предприятие «Биосфера». – 2017. – 44 с. – Отв. исполн. М.Ф. Криворак.
3. Грушевский М.С. Волны попусков и паводков в реках. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 340 с.
  4. Железняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 310 с.
  5. Карасев И.Ф. Руслловые процессы при переброске стока. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 288 с.
  6. Куц С.И., Куц Е.И. Влияние застройки части поймы р. Иртыш на трансформацию волны природоохранного попуска // Водное хозяйство Казахстана. – 2018. – Вып. 1. – С. 23-30.
  7. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 5 – Выпуск 1. Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола / Под ред. З.М. Кожинной – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 466 с.
  8. МСП 3.04-101-2005. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Астана: Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства РК, 2006. – 56 с.
  9. Сводный отчет о гидрологических работах на реках Иртыше и Белой в районе водозабора канала Иртыш – Караганда за период 1959...1970 гг. Технический отчет. Гидропроект им. С.Я. Жука. – М.: 1973. – 293 с. – Отв. исполн. Ю.П. Макавеев.
  10. Снисенко Б.Ф. Типы руслового процесса и их возникновение // Труды ГГИ. – 1980. – Вып. 263. – С. 4-40.

Поступила 4.06.2018

Техн. ғылымд. канд.      С.И. Куц

## **ТАБИҒИ ОРТАНЫ ҚОРҒАУ РҰҚСАТАНАМАСЫНЫҢ ЕРТІС ӨЗЕНІҢ БӘЛЕКЕЙ ЖӘНЕ ЖАЙЫЛМА БӨЛІМШЕЛЕР АРАСЫНДА МАКСИМАЛЬДЫ ШЫҒЫНЫҢ ҮЛЕСТУРУ**

**Түйінді сөздер:** жайылма алабы, табиғи рұқсатанама, гидрографтын үлгісі, морфометрикалық жайылмасының көрсеткіштері, еркін меандрлену, өзеннің айналмасы, арналық үдеріс

*Су шаруашылық объектілердің құрылысты техникалық шешімдерді дәлелдеу бойымен жобалау алдындағы құжаттаманың әзірлеуі үшін кең жайылмамен өзеннің сипаттамаларын гидрологиялық есептеудің су – морфологиялық әдісінің практикалық қолданудың мәселелері қарастырылған. Гидрологиялық есептер*

*жүргізудің мемлекетаралық норматив ұсынылған есеп айырысу тәуелділіктерді пайдалануы, Ертіс өзеннің мысалында, екі жақты жайылмасы және өзен арнасы бойымен науа сипаттамалары ағысын ауысуында дәйекті түрде жақын жайғастырылған стационарлық гидрологиялық бақылауларының пунктiлер жоқтығы шарттарында анықтауға рұқсат береді. Ертіс су қоймаларының құламасынан табиғи ортаны қорғау рұқсатанамасының максимальды су шығының үлестіруі бәлекей мен жайылма арасындағы ағынды үслерірудің бағалау, арналық өзгерістерді дамудың қарқындылығы және арналық құрылымдар бойынша белгісі.*

Kuts S.I.

### **DISTRIBUTION OF THE MAXIMUM EXPENSE OF THE ENVIRONMENTAL FLASH BETWEEN CHANNEL WAY AND THE BOTTOMLAND AREAS OF THE IRTYSH RIVER**

**Keywords:** floodplain area, environmental flush, hydrograph etalon, morphometric indicators of floodplain, free meandering, bend of river, evolution of river bed

*The problems of practical application of the hydrological-morphological method for calculating the hydrological characteristics of a river with a wide floodplain for the development of pre-project documentation for the justification of technical solutions for the construction of water management facilities are considered. The use of calculated dependencies recommended by the interstate standard for engineering hydrological calculations makes it possible, by the example of the Irtysh River, to determine successively the runoff characteristics when moving the flow along a bilateral floodplain and channel way in the absence of closely located stationary hydrological observation points. The criterion for estimating the distribution of flow between the channel way and the floodplain, the intensity of the development of channel deformations and channel formations is the maximum flow of water from the nature protection release from the cascade of the Upper Irtysh water reservoirs.*

УДК 631.67

Канд. с.-хоз. наук В.Д. Гостищев<sup>1</sup>  
Т.С. Пономаренко<sup>1</sup>  
А.Н. Рыжаков<sup>1</sup>  
А.В. Бреева<sup>1</sup>

# **ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ В РУСЛЕ РЕКИ ТЕМЕРНИК**

**Ключевые слова:** максимальный расход, сток, бассейн реки, расчетный створ, гидродинамическая модель, верификация

*В статье представлены результаты гидрологических расчетов максимальных расходов с учетом морфологических особенностей реки Темерник. Рассмотрена методика, позволяющая детализировать определение исходных данных для гидродинамической модели. Представлены результаты верификации компьютерной гидродинамической модели. Графически изображена методика вынесения границ зон затопления, определенных в одномерной гидродинамической модели в план. Данные исследования позволили провести объективную оценку реальной ситуации на реке и разработать ряд предложений, дальнейшая реализация которых позволит улучшить экологическую ситуацию на данном объекте.*

**Введение.** Малые реки в зоне степей являются основными источниками водоснабжения населенных пунктов, промышленности и сельскохозяйственного производства. В условиях полузасушливого климата, характеризующегося малоснежной зимой и продолжительным жарким летом, экологическое состояние малых рек приобретает жизненно важное значение. Они, являясь начальными звеньями гидрографической сети, формирующими более крупные реки, в то же время наиболее чутко реагируют на прямые антропогенные воздействия (водозабор, сброс).

В России вопросами изучения проблем малых рек в разные годы занимались многие ученые. Гидрологическая изученность малых рек и особенностей их режима отражены в работах Б.В. Полякова [1], К.П. Воскресенского, М.И. Львовича, А.И. Субботина, В.Е. Водогрецкого и др.

<sup>1</sup> ФГБНУ «РосНИИПМ», г. Новочеркасск, Ростовская область, Россия.

Географическому аспекту малых рек посвящены работы Г.Н. Петрова, Ф.Н. Милькова, С.Л. Вендрова, Р.С. Чалова и др. Вопросы комплексного использования и охраны малых рек решаются в работах В.С. Лапшенкова, А.М. Черняева [2], А.Е. Косолапова. Следует отметить появившиеся в последнее десятилетие работы по малым рекам с учетом экологического аспекта В.Ф. Бреховских [3], Л.В. Волкова, А.Н. Попова, В.Г. Дубининой, Т.Е. Павлюка, М.М. Мордвинцева [4] и др.

Исследования и практика восстановления малых рек за рубежом наиболее полно отражены в книге американских ученых под редакцией Д.А. Гора, которая была переведена на русский язык в 1989 г. Также гидрологическими вопросами занимались Г. Херст, Р. Шрейбер, Р.Е. Хортон [5].

Не меньшие изменения в гидрологическом цикле малых рек вызывают изменения ландшафта, связанные с градостроительством и сопутствующим ему устройством всевозможных инженерных сооружений (связанных с производством земляных работ по выемке и насыпи), а также прокладкой всевозможных подземных и наземных коммуникаций (каналов, трубопроводов и т.п.).

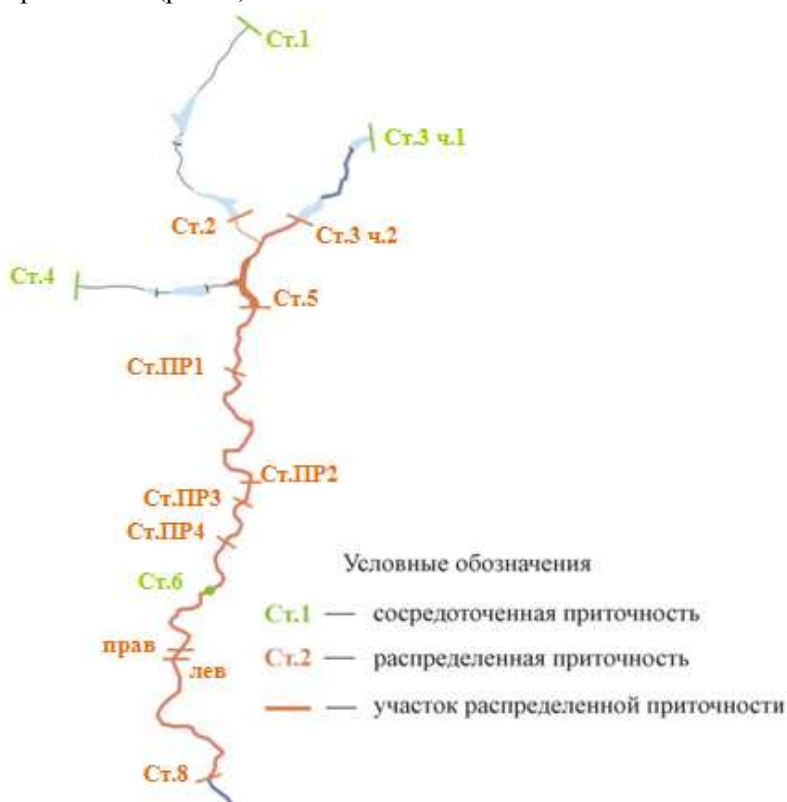
Возведение зданий, покрытие асфальтом улиц, площадей, дорог, создание водопроводной, дренажной и канализационной систем приводит к коренным преобразованиям процесса инфильтрации, поверхностной аккумуляции воды, а, следовательно, и режима стока и соотношений между его поверхностной и грунтовой составляющими. Подробные исследования данного вопроса были проведены еще в 70-х годах 20 века В.В. Куприяновым. [6] Также данное направление исследовали Л.К. Давыдов, Д.Я. Раткович, Н.И. Коронкевич [7].

В настоящее время в Ростовской области множество малых рек подверглось деградации вследствие антропогенного воздействия, которое повлияло на характер изменения поверхностного стока с водосбора, а недостаток гидрологических наблюдений, в связи с отсутствием гидрометрических пунктов, еще более усложняет изучение данного процесса. Одной из таких рек является Темерник.

Река Темерник – степная река, протекающая в Ростовской области и являющаяся правым притоком реки Дон. Длина реки – 35,5 км, из них 18 км по территории г. Ростова-на-Дону. Средний уклон русла реки 2,3 ‰, ширина русла в среднем до 10 м, глубина – 0,3...0,8 м.

Река является естественным приемником поверхностного стока с городской и прилегающей к городу местности, площадь водосбора 293 км<sup>2</sup>.

Участок исследования включает часть русла р. Темерник от истока до Низового Водохранилища, общей протяженностью 20,3 км и площадью водосбора 110 км<sup>2</sup> (рис. 1).



*Рис. 1. Картографическая схема гидрографии и расчетных створов исследуемого участка р. Темерник.*

Общая протяженность обследуемых балок боковой приточности (б. Старый Колодец, б. Хавалы, б. Краснокрымская, б. Офицерская) составляет 16 км. Территория водосборной площади исследуемого участка р. Темерник в значительной степени застроена жилыми и промышленными строениями, процент застройки составляет порядка 25 % от всего водосбора. Боковая приточность исследуемого участка реки сильно зарегулирована подпорными гидроузлами, создающими водохранилища, которые задерживают значительный объем годового стока. Всего на исследуемом участке имеется восемь основных водохранилищ общим объемом более 1 млн. м<sup>3</sup>.

**Материалы и методы.** Основными задачами данного исследования являлось определение значений максимальных расходов и проведение сценарных исследований их прохождения для установления возможных

границ и площадей затопления. Данные задачи решены при помощи расчетных методов и гидродинамического моделирования.

Для данного участка реки последние гидрометрические наблюдения фиксировались в 60-х годах 20 века, поэтому они не могли быть использованы для расчета, в связи с чем, расчет выполнен по методике, применяющейся в случае отсутствия данных наблюдений. Гидрологические расчеты проводились в соответствии с требованиями СП 11-103-97 [8], СП 33-101-2003 [9], а также пособия по определению расчетных гидрологических характеристик [10].

Основной особенностью данной реки является различие между водосборной территорией, прилегающей к различным берегам. Так в верхней части реки водосбор, прилегающий к левому берегу (по течению) более пологий, тогда как правый имеет более высокие отметки. Также отличия наблюдается в проценте застроенности территории. Чтобы учесть данный факт в гидродинамической модели и обеспечить сценарные исследования наиболее близкими к реальным, максимальные расходы определены по следующей методике. Расчетные створы определены в местах, где правый и левый водосборы по одноименным берегам имеют однородные высоты (рис. 2). Затем для каждого створа определены основные исходные данные, используемые для расчета максимальных расходов (площадь, уклон, процент застроенности и так далее). Эти данные отдельно определены для левого и правого водосборов. Полученные в результате расчета максимальные расходы для каждого из водосборов, позволили в дальнейшем детализировать сценарий моделирования.

Задача по установлению границ периодически затапливаемых территорий решена при помощи гидродинамической модели. Для получения исходных данных проведены инженерно-геодезические изыскания с применением современного высокоточного оборудования. Гидродинамическая модель разработана в программном комплексе MIKE 11.

**Результаты.** Установлено, что на участке исследований максимальные расходы весеннего половодья (табл. 1) превышают максимальные расходы дождевых паводков, поэтому их значения легли в основу сценарных исследований.

Полученные гидрологические данные были использованы для определения граничных условий модели. В качестве граничных условий использовались временные ряды среднесуточных расходов максимального половодья в расчетных створах на заданные вероятности превышения стока.



Таблица 1

## Характеристика расчетных створов

Местоположение	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с				
		1	3	5	10	25
Створ 1						
б. Старый Колодец, ПК 34+82 м	13,02	4,96	2,72	2,14	1,41	0,74
Створ 2						
б. Старый Колодец, ПК 61+45 м	9,02	4,8	2,62	2,07	1,36	0,71
Створ 3 ч. 1						
р. Темерник, ПК 7+12 м	9,52	6	3,27	2,58	1,69	0,88
Створ 3 ч. 2						
р. Темерник, ПК 17+96 м	3,63	1,64	0,90	0,71	0,46	0,24
Створ 4						
б. Хавалы, ПК 29+20 м	8,02	5,82	3,2	2,51	1,65	0,86
Створ 5						
р. Темерник, ПК 45+00 м	8,01	2,58	1,41	1,11	0,73	0,38
Створ ПР. 4						
р. Темерник, ПК 63+78 м	8,54	6,24	3,84	3,03	2,00	1,04
Створ ПР. 3						
р. Темерник, ПК 100+7 м	11,08	9,10	5,60	4,42	2,91	1,52
Створ ПР. 2						
р. Темерник, ПК 114+95 м	7,59	6,01	3,75	2,96	1,95	1,02
Створ ПР. 1						
р. Темерник, ПК 121+48 м	2,75	2,7	1,7	1,31	0,86	0,45
Створ 6						
1,7 км от устья б. Офицерская	4,14	2,83	1,94	1,53	1,01	0,53
Створ правая ВП						
р. Темерник, ПК 160+8	7,27	5,38	2,94	2,32	1,53	0,80
Створ левая ВП						
р. Темерник, ПК 160+9	5,57	4,27	2,34	1,84	1,21	0,63
Створ 8						
р. Темерник, ПК 204+12 м	8,23	9,39	6,43	5,08	3,35	1,75

Для объективной работы модели в различных створах приток задан разными условиями, максимально приближенными к реальным:

- приток с водосборной площади в створах 2, 3 ч. 2, 5, ПР. 4, ПР. 3, ПР. 2, ПР. 1, 8 задан распределением по длине участка;
- в створах 1, 3 ч. 1, 6 точно.

Приток со всех прилегающих балок, не отображенных в модели визуально, также учтен.

Верификация модели проведена путем сопоставления расчетных среднесуточных расходов с данными, полученными при моделировании на вероятность превышения стока 1 %. Для этого были определены контрольные створы, расчет которых получен при проведении теоретических вычислений без учета особенностей правого и левого водосборов. Данные расходы сопоставлены с результатами, полученными в модели (табл. 2).

Таблица 2

Сопоставление расходов

Створ	Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с	
	расчетный	данные модели
1	4,96	4,05
2	11,56	7,46
3	7,76	7,5
4	5,82	5,8
5	31,5	17,79
6	2,83	2,8
7	42,2	36,0
8	77,01	53

В четырех створах сходимость показателей 100 %. Незначительные расхождения расходов в створах 2, 7 и значительные в створах 5, 8, обусловлены наличием следующих факторов, влияние которых не учитывает теоретический расчет: работа водохранилищ, наличие мостов и переездов, шероховатость русла, а также распределение приточности по длине участка. Результаты верификации подтверждают соответствие разработанной модели фактическим параметрам реки и как следствие возможности использования ее для дальнейших расчетов.

В результате моделирования установлены уровни (абсолютные отметки) воды в русле р. Темерник, по которым определены границы периодически затопляемых территорий на расчетные проценты обеспеченности.

Основным морфологическим параметром одномерной гидродинамической модели являются поперечные сечения реки. Для определения границ зон затопления из модели была получена максимальная отметка уровня воды и плановое положение границ вероятного затопления на заданную обеспеченность в каждом поперечном сечении. Данное расстояние с учетом рельефа и максимальной отметки уровня воды было вынесено в соответствии с местоположением поперечника в план. Методом интерполяции были определены и нанесены на картографическую основу границы вероятных зон затопления. При длине реки 20 км в модели использовано порядка 200 поперечных сечений. Это позволило довольно детально опре-

делить границы вероятного затопления. Процесс определения границ данных территорий в плане представлен на рис. 2.



Рис. 2. Определение границ периодически затапливаемых территорий.

В результате анализа полученных материалов, выявлено, что на некоторых участках реки в связи со слабовыраженной русловой частью в случае прохождения максимальных расходов пойма окажется затоплен-

ной, а так как в настоящее время большая часть прибрежной территории застроена – это может нанести серьезный материальный, социальный и экологический ущерб.

Согласно данным моделирования общая площадь затопляемой территории составит: на 1 % – 2,77 км<sup>2</sup>, на 5 % – 2,09 км<sup>2</sup>, на 10 % – 1,66 км<sup>2</sup>, на 25 % – 0,7 км<sup>2</sup>.

**Обсуждение и заключение.** В результате проведенного комплекса научно-исследовательских и инженерно-изыскательских работ была оценена пропускная способность русла и гидротехнических сооружений (ГТС), расположенных на р. Темерник. Выявлены наиболее сложные участки, на которых возможно затопление. Расчетным методом с использованием компьютерного моделирования Установлены возможные уровни воды при различных вероятностях превышения стока.

Исследования позволили провести объективную оценку потенциально возможных ситуаций на реке и разработать ряд предложений, дальнейшая реализация которых, позволит улучшить экологическую ситуацию на изученном водном объекте, а также минимизировать (исключить) развитие негативных социально-экономических рисков, связанных с затоплением застроенных территорий.

Следует также отметить, что отработанные методики (основанные на совокупности инженерно-геодезических и инженерно-гидрометеорологических работ), позволят научно-обоснованно реализовать Постановление Правительства Российской Федерации от 18.04.2014 № 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления». Данная работа по установлению границ зон затопления и подтопления проводится под эгидой Федерального агентства водных ресурсов и утверждена ее руководителем М.В. Селиверстовой 27 февраля 2015 г., а график этих работ по всем областям размещен на официальном сайте Федерального агентства водных ресурсов [12].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поляков Б.В. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на реках малых бассейнов. – М.; Л.: ОНТИ, 1937. – 192 с.
2. Авакян, А.В. Рациональное использование и охрана водных ресурсов: учеб. пособие / А.В. Авакян, В.М. Широков. – Екатеринбург: Виктор, 1994. – 110 с.
3. Бреховских В.Ф., Казмирук В.Д., Казмирук Т.Н. Гидрология: зарастающие мелководья водоемов (мониторинг, обустройство, оценка эко-

логического состояния) // Инженерная экология: Научно-аналит. журн. – 2001. – № 4. – С. 34-50.

4. Мордвинцев М.М. Речные водохозяйственные системы на малых степных реках. – Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2001. – 382 с.
5. Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии. – М.: Государственное издательство иностранной литературы, 1948. – 158 с.
6. Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 173 с.
7. Коронкевич Н.И., Закруткин В.Е., Долгов С.В., Зайцева И.С., Подольский А.Д., Шапоренко С.И. Антропогенные изменения водного компонента окружающей среды в Ростовской области // Изв. РАН. Сер. геогр. – 1999. – № 6. – С. 48-54.
8. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. Утв. приказом Департамента развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России 10.07.97 № 9-1-1/69: введ. в действие с 15.08.97. – М.: 1997. – 32 с.
9. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Утв. постановлением Госстроя России № 218 от 26.12.2003. – М.: Госстрой России, 2004. – 85 с.
10. Шмидт Т.С. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
11. Агентство водных ресурсов: График определения границ зон затопления, подтопления [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: <http://favr.ru/regulatory/detail.php?ID=7743> (дата обращения 12.05.2017).

Поступила 14.04.2018

Ауыл.-шар. ғылымд. канд.    В.Д. Гостищев  
  Т.С. Пономаренко  
  А.Н. Рыжаков  
  А.В. Бреева

### **ТЕМЕРНИК ӨЗЕНІ АРНАСЫНАН ӨТЕТІН МАКСИМАЛДЫ АҒЫНЫНЫҢ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІ ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛДЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ**

**Түйін сөздер:** максималды ағын, ағын, өзен алабы, есептеу жарма, гидродинамикалық модель, верификация

*Мақалада Темерник өзенінің морфологиялық ерекшеліктері ескерілген, максималды ағынның гидрологиялық есептеулер нәтижелері келтірілген. Гидродинамикалық моделге арналған бастапқы мәліметтерді анықтауды нақтылауға мімікіндік беретін әдістеме қарастырылған. Компьютерлік гидродинамикалық моделдің верификациялау нәтижелері келтірілген. Су басу аумағының шекараларын бір өлшемді гидродинамикалық моделде анықталып жоспарға шығаратын әдістеме суреттелген. Зерттеу мәліметтері өзендегі нақты жағдайға тура баға беруге және оны ары қарай жүзеге асуыру берілген нысанның экологиялық жағдайын жақсартуға мүмкіндік береді.*

Gostishchev V.D., Ponomarenko T.S., Ryzhakov A.N., Breeva A.V.

## **HYDROLOGICAL CALCULATIONS AND RESULTS OF COMPUTER MODELING OF THE MAXIMUM WATER FLOW IN THE TEMERNIK RIVER**

**Key words:** hydrological calculations, maximum flow, runoff, river basin, calculated target, hydrodynamic model, verification

*The article presents the results of hydrological calculations of maximum water flow, taking into account the morphological features of the Temernik river. A technique is considered that allows one to detail the definition of the initial data for the hydrodynamic model. The results of verification of the computer hydrodynamic model are presented. Graphically depicts the technique of making the boundaries of the flood zones defined in the one-dimensional hydrodynamic model in the plan. These studies made it possible to carry out an objective assessment of the actual situation on the river and develop a number of proposals, the further implementation of which will improve the ecological situation at the Temernik river.*

УДК 502.656

Доктор техн. наук

Доктор техн. наук

Ж.С. Мустафаев<sup>1</sup>

А.Т. Козыкеева<sup>1</sup>

А. Арыстанова<sup>1</sup>

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАСЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК

**Ключевые слова:** концепция, стратегия, использование, управление, реализация, планирование

*В статье разработано методологическое обеспечение для планирования и реализации интегрированного управления водными ресурсами водосбора бассейна трансграничных рек. Оно включает экономические, экологические и социальные аспекты сбалансированного использования ресурсного потенциала природных систем.*

**Актуальность.** Для ускорения перехода к более устойчивым методам развития и управления водными ресурсами, Всемирный Саммит по Устойчивому Развитию (ВСУР), проведенный в 2002 г., призвал все страны разработать стратегию интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) [6]. При этом руководящий документ подготовлен Техническим Комитетом Глобального Водного Партнерства (GWP) при поддержке Министерства иностранных дел Норвегии.

Разработанные стратегии помогут странам сократить бедность, повысить уровень продовольственной безопасности, ускорить экономический рост и сохранить экосистемы [12]. Так же будут решены ряд других задач, таких как борьба с наводнениями, смягчение последствий засух, расширение доступа к чистой воде и улучшение санитарных условий, дефицит воды [12].

**Цель исследования** – разработать методологическое обеспечение для планирования и реализации ИУВР в бассейне трансграничных рек. За основу взяты качественные и количественные интегральные критерии, позволяющие оценить социальные, экологические и экономические аспекты сбалансированного использования природных ресурсов.

<sup>1</sup> КазНАУ, г. Алматы, Казахстан

**Материалы и методы исследования.** В мировой практике считается, что, во-первых, ИУВР является гибким инструментом для решения проблем, связанных с использованием водных ресурсов, и оптимизацией влияния водных ресурсов на устойчивое развитие. Во-вторых, ИУВР не является самоцелью, а служит для совершенствования структур управления водными ресурсами, способствуя принятию правильных решений при реагировании на изменения потребностей и ситуаций. При этом ИУВР ищет возможности обеспечения развития и управления водными ресурсами на основе разумного, равноправного и справедливого их использования. ИУВР старается обеспечить использование водных ресурсов для достижения целей социального и экономического развития стран, таким путем, который не ставит под угрозу устойчивость жизненно важных экосистем и не подвергает опасности потенциал будущих поколений удовлетворять их потребности в воде.

При принятии решений и планировании с использованием метода ИУВР требуется, чтобы [6, 12]:

- политика и приоритеты учитывали вопросы, связанные с водными ресурсами, включая двухсторонние связи макроэкономической политики и развития, управления и использования водных ресурсов;
- присутствовала межотраслевая интеграция в политических работах;
- обеспечивалась возможность пользователям участвовать в планировании и управлении водными ресурсами;
- решения, связанные с водными ресурсами, принимались в увязке на местном и бассейновом уровнях, или, по крайней мере, не конфликтовали друг с другом при достижении крупных национальных целей;
- планирование и стратегия развития водных ресурсов увязывались с укрупненными социальными, экономическими и природоохранными задачами.

Основные принципы ИУВР сформированы на основе Дублинских, принятых в 1992 г., которые провозглашают, что [6, 12]:

1. Пресная вода является конечным и уязвимым ресурсом, необходимым для поддержания окружающей среды, жизни и развития. Эффективное управление водными ресурсами требует целостного подхода, увязывающего социальное и экономическое развитие с защитой природных экосистем, т.е. эффективное управление увязывает использование земельных и водных ресурсов на всей водосборной площади или водоносного пласта подземных вод.



2. Развитие и управление водными ресурсами должно основываться на подходе, учитывающем активное участие в управлении пользователей и лиц, принимающих решения, на всех уровнях, т.е. подход, основанный на участии бенефициариев. Он включает повышение осведомленности о ценности водных ресурсов у лиц принимающих решения и населения, которые непосредственно участвуют в принятии решения на самом возможном низком уровне, при всесторонних консультациях с общественностью и участием пользователей в планировании и реализации водохозяйственных проектов.

3. Вода имеет экономическую ценность во всех случаях ее использования и должна быть признана экономическим товаром. Согласно этому принципу, прежде всего, признается право всех людей на доступ к чистой воде и санитарному обслуживанию при доступных ценах, так как прошлое отрицание экономической ценности воды привело к расточительному и экологически ущербному использованию этого ресурса. Требование управлять водными ресурсами, как экономическим товаром, является важным подходом для достижения эффективного и справедливого использования, а также стимулирования сохранения и защиты водных ресурсов.

Повышение эффективности использования воды и связанных ресурсов (включая финансовые), позволяет получить максимальные экономические и социальные выгоды, что является составной частью подхода ИУВР. До того как просто «подать больше воды» (что часто означает строительство новой, дорогостоящей инфраструктуры) в качестве первого шага необходимо рассмотреть возможности повышения эффективности водопользования либо посредством снижения непроизводительных потерь, либо через перераспределение [6, 12].

Всемирный Саммит по Устойчивому Развитию (ВСУР) подчеркивает два различных аспекта эффективности: первый – заниматься техническими проблемами эффективности водопользования; и второй – эффективность «размещения», т.е. как общество распределяет водные и связанные с ними ресурсы в целях устойчивого социального и экономического развития. Первый подход требует проведения мероприятий по управлению спросом; второй – включает стратегическое водораспределение. С позиций ИУВР, как техническая, так и распределительная эффективность требуют признания социальной, экологической и экономической ценности воды [6].

Таким образом, повышение эффективности распределения водных ресурсов достигается за счет ряда мер, обеспечивающих их использование

с наибольшей выгодой, т.е. посредством рынка воды, водных прав, или других экономических и регулирующих механизмов, а также посредством адекватной и реалистичной оценки затрат и выгод. Важно, с точки зрения ИУВР, определить «наиболее выгодные виды использования», принимая во внимание социальные, экологические и экономические аспекты. Более того, необходимо оценить затраты и выгоды в социальных, экологических и экономических показателях, которые предполагают, что фокусирование на важности продуктивности и биоразнообразия наземных и водных экосистем при обеспечении адекватных экологических попусков с помощью экономических и регулирующих средств [6, 12].

Подходы ИУВР требуют позитивных перемен – в среде, институциональных ролях и методах управления, т.е. тринадцать ключевых направлений при внедрении ИУВР:

***Создание соответствующих условий для внедрения ИУВР с целью сбалансированного использования водных ресурсов в бассейне трансграничных рек [12]:***

1. Политика – постановка целей использования, защиты и охраны водных ресурсов.
2. Законодательная база – правила достижения политических целей.
3. Финансовые и стимулирующие структуры – распределение финансовых средств, отвечающее требованиям развития водных ресурсов.
4. Создание организационной структуры – формат и функции.
5. Создание институционального потенциала – развитие трудовых ресурсов.

***Инструменты управления:***

6. Оценка водных ресурсов – инвентаризация ресурсов и потребностей.
7. Планы для ИУВР – сочетание вариантов развития, использования ресурсов и социальных взаимодействий.
8. Управление спросом – более эффективное использование воды.
9. Инструменты социальных изменений – стимулирование гражданского общества в плане бережного отношения к водным ресурсам.
10. Разрешение конфликтов – решение споров, обеспечение процесса водodelения.
11. Регулирующие инструменты – выделение и использование лимитов на водные ресурсы.
12. Экономические инструменты – использование оплаты и цен для обеспечения эффективности и справедливости.

13. Управление и обмен информацией – повышение уровня знаний для лучшего управления водными ресурсами.

По существу, это означает реформы руководства водохозяйственной деятельностью, т.е. набор политических, социальных, экономических и административных инструментов, которые позволяют управлять водными ресурсами и обеспечивать водохозяйственные услуги на различных уровнях общественной иерархии. Однако отсутствие надежного методологического обеспечения ИУВР не позволяют определить направление и интенсивности изменения гидрогеохимического и экологического процесса в бассейне трансграничных рек, что не обеспечивает надежности и достоверности принятых политических, социальных, экономических и административных решений.

ИУВР как инструмент для обеспечения изменений должно рассматриваться как процесс, а не как единовременная мера – это долговременный процесс развития, который по своей природе скорее итеративный, чем поступательный [6, 12].

**Результаты исследования.** Для сбалансированного использования водных ресурсов трансграничных рек требуется решения следующих систем задач:

1. На основе многолетних данных о гидрологическом режиме стока бассейна трансграничных рек определить параметры кривой водообеспеченности с учетом изменения климата [3], т.е. средняя арифметическая величина статистического ряда годового стока реки, может быть определена по формуле:

$$Q_{cp} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{n-1} + Q_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n},$$

где  $Q_{cp}$  – средняя арифметическая величина статистического ряда годового стока реки, м<sup>3</sup>/с;  $Q_1, Q_2 \dots Q_n$  – годовые значения речного стока за период  $n$ , м<sup>3</sup>/с.

Вычисляют эмпирическую обеспеченность  $P$  каждого члена статистического ряда по формуле [3]:

$$P = [(m - 0,30) / (n + 0,40)] \cdot 100, \%,$$

где  $m$  – порядковый номер ранжированного ряда;  $n$  – число членов ряда.

2. Геоморфологическая схематизация водосборной территории бассейна трансграничных рек с учетом тепло- и водообеспеченности их

ландшафтной системы [19], возможно используя энергию или работу совершаемой потоком грунтовых вод в следующем виде:

$$\Delta E = A_i = m_i \cdot g \cdot \Delta H = m_i \cdot g \cdot \Delta_i.$$

Сконструировать геоморфологическую схему ландшафтных катен можно используя гидрогеохимический потенциал потока подземных вод речных бассейнов ( $\bar{M}$ ), характеризующий работу ( $\bar{A}_n$ ), совершаемую жидкостью в процессе выпадения атмосферных осадков к отношению концентрации почвенного раствора ( $\bar{C}_n$ ). Их можно рассматривать, как способность почвенного покрова освобождаться от легкорастворимых солей на всей площади речных бассейнов:  $\bar{M} = \bar{A}_n / \bar{C}_n$ , где:  $\bar{M}$  – гидрогеохимический потенциал речных бассейнов;  $\bar{A}_n$  – работа, совершаемая в элементарном объеме потоком инфильтрационных вод в почвенном слое речных бассейнов;  $\bar{C}^*$  – средняя концентрация солей в потоке подземных вод [13, 16, 21]:

$$\bar{A}_n = O_c / \left[ \frac{R}{L} - (1-t) \frac{R}{L} (1-\bar{\Delta}) \right],$$

$$\bar{C}^* = \left[ C_o + (1-t) \frac{R}{L} (1-\bar{\Delta}) \cdot C_z / O_c \right] / C_{дон},$$

где  $R$  – радиационный баланс;  $O_c$  – сумма атмосферных осадков;  $L$  – скрытая теплота парообразования;  $C_o$  – начальная концентрация почвенного раствора в почвенном слое;  $C_{дон}$  – допустимая концентрация солей в почвенном растворе, которая соответствует параметру незасоленных почв;  $C_z$  – концентрация солей в подземных водах;  $(1-t)$  – время действия инфильтрации ( $t = T/365$ ),  $T$  – продолжительность биологического активного периода;  $\bar{\Delta} = \Delta / \Delta_{kp}$ ,  $\Delta$  – глубина уровня грунтовых вод;  $\Delta_{kp}$  – критическая глубина грунтовых вод.

Для оценки естественной тепло- и влагообеспеченности растительного и почвенного покровов водосборов бассейна реки можно использовать следующие показатели, характеризующие степень обеспеченности ресурсами природной среды [16]: коэффициент естественного увлажнения ( $K_y = O_c / E_o$ , где  $E_o$  – испаряемость, мм) [9], биоклиматическая продуктивность ( $БКП = K_y (\sum t / 1000)$ , где  $\sum t, ^\circ C$  – сумма биологически активных температур) [29], гидротермический коэффициент (

$ГТК = 10 \cdot O_c / \sum t$ ) [29], индекс сухости ( $\bar{R} = R / LO_c$ , где  $L$  – удельная теплота парообразования, принятая постоянной и равная  $2,5 \text{ кДж/см}^2$ );  $R$  – фотосинтетически активная радиация,  $\text{кДж/см}^2$ ) [1] и показатель увлажнения ( $M_d = O_c / \sum d$ , где  $\sum d$  – сумма среднесуточных значений дефицита влажности воздуха, мб) [33].

3. На основе многолетних гидрогеохимических данных и биогенных веществ в воде трансграничных рек дается оценка качества и индекса загрязненности воды по экологическим требованиям рыбохозяйственного и хозяйственно-питьевого водопользования [11, 28]. Для оценки качества воды и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства широко используются методы, основанные на комплексных показателях, т.е. определения пределов допустимых изменений (ПДИ) [11], порога критического действия (ПДВВ) [28], предельно допустимой концентрации (ПДК) [28], гидрохимического индекса загрязнения (ГЗВ) [28], а также методологического обеспечения Н.Г. Булгакова [2], В.П. Емельяновой [7], Т.Н. Моисеенко [15], В.В. Шабанова [32] и М.Ж. Бурлибаева [14].

Для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки используется методика В.В. Шабанова, с помощью коэффициента предельной загрязненности ( $K_{нз}$ ) [32]:

$$K_{нз} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где  $K_{нз}$  – коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды в соответствии с классификацией;  $i$  – номер загрязняющего воду вещества;  $N$  – количество учитываемых веществ;  $ПДК_i$  – предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ;  $C_i$  – фактическая концентрация учитываемых веществ.

В качестве структурных характеристик экосистем могут быть использованы показатели видовой, размерной, трофической структуры, структуры потоков. Для количественной характеристики структуры чаще всего используются разные индексы, среди которых наиболее часто индекс Шеннона ( $H$ ) [34]:

$$H = \sum (N_i / N) \cdot \lg 2(N_i / N),$$

где  $N_i$  – численность  $i$ -го вида;  $N$  – численность всех видов.

4. Территориальное планирование водопользования на основе интегральных параметров с использованием климатических, геолого-геоморфологических, гидрологических и ландшафтных факторов. Экологически допустимые приделы использования природно-ресурсного потенциала трансграничных рек определяются с учетом геоэкологических ограничений, предложенных Ж.С. Мустафаевым с соавторами [26, 27]. Нижний порог предельно допустимого уровня нормы водопотребности ( $O_p^{ниж}$ ) – транспирация растений, обеспечивающая формирование биологических масс ( $T$ ). Верхний предельно допустимый уровень нормы водопотребности ( $O_p^{верх}$ ) – экологическая норма водопотребности сельскохозяйственных угодий ( $O_p^3$ ), обеспечивающая целенаправленное регулирование и управление почвообразовательными процессами на орошаемых землях [26]. Биологическая оросительная норма ( $O_p$ ) определяются на основе биоклиматического метода предложенного Н.В. Данильченко [4]:  $E_v = E_o \cdot K_o \cdot K_o$  ( $K_o$  – микроклиматический коэффициент;  $K_o$  – биологический коэффициент), т.е.  $O_p = E_v - (O_c \pm g + \Delta W)$ , где  $\Delta W$  – продуктивный запас влаги в почве, мм.

5. На основе антропогенных воздействий (демографических, промышленных, сельскохозяйственных) на водосборную территорию [10, 20, 30], можно использовать обобщенный показатель ( $K_{mi}$ ), который определяется по формуле [20]:

$$K_{mi} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i^i},$$

где  $K_i^i = \exp(-K_i)$  – относительные значения уровня техногенных нагрузок на водосборные территории или коэффициент антропогенной деятельности [5].

Для оценки уровня техногенной нагрузки на водосборный бассейн трансграничных рек использован показатель А.Г. Исаченко. Представим его в виде коэффициента ( $K_i$ ), характеризующего отношение отдельной фактической техногенной нагрузки к его оптимальному значению, который принят как уровень средней нагрузки, т.е. [20]:

$K_i^{nl}$  – коэффициент, характеризующий плотность населения:

$$K_i^{nl} = \Pi_{opt} / \Pi_{фак}, \text{ где } \Pi_{фак} - \text{фактическая плотность населения, чел/км}^2;$$

$P_{opt}$  – оптимальная плотность населения, которая соответствует уровню средней нагрузки, чел/км<sup>2</sup>;

$K_i^{np}$  – коэффициент, характеризующий плотность промышленного производства:  $K_i^{np} = PP_{opt} / PP_{фак}$ , где  $PP_{фак}$  – фактическая плотность промышленного производства, тыс. доллар/км<sup>2</sup>;  $PP_{opt}$  – оптимальная плотность промышленного производства, которая соответствует уровню средней нагрузки, тыс. доллар/км<sup>2</sup>;

$K_i^{pa}$  – коэффициент, характеризующий распаханность естественных ландшафтов:  $K_i^{pa} = F_{рас}^{opt} / F_{рас}^{фак}$ , где  $F_{рас}^{фак}$  – фактическая распаханность естественных ландшафтов, %;  $F_{рас}^{opt}$  – оптимальная распаханность естественных ландшафтов, которая соответствует уровню средней нагрузки, %;

$K_i^{жив}$  – коэффициент, характеризующий плотность животноводческой нагрузки:  $K_i^{жив} = N_{opt}^{жив} / N_{фак}^{жив}$ , где  $N_{фак}^{жив}$  – фактическая плотность животноводческой нагрузки, условные головы/км<sup>2</sup>;  $N_{opt}^{жив}$  – оптимальная плотность животноводческой нагрузки, которая соответствует уровню средней нагрузки, усл. гол/км<sup>2</sup>.

Обобщенный интегральный показатель ( $K_{ин}$ ), характеризующий результат антропогенной деятельности представлен в табл. [20].

Таблица

Интегральный показатель  $K_{ин}$

Интенсивность нагрузки, балл	Показатель				$K_{ин}$
	$K_i^{nl}$ , чел/км <sup>2</sup>	$K_i^{np}$ , тыс. \$/км <sup>2</sup>	$K_i^{pa}$ , %	$K_i^{жив}$ , усл. гол./км <sup>2</sup>	
Незначительная или отсутствует (1)	0,00	0,00	0,00	0,00	> 1,000
Очень низкая (2)	< 0,10	< 0,35	< 0,10	< 0,10	0,000
Низкая (3)	0,20...1,00	0,36...3,50	0,2...1,0	0,2...1,0	0,002
Пониженная (4)	1,10...1,50	3,60...35,00	1,1...5,0	1,1...2,0	0,089
Средняя (5)	5,10...10,00	36,0...105,0	5,1...15,0	2,1...3,00	0,135
Повышенная (6)	1,10...25,00	106,0...140,0	15,1...40	3,10...6,0	0,383
Высокая (7)	25,10...50,0	141,0...170,0	40,1...60	6,1...10,0	0,556
Очень высокая (8)	> 50,0	> 170,0	> 60,0	> 10,0	> 0,556

6. На основе антропогенной оценки гидроагроландшафтов водосбора речных бассейнов в системе «почва – растения – человек» [18, 31] необходимо сначала рассматривать природную среду на региональном или локальном уровне. Районированную по видам деятельности, существенно не меняющуюся в пространственно-временном масштабе с использованием приведенных коэффициентов негативной реакции для человека –  $\overline{NR} = NR_i / NR_{\max}$  и для среды его обитания –  $\overline{nr} = nr_i / nr_{\max}$  [18, 31]:

$$\text{- для человека } \overline{NR} = \left( \sum_1^i \overline{D}_i \cdot q_x \right) \sum_1^i \varepsilon_i(k);$$

$$\text{- для среды его обитания } \overline{nr} = \left( \frac{\overline{D}_{\text{вс}}}{\overline{D}_{\text{рв}}} + q_x \right) \sum_1^i \beta \cdot \varepsilon_i(k),$$

где  $\overline{D}_i$  – степень заражения ядохимикатами питьевой воды для снабжения населения;  $\overline{D}_{\text{вс}}$  – уровень использования для орошения речных вод;  $\overline{D}_{\text{рв}}$  – уровень использования возвратных вод для орошения;  $\varepsilon_i$  – частные параметры ухудшения свойств компонентов природной системы (для человека это – динамика болезней, связанных с потреблением загрязненной воды и заражением воздуха –  $\varepsilon_i(r)$ , для почвы, растений и сельскохозяйственных культур – содержание в почве токсичных солей, для грунтовых вод – повышение их минерализации и уровня –  $\varepsilon_i(k)$ );  $\beta$  – поправочный коэффициент (для почв и грунтовых вод  $\beta = 1$ , для сельскохозяйственных культур  $\beta > 1$ );  $q_x$  – интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почвы и грунтовые воды.

Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в грунтовые воды ( $q_x^{\text{вс}}$ ) и в почву ( $q_x^n$ ) оцениваются по эмпирическим зависимостям [18, 31]:

$$q_x^{\text{вс}} = 1 - q_x^n;$$

$$q_x^n = \exp \left[ - \left( \alpha \cdot q_w + 1 - R_\phi \right) \right],$$

где  $\alpha$  – постоянная, зависящая от вида ядохимикатов;  $q_w$  – интенсивность инфильтрационного питания (в долях от нормы);  $R_\phi$  – инфильтрационное сопротивление, которое определяется по формуле:  $R_\phi = 1 / f_m$ , здесь  $f_m$  – относительная площадь, занятая почвами с малой мощностью грунта (или мелкозема).



7. Оценка предельно-допустимого уровня использования водных ресурсов речных бассейнов и экологического стока, т.е. располагаемых водных ресурсов для использования в отраслях экономики [8].

Для эколого-экономического обоснования предельно-допустимого уровня использования природных ресурсов в условиях антропогенной деятельности необходим ретроспективный анализ состояния компонентов природной системы и долгосрочный прогноз ожидаемых последствий от воздействия на них различных мероприятий. В качестве интегрального показателя оценки эколого-экономической эффективности комплексного использования природных ресурсов может быть использован суммарный эффект ( $Z(x)$ ), который можно определить по следующей формуле [8]:

$$Z(x) = Z_n(x) - Z_9(x) - Z_{\text{эк}}(x) - Z_c(x) - 3T \cdot B_t,$$

где  $Z_n(\bar{P}_n)$  – общая прибыль природно-технического комплекса;  
 $Z_n(x) = Z_n(\bar{P}_n - P_n(x))$ ;  $Z_n(P_n(x))$  – прибыль природного комплекса в естественных условиях;  $Z_9(x) = Z_9(\bar{P}_9 - P_9(x))$ ;  $Z_9(\bar{P}_9)$  – экономический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_9(P_9(x))$  – затраты, необходимые для качественного улучшения параметров природной среды;  $Z_{\text{эк}}(\bar{P}_{\text{эк}})$  – экологический ущерб от ухудшения качественных параметров природно-технической системы;  $Z_{\text{эк}}(x) = Z_{\text{эк}}(\bar{P}_{\text{эк}} - P_{\text{эк}}(x))$ ;  $Z_{\text{эк}}(P_{\text{эк}}(x))$  – затраты необходимые для улучшения экологических условий природной среды;  $Z_c(x) = Z_c(\bar{P}_c - P_c(x))$ ;  $Z_c(\bar{P}_c)$  – социальный ущерб от ухудшения качественных параметров природной среды;  $Z_c(P_c(x))$  – затраты на улучшение социальных условий природной среды;  $B_t = (1 + e)^t$  – коэффициент приведения во времени разновременных затрат или дисконтирования;  $t$  – номер шага расчета;  $e$  – коэффициент эффективности;  $3T$  – затраты общества на реализацию системы природопользования.

На основе критерия Гурвица можно представить модель проектного значения коэффициента эколого-экономической активности общества при использовании природных ресурсов:

$$K_9^{np} = \lambda \cdot K_9^{max} + (1 - \lambda) \cdot K_9^{min},$$

где  $K_9^{max}$  – максимально-возможное значение коэффициента экономической устойчивости природной системы бассейна рек;  $K_9^{min}$  – минимальное

значение коэффициента экономической устойчивости природной системы бассейна рек;  $\lambda$  – эмпирический коэффициент;  $\lambda = 1 - \Delta\mathcal{E}$ , здесь  $\Delta\mathcal{E}$  – экологическое состояние природной системы речных бассейнов [8].

8. На основе принципов разумного, равноправного и справедливого использования водных ресурсов трансграничных рек, распределения располагаемых водных ресурсов для использования в отраслях экономики на межгосударственном уровне в разрезе административных областей и районов [24] можно использовать коэффициент располагаемых земельных ресурсов ( $K_{зpi}$ ) водосбора бассейна рек в разрезе фаций, который определяется по формуле [25]:

$$W_{\bar{o}ki} = K_{зpi} \cdot (W_{oi} - \Delta W_{сэi}),$$

где  $W_{oi}$  – объем водных ресурсов речных бассейнов, км<sup>3</sup>;  $W_{сэi}$  – объем гарантированных санитарно-экологических водных ресурсов речных бассейнов, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы в низовьях.

9. На основе использования климатического индекса продуктивности ландшафтов Д.И. Шашко [33], определить естественный и потенциальный биоклиматический потенциал геоморфологических фаций водосбора бассейна трансграничных рек с использованием системы «экспорта – импорта» экологических услуг водных ресурсов в рамках межгосударственного водораспределения [23], т.е. коэффициент экологических услуг водосбора речных бассейнов, который определяется по формуле:

$$K_{\bar{o}ki} = 1 - (B_{\kappa fi} / B_{\kappa fi}^{cp}) \text{ и } \sum_{i=1}^n K_{\bar{o}ki} = 0 \rightarrow const \text{ [20, 25].}$$

При этом объем водных ресурсов ( $W_i$ ) для оказания экологических услуг с целью повышения «естественного природного капитала» ( $ЕПК$ ) до «потенциального природного капитала» ( $ППК$ ) с позиций биологических продуктивностей растительного и почвенного покровов отдельных ландшафтных классов или фаций водосборов речных бассейнов определяется по формуле [20, 23]:

$$W_{\bar{o}\kappa(\mathcal{E}-u)i} = K_{\bar{o}ki} \cdot W_{\bar{o}ki}.$$

10. На основе биологической и экологической водопотребности растительного и почвенного покровов ландшафтных систем и располагаемых водных ресурсов в разрезе геоморфологических фаций водосбора бассейна трансграничных рек определить предельно-возможную площадь

гидроагроландшафтных систем [22] с учетом незарегулированности и зарегулированности стока реки. От этого тоже зависит уровень рационального использования речных стоков с учетом внутригодового природного ритма их формирования:

- в зоне незарегулированного стока, в качестве индикаторов позволяющих определить предельно-допустимую ( $F_{ndo}$ ) и оптимальную ( $F_{oo}$ ) площади орошаемых земель выступает расход стока реки ( $Q_{rai}$ , м<sup>3</sup>/с), т.е. разница естественного расхода ( $Q_{oi}$ , м<sup>3</sup>/с) и экологического ( $Q_{эi}$ , м<sup>3</sup>/с) стока реки. Нормы удельных водопотребностей растительного ( $q_{pi}$ , м<sup>3</sup>/с или л/с на 1 га) и почвенного ( $q_{ni}$ , м<sup>3</sup>/с или л/с на 1 га) покровов, формируются в результате гидроагроландшафтных систем на территориях водосбора трансграничных бассейнов;

- в зоне зарегулированности стока, с одной стороны, в качестве индикаторов позволяющих определить предельно-допустимую ( $F_{ndo}$ ) и оптимальную ( $F_{oo}$ ) площади орошаемых земель выступает объем располагаемого стока реки ( $W_{rai}$ , м<sup>3</sup>), т.е. разница естественного ( $W_{oi}$ , м<sup>3</sup>) и экологического ( $W_{эi}$ , м<sup>3</sup>) объемов речного бассейна, а с другой стороны, нормы водопотребностей растительного ( $O_{pi}$ , м<sup>3</sup>/с или л/с на 1 га) и почвенного ( $O_{ni}$ , м<sup>3</sup>/с или л/с на 1 га) покровов сельскохозяйственных угодий, формирующихся в результате гидроагроландшафтных систем на территориях водосбора трансграничных бассейнов.

В зоне незарегулированного стока речных бассейнов предельно-допустимую площадь орошаемых земель ( $F_{ndo}$ ) определяют по следующей формуле:

$$F_{ndo} = \frac{(Q_{oi}^{\max} - Q_{эi}^{\max}) \cdot K_{ac}}{q_{pi}^{\max}} \cdot \eta_{кпд},$$

а оптимальную площадь орошаемых земель ( $F_{oo}$ ) определяют по следующей зависимости:

$$F_{oo} = \frac{(Q_{oi}^{\max} - Q_{эi}^{\max}) \cdot K_{ac}}{q_{ni}^{\max}} \cdot \eta_{кпд}$$

где  $\eta_{кнд}$  – коэффициент полезного действия водохозяйственной системы;  
 $K_{ac}$  – коэффициент синхронности расхода реки и норма удельной водопотребности сельскохозяйственных угодий, которая определяется по следующему выражению:

$$K_{ac} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{aci}}{n},$$

где  $n$  – количество месяцев в вегетационном (рассматриваемом) периоде;  $K_{aci}$  – коэффициент синхронности расхода реки и норма удельной водопотребности сельскохозяйственных угодий  $i$ -ого месяца вегетационного (рассматриваемого) периода, который определяется по следующим зависимостям:

$$K_{aci} = [(Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}) / (q_{pi} / q_{pi}^{\max})];$$

$$K_{aci} = [(Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}) / (q_{ni} / q_{ni}^{\max})],$$

здесь  $Q_{rai}^{\max}$  – максимальное значение естественного расхода реки в вегетационном (рассматриваемом) периоде, м<sup>3</sup>/с;  $q_{pi}^{\max}$  – максимальная норма удельной водопотребности растительного покрова сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода, м<sup>3</sup>/с;  $q_{ni}^{\max}$  – максимальная норма удельной водопотребности почвенного покрова сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода, м<sup>3</sup>/с.

В зоне зарегулированного стока речных бассейнов предельно-допустимую площадь орошаемых земель определяют по следующей формуле:

$$F_{ndo} = \frac{(W_{oi}^{\max} - W_{эi}^{\max}) \cdot K_{ac}}{O_{pi}^{\max}} \cdot \eta_{кнд},$$

а, оптимальную площадь орошаемых земель определяют по следующей зависимости:

$$F_{oo} = \frac{(Q_{oi}^{\max} - Q_{эi}^{\max}) \cdot K_{ac}}{O_{ni}^{\max}} \cdot \eta_{кнд},$$

где  $Q_{oi}$  – естественный расход реки, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{эi}$  – экологический расход реки, м<sup>3</sup>/га;  $O_{pi}^{\max}$  – норма водопотребности растительного покрова сельскохозяйственных угодий, м<sup>3</sup>;  $O_{ni}^{\max}$  – норма водопотребности почвенного покрова сельскохозяйственных угодий, м<sup>3</sup>/с или дм<sup>3</sup>/с.

При этом коэффициент синхронности расхода реки и норма удельной водопотребности сельскохозяйственных угодий  $i$ -го месяца вегетационного (рассматриваемого) периода определяется по следующим зависимостям:

$$K_{aci} = [(Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}) / (O_{pi} / O_{pi}^{\max})]; K_{aci} = [(Q_{rai} / Q_{rai}^{\max}) / (O_{ni} / O_{ni}^{\max})],$$

где  $Q_{rai}^{\max}$  – максимальное значение естественного расхода реки в вегетационном (рассматриваемом) периоде, м<sup>3</sup>/с;  $O_{pi}^{\max}$  – максимальная норма водопотребности растительного покрова сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода, м<sup>3</sup>/с;  $O_{ni}^{\max}$  – максимальная норма водопотребности почвенного покрова сельскохозяйственных угодий внутри вегетационного периода, м<sup>3</sup>/с.

11. Комплексная оценка экологического, экономического и социального ущерба при антропогенной или хозяйственной деятельности связанная с использованием природных ресурсов для устойчивого развития отраслей экономики определяется по методике Ж.С. Мустафаева [17], где выделяют экономический ( $\mathcal{E}$ ), социально-экономический ( $\mathcal{EC}$ ) и социальный ( $C$ ) ущербы:

$$Y_{\text{ц}} = \mathcal{E} + \mathcal{EC} + C =$$

$$(\mathcal{E}_c + \mathcal{E}_n + \mathcal{E}_л + \mathcal{E}_г) + (\mathcal{EC}_з + \mathcal{EC}_н + \mathcal{EC}_о) + (C_з + C_n + C_{ж}),$$

где  $\mathcal{E}_c$  – потери вследствие недополучения продукции;  $\mathcal{E}_н$  – потери от снижения качества продукции;  $\mathcal{E}_л$  – затраты на ликвидацию от загрязнения;  $\mathcal{E}_г$  – затраты на восстановление или поддержание нормального состояния природной среды;  $\mathcal{EC}_з$  – потери в здравоохранении и социальном обеспечении, обусловленные ростом заболеваемости;  $\mathcal{EC}_н$  – потери вследствие миграции, вызванной ухудшением состояния природной среды;  $\mathcal{EC}_о$  – затраты на дополнительный отдых, необходимый из-за неудовлетворительного состояния природной среды;  $C_з$  – эстетические потери, вследствие разрушения природной среды;  $C_n$  – психологические потери, вызванные неудовлетворительным состоянием отдыха;  $C_{ж}$  – потери, вызванные ухудшением экологических условий жизнедеятельности членов общества.

Таким образом, следует отметить, что прежде чем планировать ИУВР бассейна трансграничных рек, необходимо ответить на ряд важных

вопросов. А именно о необходимости и целесообразности их использования для устойчивого развития и обеспечения продовольственной безопасности страны.

**Выводы.** Таким образом, разработанная и предлагаемая система методологического обеспечения может быть использована при планировании и реализации ИУВР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И., Ронов А.Б., Яншин А.Л. История атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 208 с.
2. Булгаков Н.Г. Экологически допустимые уровни абиотических факторов в водоемах России и сопредельных стран. Зависимость от географических и климатических особенностей // Водные ресурсы. – 2004. – №2. – том 31. – С. 193-198.
3. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 360 с.
4. Данильченко Н.В. Биоклиматическое обоснование суммарного водопотребления и оросительных норм // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – №4. – С. 25-29.
5. Джени К. Средние величины. – М.: Статистика, 1990. – 341 с.
6. Дэн Тарлок Э. Интегрированное управление водными ресурсами: теория и практика // Научно-практический семинар НАТО Интегрированное управление водными ресурсами на трансграничных бассейнах – межгосударственные и межсекторальные подходы. – Бишкек, 2004. – 23 с.
7. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Родзиллер И.Д. Способ обобщения показателей для оценки качества поверхностных вод // Гидрохимические материалы. – 1980. – Т. 77. – С. 88-96.
8. Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б. Сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек. – Тараз, 2005. – 111 с.
9. Иванов Н.Н. Зоны увлажнения земного шара // Изв. АН СССР. Серия география и геофизика. – 1941. – №3. – 15-32.
10. Исаченко А.Г. Экологическая география России. – СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2001. – 328 с.
11. Калихман А.Д., Педерсен А.Д., Савенкова Т.П., Сукнев А.Я. Методика «пределов допустимых изменений» на Байкале – участке Всемирного наследия ЮНЕСКО. – Иркутск: Оттиск, 1999.
12. Катализатор реформ: Руководство по разработке стратегии интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) и повышения эффективности водопользования. – Elanders, 2004. – 55 с.

13. Количественные методы в мелиорации засоленных почв – Алма-Ата: Наука, 1974. – 174 с.
14. Методические указания по организации и функционированию подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод Казахстана / Под ред. М.Ж. Бурлибаева. – Астана: 2012. – 138 с.
15. Моисеенко Т.И. Методические подходы к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики (на примере Кольского севера) // Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского севера. – Апатиты: Кольский научный центр, 1995. – С. 7-23.
16. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз: 2004. – 306 с.
17. Мустафаев Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. – Алматы: Гылым, 1997. – 358 с.
18. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. О методике экологической оценки природной среды / Проблемы гидротехники и мелиорации земель в Казахстане // Тр. КазНИИВХ. – Алматы: РНИ «Бастау», 1997. – С. 128-133.
19. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Жидекулова Г.Е., Даулетбай С.Д., Жанымхан К. Прикладная модель геоморфологической схематизации ландшафтных систем речных водосборов // Международный технико-экономический журнал. – 2016. – №3. – С. 59-66.
20. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Иванова Н.И., Ешмаханов М.К., Турсынбаев Н.А. Оценка техногенной нагрузки на водосборной территории бассейна трансграничной реки Талас на основе интегральных показателей антропогенной деятельности // Известия НАН РК, серия аграрных наук. – 2017. – №2. – С. 48-56.
21. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Даулетбай С.Д. Моделирование функционирования водосборов бассейна реки Шу при их комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология. – 2014. – №2. – С. 111-122.
22. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А. Методологические основы оценки предельно-возможной площади мелиорации земель, формирующейся в результате экологических услуг водных ресурсов трансграничных речных бассейнов // Известия НАН РК, серия геология и технические науки. – 2017. – №5. – С. 156-170.
23. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А. Методологическое обоснование экологических услуги природной системы и антропогенной деятельности гидроагроландшафтных систем бассейна трансгра-

- ничной реки Талас // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №3. – С. 116-127.
24. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А. Обоснование экологических услуг водосбора бассейна трансграничной реки Талас на основе оценки биоклиматического потенциала ландшафтных систем // Известия НАН РК, серия аграрных наук. – 2017. – №4. – С. 57-66.
25. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А. Оценка биоклиматического потенциала водосбора бассейна трансграничной реки Талас при комплексном обустройстве // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №2. – С. 163-175.
26. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Т. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз: 2012. – 528 с.
27. Орлова И.В. Учет геоэкологических ограничений при территориальном планировании оросительных мелиораций // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – №1(13). – С. 147-157.
28. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР. –1988. – 74 с.
29. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. – Л.: Гидрометеиздат, 1937.- С. 5-27.
30. Стоящева Н.В., Рыбкина И.Д. Трансграничные проблемы природопользования в бассейне Иртыша // География и природные ресурсы. – 2013. – №1. – С. 26-32.
31. Хачатурьян В.Х., Айдаров И.П. Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство. – 1990. – №12. – С. 5-12; 1991. – №1. – С. 2-9.
32. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Эколого-водохозяйственная оценка водных объектов. – М.: МГПУ, 2009. –154 с.
33. Шашко Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал // Земледелие. – 1985. – №4. – С. 19-26.
34. Shannon C.E., Warren Weaver. The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press. – 1949. – 117 p.

Поступила 7.04.18

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мұстафаев
Техн. ғылымд. докторы	Ә.Т. Қозыкеева
	А. Арыстанова

**ШЕКАРА АРАЛЫҚ ӨЗЕНДЕР АЛАБЫНЫҢ СУ ҚОРЛАРЫН  
ИНТЕГРАЦИЯЛЫҚ БАСҚАРУДЫ ӘДІСТЕМЕЛІК ҚАМТАМАСЫЗ  
ЕТУ**



**Түйінді сөздер:** су қоры, шекара аралық өзен, тұжырымдама, қағидалар, пайдалану, басқару, іске асыру, жобалау, су қорын интеграциялық басқару

*БҰҰ-ның Рио-де-Жанейродағы «XXI ғасырдың күн тәртібіндегі» қабылданған тұжырымдамасына сәйкес су қорларын ақылға қонымды, әділетті және әділ пайдалану қағидаларына және Әлемдік Самитте қабылданған Орнықты Даму тұжырымдамасына сүйене отырып су қорларын интеграциялық басқару (СҚИБ) негізінде шекара аралық өзендердің сужинау алабындағы су қорларын интеграциялық басқаруды жоспарлау және іске асырудағы экономикалық, экологиялық және әлеуметтік тұрғыда табиғи жүйенің әлеуметтік қорларын теңгермелік пайдалануды әдістемемен қамтамасыз ету қарастырылған.*

Mustafayev ZH.S., Kozykееva A.T., Arystanova A.

## **METHODOLOGICAL ENSURING OF INTEGRATED MANAGEMENT OF WATER RESOURCES OF THE BASIN OF TRANSBOUNDARY RIVERS**

**Keywords:** water resources, transboundary rivers, concept, strategy, use, management, implementation, planning, integrated water resources management

*Based on the principles of reasonable, equitable and equitable use of water resources in accordance with the concept adopted at Agenda 21 in the UN in Rio de Janeiro and the strategy for integrated water resources management (IWRM) adopted at the World Summit on Sustainable Development (WSSD), developed methodological support for the planning and implementation of integrated water resources management (IWRM) of the catchment area of the transboundary river basin, including the economic, environmental and social aspects of the balances the use of the resource potential of natural systems.*

УДК 556.537

Т.Р. Таукенов<sup>1</sup>Ж.С. Ержанова<sup>1</sup>**ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЛОМОВ НА РЕКАХ БАССЕЙНА  
БУКТЫРМЫ И ИХ ГЕОМОРФОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ****Ключевые слова:** карчеход на реках, русло, размывы берегов рек

*В условиях горно-нивадной, горно-луговой, лесной и степной ландшафтной структуры бассейна реки Буктырма, наряду с геоморфологическим и геологическим строением долин, а также гидрологическим режимом рек, основным естественным фактором, оказывающим существенное влияние на развитие опасных проявлений русловых процессов, являются заломы на реках. В данной статье на основе космических снимков показан пример выявления формирования заломов (скоплений карчей) в руслах рек бассейна р. Буктырмы. В результате исследования выявлены 15 участков с активными признаками формирования заломов, определены их геоморфодинамические функции.*

**Введение.** Руслу горных и равнинных рек формируются под воздействием как природных, так и антропогенных факторов. К основным естественным факторам русловых процессов рек относятся климат, гидрологический режим, геоморфологическое строение долин, геология, растительный покров и продукты его разрушения (карчеход и заломы). Заломы на реках являются специфическими формами руслового и долинного рельефа. Скопление древесных материалов происходит в линейно вытянутой и равновеликой морфологических формах. Заломы местами держатся почвогрунтами и обломочными материалами различного происхождения, в основном аллювиального. Материалы заломов состоят из биогенных (остатки древесных, кустарниковых и травянистых растений), а также почвенных, аллювиальных и пролювиальных (галька, гравий, песок, суглинки, глина) образований. Материалы заломов поступают в русло рек под действием флювиальных, склоновых (оползневых, обвальных и селевых), криогенных (таяние мерзлых грунтов) и эоловых (ветролома и ветровала)

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

процессов. В ходе формирования заломов материал подвергается транспортировке, концентрации, заполнению аллювиальными материалами, также с ними взаимодействуют криогенные процессы как таяние мерзлых грунтов в районах их развития [6].

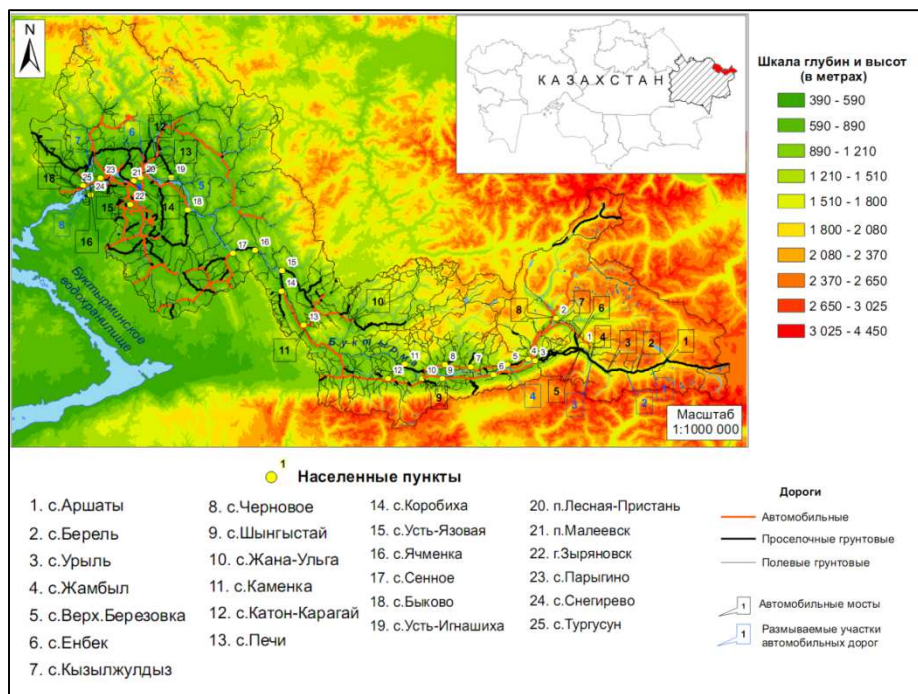
Заломы формируются, когда в долинах рек присутствует древесная растительность и при поступлении в русло недостаточно транспортирующей силы водного потока для её перемещения [2]. В схеме формирования заломов важнейшим этапом является скопление обломочного и древесного материала. Происходит скопление при различных генетических, морфологических и морфодинамических условиях. Начинается формирование залома на участках реки, где резко уменьшается уклон продольного профиля водотока в районах сужений и резких поворотов долины с остановкой у случайной преграды, отмели, оголовки или приверха острова, движущегося целого дерева с корнями и кроной (карчи). Карчеход на реке появляется у выпуклых и вогнутых берегов в результате обрушения отдельных деревьев под действием склоновых процессов и разрушения прибрежной растительности [3].

Можно выделить следующие основные геоморфодинамические функции заломов: формирование плотин в русле реки, появление новых рукавов русла и отмирание существовавших, развитие излучин, укрепление и рост русловых островов и осередков, деформация рукавов русла, размыв вогнутых берегов, развитие глубинной эрозии под заламами, формирование выше заломов перекатов и водобойных ям ниже их [10].

**Методы исследования.** Для выявления заломов использовались космические снимки карчеходов и участков формирования заломов в руслах рек в бассейне Буктырмы с помощью метода экспертного (визуально-го) дешифрирования космических снимков [4-7]. С помощью картометрических инструментов геоинформационной системы ArcGIS Desktop 10.2 определены географические координаты участков карчехода и заломов. До определения географических координат участков космические снимки были приведены к единой системе координат [12]. Результаты анализа космических снимков были нанесены на карту бассейна р. Буктырмы.

В работе использованы космические снимки с высоким пространственным разрешением (1...5 м), цифровая модель рельефа с разрешением 30 м (SRTM) и топографические карты масштаба 1:100 000. Снимки и цифровая модель рельефа были получены с помощью открытых геопорталов Google Earth Pro и Earth Explorer. Топографические карты (М-45-А, М-45-В, М-45-Г) получены с помощью открытого картографического сервиса Loadmap.net.

**Территория исследования.** Бассейн р. Буктырмы (Бухтарма) расположен в пределах Юго-Западного Алтая, в южной половине умеренного климатического пояса. Река является самым крупным из алтайских притоков р. Ертис (Иртыш) и впадает в Буктырминское водохранилище справа. Общая длина р. Буктырмы составляет 336 км, площадь бассейна равна 12660 км<sup>2</sup>, средний уклон 5,6 %, среднегодовой расход 243 м<sup>3</sup>/с (рис. 1). Бассейн реки имеет развитую речную сеть. Основные притоки Чиндагатуй, Белая Берель, Черновая, Сарымсак, Кауриха, Белая, Собачье, Язовая, Бобровка, Ячменка, Черневая, Хамир, Березовка и Тургусун текут в южном и юго-западном направлении соответственно общему понижению местности [9].



*Рис. 1. Карта бассейна реки Буктырма.*

Долины крупных рек бассейна хорошо выработаны и имеют комплекс аккумулятивных террас. На предгорных равнинах и высоких террасах развит покров четвертичных лессовидных суглинков и глин (наиболее широко распространены в Зыряновской котловине). Террасы и предгорные шлейфы образуют над урезом воды в реках уступы высотой от 2...4 до 8...15 м. По уступам широко развиты эрозионные процессы, которые сопровождаются их обрушением и формированием оврагов. Долины горных притоков р. Буктырмы слабоизвилистые. Ширина долин невелика, для рек средней величины она колеблется от 0,2 до 0,5 км, для Буктырмы

до 2,0...6,0 км. Преобладающая ширина русла большинства средних рек в межень колеблется от 8...10 до 15 м, преобладающие глубины рек 0,5...1,5 м, местами до 3...4 м.

В горной местности реки бассейна представляют собой быстрые потоки со скоростью течения 1,0...2,0 м/с и более, с множеством перекатов и стремнин, здесь преобладающее развитие имеет донная эрозия. На равнинной местности скорости уменьшаются до 0,4...0,8 м/с.

Все поверхностные водотоки бассейна имеют растянутое многопиковое половодье с гребенчатым ходом уровня и расхода воды, приходящее обычно на апрель – июнь. Подъем уровня в половодье составляет от 0,7 до 7,0 м. В летне-осенний период (июль – октябрь) наблюдаются короткие дождевые паводки с высотой подъема уровня до 0,5...1,0 м, зимой (ноябрь – март) колебания уровня незначительны. Годовой сток воды в реках горных районов распределяется неравномерно. В течение трех весенних месяцев (апрель, май, июнь) происходит 60...70 % годового стока воды, в летне-осенний период 20...30 %, и лишь 10 % приходится на зимний период. В соответствие с этим, наиболее активно эрозия речных берегов проявляется в весенний период, причем, чем выше уровни подъема воды в реках, тем активнее эрозия.

В бассейне Буктырмы много озер имеющих площадь от 1 до 5 км<sup>2</sup>. Наиболее крупными являются озера Буктырминское, Маралье, Черновое, Косколь, Рахмановское и Язовое. В области современного оледенения развиты многочисленные моренные озера, достигающие в поперечнике до 0,5 км. Они представляют потенциальную опасность, так как при определенных режимных условиях могут являться источником формирования селевых потоков.

Согласно ландшафтной карте Казахстана в пределах бассейна Буктырмы можно выделить 4 типа ландшафтов: нивальная, альпийская тундрово-луговая, горно-лесная и горно-степная [8]. Нижняя граница нивальной зоны на западном Алтае повышается с севера на юг и юго-запад от 2500 м до 3000...3200 м в Саур-Тарбагатае. Альпийская тундрово-луговая зона начинается с высот 1700...1800 м. В горно-тундровом поясе этой зоны почвенный покров развит слабо, покрытие поверхности почвы растительностью не превышает 60 %. Много скальных обнажений и каменных россыпей. Преобладает мохово-лишайниковая растительность. В горно-луговом поясе зоны преобладают альпийская, субальпийская растительность с дерновыми почвами. Горно-лесная зона распространена на высотах 1000...1800 м. Растительность представлена пре-

имущественно темнохвойными лесами с примесью осины и березы. Горно-лесные кислые неподзоленные, слабоподзоленные и скрытоподзоленные почвы занимают не менее половины района. Горно-степная зона занимает низкогорье и предгорные участки территории. Разнотравно-степная растительность распространена в пределах высот 600...1200 м. Почвенный покров степной зоны изменяется от тяжелосуглинистых и глинистых черноземов в верхней ее части до черно-каштановых и светло-каштановых в нижних частях [1].

**Результаты исследования.** Были проанализированы космические снимки за 2005...2017 гг. на предмет обнаружения участков образования заломов на реках бассейна Буктырмы (табл.).

Таблица

Участки с активными признаками формирования заломов

№	Координаты участка	Место формирования залома	Геоморфодинамическая функция залома
1	49°13'31,55" 86°56'45,25"	Прибрежная растительность, пойменная протока	Отмирание пойменных проток. Перераспределение расходов между рукавами
2	49°13'12,77" 86°55'55,33"	Пойменная протока	
3	49°13'09,50" 86°55'54,90"	Излучина русла	Активация размыва противоположного берега
4	49°13'09,51" 86°55'45,32"	Оголовка пойменного острова	Размыв вогнутого берега
5	49°12'43,06" 86°53'58,40"		Перераспределение расходов между рукавами, активация размыва левого берега вблизи автомобильной дороги с. Арчаты – с. Усть-Чандагатай
6	49°12'24,96" 86°48'24,99"	Пойменная протока	Отмирание пойменной протоки. Перераспределение расхода воды в основное русло в районе строений крестьянского хозяйства
7	49°15'57,16" 86°36'06,52"	Приверх руслового острова	Перераспределение расхода воды между рукавами, активация размыва левого берега
8	49°19'06,46" 86°32'36,49"	Прибрежная растительность, излучина русла, приверх руслового острова, пойменная протока	Формирование плотин в русле, появление новых рукавов, размыв вогнутых берегов, перераспределение расходов между рукавами вблизи автомобильной дороги с. Берель – с. Арчаты

№	Координаты участка	Место формирования залома	Геоморфодинамическая функция залома
9	49°22'01,69" 86°26'43,31"	У оголовка руслового и пойменного острова	Перераспределение расхода воды между рукавами, активация размыва правого берега в районе с. Берель, размыв берега вблизи автомобильной дороги с. Берель – санаторий «Рахмановские ключи»
10	49°23'17,21" 86°25'51,54"	Приверхи русловых и пойменных островов, опора моста. Оголовки пойменных и русловых островов, прибрежные мелководья, пойменные протоки	
11	49°16'11,05" 86°19'30,94"		
12	49°13'15,66" 86°11'52,44"		
13	49°11'42,62" 86°07'37,60"		
14	49°11'26,65" 85°53'29,64"		
15	49°49'17,36" 84°10'33,37"		Перераспределение расхода воды между рукавами. Появление новых рукавов русла, отмирание существовавших на участке долины реки пойменных проток. Активация размыва правого и левого берегов реки в районе сел Верх-Березовка, Енбек, Шынгыстай, Парыгино, Путенцево.

Результаты исследования показывают, что заломы древесной растительности на реках формируются в основном на предгорных и межгорных реках. Они появляются вследствие поступления в реки стволов деревьев, а это, в первую очередь, зависит от водности рек. В периоды с высокими расходами воды (апрель – июнь) происходят активные переформирования русел и размывы берегов рек. Размывы берегов приводят к увеличению мощности карчехода, который в свою очередь развивает заломы древесной растительности и становится одним из факторов деформаций русел. Высокие объемы поступления карчей в реки наблюдаются на участках рек с широкими долинами, приуроченные к межгорным котловинам. На излучинах рек, оголовков островов и осередков, на мелководных участках, плывущие деревья скапливаются и образуют заломы (рис. 2).

Скорость перемещения плывущих деревьев, следовательно, формирование заломов зависит от уклона русла реки. На реках бассейна Буктырма с порожисто-водопадными руслами (верхние течения рек Буктырма, Белая Берель, Черновая, Сарымсак, Язовая, Белая, Тургусун, Хамир) формирование заломов приурочены к местам их попадания в реки. Перемещение плывущих деревьев на этих реках затруднено из-за высокой шероховатости дна. На равнинных реках (нижние течения рек Буктырма, Топнушка, Березовка) формирование заломов затруднительно из-за малого количества, переносимого потоком древесного материала, который

преимущественно аккумулируется выше по течению на участках перегиба продольного профиля. Наибольшее образование заломов наблюдается на участках рек предгорной зоны (средние течения рек Буктырма, Хамир, Тургусун, нижнее течение реки Белая Берель), где уклоны резко снижаются и массово скапливаются перемещаемые потоком древесные материалы.



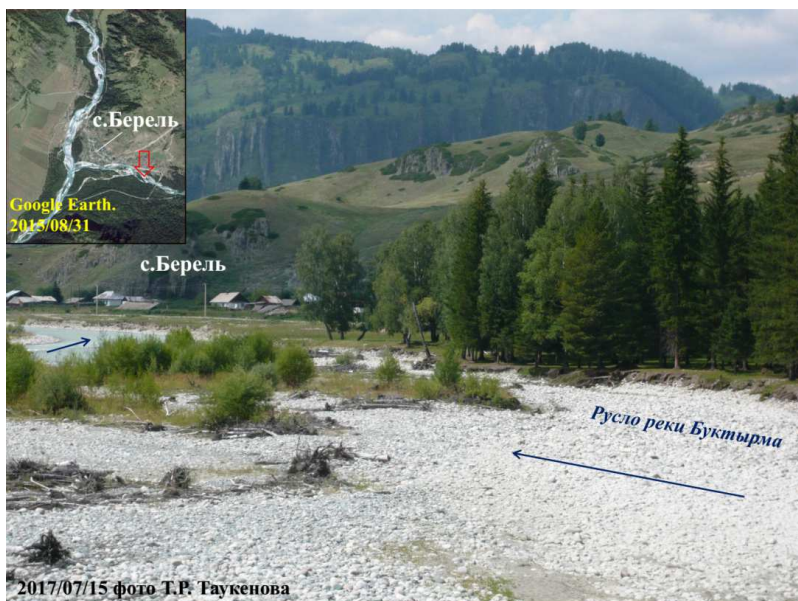
Рис. 2. Карчеход на реке Буктырма между с. Верх-Березовка и с. Жамбыл.

Форма русел рек бассейна Буктырмы в зависимости от типов русловых процессов, (прямолинейных, меандрирующих, разветвленных) создают различные предпосылки для образования древесных заломов. Например, по сравнению с другими типами русловых процессов, в разветвленных руслах заломы формируются чаще, так как на них наиболее влияет местное сопротивление. Заломы прослеживаются в основном на оголовках русловых и пойменных островов. Частота заломов на участках р. Буктырма с разветвленным руслом достигает 8...10 на 100 м.

Причиной образования и развития заломов на реке может стать остановка одной карчи. При этом, поступающие с речным потоком стволы и ветки деревьев, остатки другой растительности цепляются за возникшие преграды. В условиях малой глубины и ширины русла, естественных и искусственных препятствий перемещаемые потоком, свободные, оторванные от берегов карчи или отдельные деревья, останавливаются в русле реки и формируют основания залома (рис. 3). Также, при подмыве берега речным потоком или в результате развития различных склоновых процес-



сов, корневая часть дерева может оставаться на берегу, а основная часть оказываться в русле, перегораживая качи и отдельные деревья.



*Рис. 3. Формирование древесного залома у оголовка руслового острова на реке Буктырма вблизи села Берель.*

Руслоформирующая роль заломов определяется особенностями их расположения. Заломы у приверхов осередков и оголовков русловых и пойменных островов препятствует их размыву. На оголовках русловых и пойменных островов в зоне замедления потока под заломами накапливаются плавучие материалы. Это часто приводит к образованию прибрежных кос. Развитие залома в сторону одного из рукавов одновременно приводит к перераспределению расходов воды между ними, отмиранию одного и активизации другого рукава реки. Отклонение заломом потока может активизировать размывы противоположных берегов. Если собираются у выпуклого берега, тут может замедляться течение реки и берег быстро заливается. Размыв противоположного берега реки усиливается при отклонении заломом речного потока. Таким образом, в широко-пойменных разветвленных руслах образуются новые рукава. Руслу рек у вогнутого подмываемого берега наиболее интенсивно деформируется. Под заломами развивается глубинная эрозия, а ниже по течению формируются водовороты, наблюдаются размывы и дна, и берегов. Заломы у подмываемых пойменных берегов способствуют появлению новых пойменных проток. На малых реках при формировании заломов, где размеры одной карчи соот-

ветствуют ширине русла, происходит развитие ступенчатого продольного профиля. Небольшие рукава разветвлений в этих условиях могут отмирать и забиваться древесной растительностью (рис. 4).

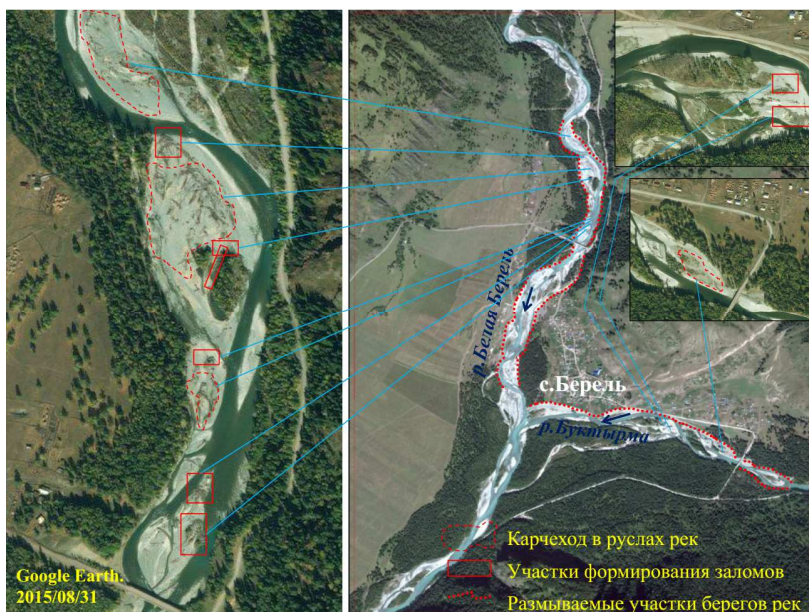


Рис. 4. Карчеход и участки формирования заломов на реках Белая Берель и Буктырма вблизи села Берель.

Большое количество заломов наблюдается на реках с развитыми аллювиальными формами. С выходом рек в межгорные лесные зоны увеличиваются размеры заломов, повышается интенсивность размывов берегов рек. К узлам слияния и деления рукавов рек приурочены наиболее крупные заломы. Являясь фактором дополнительных русловых переформирований, они обуславливают развитие одних и отмирание других рукавов. В бассейне Буктырмы также наблюдается влияние мостовых опор на структуру водного потока, приводящее к накоплению древесных заломов непосредственно возле них. В результате подмыва пойменных берегов на вышележащих участках, речными потоками переносится большое количество древесных материалов, следовательно, активизируется переформирование речных русел. Например, в 2011 г. на р. Буктырма в районе села Арчаты накопление наносов и образование залома у опоры моста обусловило смещение основного течения реки и привело к подмыву опоры моста и возникновению аварийной ситуации (рис. 5).

**Выводы.** На реках бассейна Буктырмы заломы образуются в основном в результате береговой эрозии рек, и чем интенсивнее протекают

на реках русловые деформации, тем большее количество участков заломов формируются на реках. В ходе данного исследования выявлено, что остановка древесных материалов у случайных преград (опоры мостов, оголовки островов, приверхи отмелей и т.д.), где глубина воды в русле и скорость ее течения недостаточны для их транспортировки, формируются заломы. При этом, если залом образовался на отмели, то идет быстрое заиливание, усиливается эрозия вогнутого берега реки без заметного увеличения глубины в русле, что может привести к возникновению нового русла. Если залом возник у вогнутого берега, то он приводит к увеличению размыва дна. В этом случае происходит самоукрепление вогнутого берега.



*Рис. 5. Мост через р. Буктырма в районе села Арчаты.*

Бассейн реки Буктырма пересекают множество дорог, на их берегах расположены жилые дома, хозяйственные постройки и другие сооружения. По долинам рек на большие расстояния проложены трассы железных и автомобильных дорог, линии связи и электропередач, воздвигнуты гидротехнические и гидромелиоративные сооружения. Особенности влияния формирования заломов на русловые процессы рек необходимо учитывать при проектировании любых инженерных сооружений, которые будут проложены по долинам рек бассейна Буктырмы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельдыева Г.В., Веселова Л.К. Ландшафты Казахстана. – Алма-Ата: Гылым, 1992. –176 с.

2. Домогашев В.Н., Сергутин В.Е. Карчеход и русловой процесс // Геоморфология. – М.: Наука, 1987. – № 2. – С. 54-56.
3. Евсеева Н.С. Современный морфолитогенез юго-востока Западно-Сибирской равнины. – Томск: Изд-во НТЛ, 2009. – 484 с.
4. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: «Академия», 2004. – 336 с.
5. Лабутина И.А., Балдина Л.А. Практикум по курсу «Дешифрирование аэрокосмических снимков» – М: Геогр. факультет МГУ, 2013. – 168 с.
6. Ликутев Е.Ю. Заломы в речных долинах и их геоморфодинамические функции // Матер. Всероссийской науч. конф. «Рельеф и экзогенные процессы гор». – Иркутск: изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – Т. 2. – С. 95-97.
7. Малинников В.А., Стеценко А.Ф., Алтынов А.Е. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами. – М.: МИИГАиК, 2009. – 140 с.
8. Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1. Природные условия и ресурсы: Ландшафтная карта. – Алматы: Изд-во Института географии МОН РК, 2006 г.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Вып. 1. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 316с.
10. Чалов С.Р. Ермакова А.С., Есин Е.В. Речные заломы: руслоформирующая и экологическая роль // Вестник МГУ. Серия 5: География. – 2010. – № 6. – С. 25-31.
11. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
12. Taukenov T., Dzhanaleeva K., Yerzhanova Zh. Methods of improving the efficiency of monitoring of channel deformations of mountain rivers near built-in settlements: on the example of the Buktyrma river // Geodesy and Cartography. – 2018. – Vol. 44 (1). – P. 28-35.

Поступила 28.05.2018

Т.Р. Таукенов  
Ж.С. Ержанова

## **БҰҚТЫРМА АЛАБЫ ӨЗЕНДЕРІНДЕ АҒАШТАР КЕПТЕЛУІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ГЕОМОРФОДИНАМИКАЛЫҚ ФУНКЦИЯЛАРЫ**

*Түйінді сөздер* сүректі өсімдіктердің өзендерде кептеліп қалуы, өзен арнасы, өзендер жағаларының шайылуы

*Бұқтырма өзені алабының таулы мәңгі қарлы, таулы шалғынды, орманды және далалы ландшафтық құрылымының жағдайында, өзендер аңғарларының геоморфологиялық және геологиялық құрылысы мен өзендердің гидрологиялық режимдерімен қатар, қауіпті арналық үрдістердің дамуына айтарлықтай әсер ететін басты табиғи фактор болып өзендерде тамырымен ағып жүрген ағаштардың кептелуінің қалыптасуы табылады. Бұл мақалада ғарыштық суреттерден Бұқтырма өзені алабының өзендері арналарында ағаштар кептелуінің қалыптасу учаскелерін анықтау мысалы келтірілген. Зерттеу нәтижесінде өзендерге ағаштар кептелістері қалыптасуының белсенді белгілері байқалатын 15 учаске анықталды, олардың геоморфодинамикалық функциялары анықталды.*

Taukenov T.R., Yerzhanova Zh.S.

## **FORMATION OF LOG JAMS ON THE RIVERS OF THE BUKTYRMA BASIN AND THEIR GEOMORPHODYNAMIC FUNCTIONS**

**Keywords:** timber drifting on rivers, river channel, riverbank erosion

*In the conditions of the mountain-nival, mountain-meadow, forest and steppe landscape structure of the Buktyрма river basin, along with the geomorphological and geological structure of valleys, as well as the hydrological regime of rivers, the main natural factor that exerts a significant influence on the development of dangerous manifestations of channel processes is the log jams in the rivers. One of the reasons for the destruction of bridge passages in the Buktyрма Basin, sections of roads, residential and economic buildings are log jams. Therefore, it is necessary to investigate this phenomenon by scientific methods. This article shows an example of revealing on the basis of space images the sites of formation of log jams (clumps of debris) in the riverbeds of the Buktyрма river basin. As a result of the study, 15 plots with obvious signs of formation of log jams were identified and their geomorphodynamic functions.*

УДК 556.551

О.А. Шарипова<sup>1</sup>

# ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОЗЕРА БАЛХАШ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ

**Ключевые слова:** газовый режим, биогенные элементы, органическое вещество, минерализация воды, гидромелиоративные работы

*В статье представлены результаты гидрохимических исследований 2015...2017 гг. водных объектов, расположенных в бассейне оз. Балхаш, перспективных для проведения гидромелиоративных мероприятий. В настоящее время среда водоемов по основным гидрохимическим показателям соответствует рыбохозяйственным нормативным требованиям. Отдельные озера Ащысуской и Карабасской систем относятся к эвтрофированным, с высоким содержанием органики и минерализацией воды до 10...15 г/дм<sup>3</sup>. Но в результате проведения гидромелиорации, при обеспечении нормального водообмена с основным водоемом, гидролого-гидрохимический режим станет благоприятным для нереста и нагула рыб.*

Берега оз. Балхаш изрезаны заливами и бухтами, многие из них соединяются с озером узкими ериками и мелководными проливами. При понижении уровня воды в основном водоеме эти ерики и проливы сильно мелеют, а иногда и пересыхают. В то же время заливы являются прекрасными нерестилищами, а также местами нагула молоди рыб и отчленение их от озера наносит значительные потери рыбному хозяйству региона. Поэтому проведение гидромелиоративных мероприятий на оз. Балхаш актуально и своевременно.

Цель работы – оценка современного гидрохимического режима притоков, отдельных заливов и озер, расположенных в бассейне оз. Балхаш, выбранных для улучшения их водообеспеченности путем применения гидромелиоративных работ.

Материалом для данной работы послужили результаты гидрохимических исследований 2015...2017 гг. водных объектов, расположенных

<sup>1</sup> Балхашский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», Казахстан



в бассейне оз. Балхаш и перспективных для проведения гидромелиоративных мероприятий. В результате трехлетних исследований заливов оз. Балхаш и устьевых участков рек предлагаются 19 объектов: Западный Балхаш – пр. Ийр (три рукава) и бухта Жылымды, Восточный Балхаш – проходы в залив Шомшколь-1, озер Шомшколь-2 и Айнаколь, Кокан-2 и Кокан-3 с водообменным каналом, а также протоки (ерики) в группах озер (5 каналов) Карабасских разливов и в Ащысу (4 канала) (рис.).



Рис. Карта-схема расположения станций исследований в бассейне оз. Балхаш.

Одним из предварительных этапов планирования и проведения гидромелиоративных работ является изучение и оценка гидрохимического состояния водной среды районов исследования. Средние значения химических показателей воды объектов представлены в таблице.

Таблица

Гидрохимические показатели воды исследуемых объектов

рН	Растворенные газы, мг/дм <sup>3</sup>		Биогенные соединения, мг/дм <sup>3</sup>				Органическое вещество, мгО/дм <sup>3</sup>	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>
	O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	% насыщения	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Р		
Проток Ийр								
7,97	7,8	89,3	0,06	0,007	1,27	0,003	3,3	488
Бухта Жылымды								
8,47	9,2	110	0,03	0,003	0,19	0,006	4,9	1195

рН	Растворенные газы, мг/дм <sup>3</sup>		Биогенные соединения, мг/дм <sup>3</sup>				Органическое вещество, мгО/дм <sup>3</sup>	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>
	O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	% насыщения	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Р		
Карабасские озера								
8,49	8,2	99,2	0,08	0,001	0,10	0,006	12,6	3716...15081
Ащысуские озера								
8,70	8,4	101	0,14	0,001	0,12	0,025	15,4	3497...8011
Коканские озера								
8,77	8,3	99,8	0,13	0,001	0,11	0,033	11,2	4718...8385
Озеро Айнаколь								
8,80	8,2	100	0,24	0,001	0,12	0,017	11,2	4869
Залив Шомиколь-1								
8,63	8,1	96,2	0,10	0,001	0,11	0,017	8,2	3665
Озеро Шомиколь-2								
8,70	11,7	138	0,05	0,001	0,10	0,027	11,7	4876

*Проток Ийр.* Протоки Ийр являются основными путями для миграций проходных и полупроходных рыб. Они соединяют озеро с множеством мелких водоемов, где находятся нерестилища полупроходных рыб. Кроме того, в протоке осенью заходит часть стада жереха и зимует, ожидая наступление времени весенней миграции, чтобы проследовать до мест нерестилищ [3, 4].

В последние годы проток Ийр впадает в озеро шестью рукавами. В течение 2015 и 2016 гг. на них промерялись глубины, измерялись расходы воды и определялась ширина водотока. По размерам и по глубине для проведения дноуглубительных работ выбрано из них три рукава. Глубины в них у выхода в озеро, а также на прилегающих участках озера не превышают 0,2...0,4 м. Для всех трех рукавов предполагаемая ширина канала 20,0 м и глубина 2,0 м.

Проведение мелиоративных работ в рукавах Ийр значительно облегчит миграцию рыб до мест нерестилищ и обратно, одновременно увеличивая численность мигрирующего стада.

Гидрохимический режим водотоков характеризуется следующими особенностями. В весенний период температура водных масс менялась в пределах 16,4...21,0 °С, летом вода прогревалась до 24,8...26,2 °С.



Реакция водной среды слабощелочная, водородный показатель весной равен 7,57...7,97, летом повышается до 8,21.

Газовый режим удовлетворительный. В весенний период концентрация диоксида углерода отличалась высокой вариабельностью – от 2,2...8,8 до 30,8 мг/дм<sup>3</sup>, но не превышали допустимые значения (ПДК = 44,0 мг/дм<sup>3</sup>). Насыщение кислородом оптимальное – 70...105 %, что в абсолютных величинах соответствовало 6,1...8,7 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Количество органического вещества невысокое. В весенний период показатель ниже и составлял 1,8...2,7 мгО/дм<sup>3</sup>, летом – 4,3 мгО/дм<sup>3</sup>.

Содержание биогенных элементов в пр. Ийр не превышает допустимые значения для рыбохозяйственных водоемов [2]. На временные колебания биогенов оказывают влияние как внутриводоемные процессы, так и режим поступления сточных вод. Среди азотных соединений преобладали по содержанию нитраты – 0,80...2,31 мг/дм<sup>3</sup>. В сезонной динамике отмечается закономерное уменьшение количества нитратов в летний период. Сравнительный анализ межгодовых изменений показал снижение в 1,6...2,2 раза нитратов и увеличение в 4,7...7,0 раз нитритов в 2017 г. Концентрации остальных биогенов в водотоке стабильны.

По техническим свойствам вода относится к категории умеренно жесткая, с общей жесткостью 4,04...4,90 мг/дм<sup>3</sup>. По сумме растворенных солей она пресная, с минерализацией 459...542 мг/дм<sup>3</sup>. Сезонная динамика характеризуется ростом солености на 15 % летом. По доминирующим ионам, согласно классификации Алекина О.А., вода принадлежит к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе, II типу [1].

*Бухта Жылымды* расположена в 15,0 км к северо-западу от пгт. Улькен. Ее площадь составляет 73,0 га, глубина достигает 4,5 м и более. Бухта является прекрасным нерестилищем для многих промысловых видов рыб. В последние годы проток, соединяющий эту бухту с озером, стал очень узким (местами 1,5...2,0 м), сильно зарастает тростником, проход рыбы в бухту затруднен. Здесь необходимо прокопать канал шириной около 10,0 м и глубиной 2,0 м.

В рамках мониторинговых исследований были определены основные показатели качества водной среды б. Жылымды.

Температура воды в весенний период достигала 20 °С, летом прогревалась до 24,6...27,9 °С. Реакция водной среды слабощелочная, рН, в зависимости от интенсивности процессов фотосинтеза, менялась от 8,25 весной до 8,40...8,60 летом.

Газовый режим оптимальный. Диоксид углерода в водной среде отсутствовал. За период исследований содержание растворенного кислорода в летний период было высокое –  $8,3...9,9 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ , что соответствовало 101...118 % насыщения.

В межгодовой динамике количество органического вещества невысокое, величина перманганатной окисляемости варьировала в пределах  $3,9...6,7 \text{ мгО}/\text{дм}^3$ . В сезонной динамике наблюдается рост органики летом на 35 %.

В период исследований концентрации биогенных элементов не превышали допустимые значения. Сезонные и межгодовые вариации содержания биогенов незначительны.

По техническим свойствам вода жесткая, с общей жесткостью  $7,4...7,8 \text{ мг-экв}/\text{дм}^3$ . По сумме растворенных солей вода солоноватая, с минерализацией  $1165...1268 \text{ мг}/\text{дм}^3$ . Межсезонная динамика заключается в повышении на 10 % солености воды в летний период. В 2017 г. минерализация воды увеличилась на 8...9 % по сравнению с данными 2015...2016 гг. По доминирующим ионам вода принадлежит сульфатному классу, натриевой группе, II типу.

*Водные объекты Восточного Балхаша*, предлагаемые для проведения гидромелиоративных работ, расположены вдоль южного побережья и значительно отличаются гидролого-гидрохимическими показателями водной среды.

*Карабасские озера (разливы)* находятся в восточной части оз. Балхаш, на окраине Жентелинской депрессии. Озера этой депрессии занимают эоловые низины, расположенные между барханами и, образуя сложные системы водоемов, простираются на  $10,0...15,0 \text{ км}$  к югу от береговой линии оз. Балхаш. Глубина воды в них достигает  $3,0...6,0 \text{ м}$ , берега заняты густыми зарослями тростника. Все эти водоемы являются местами нерестилища и нагула рыб. Однако значительная их часть отшнуровалась от материнского водоема и находится в бесполезном для рыбного хозяйства состоянии. Выполнение предложенных гидромелиоративных работ позволит вернуть в ряды рыбохозяйственных озер более 770 га акватории.

*Ащысуские озера* расположены несколько западнее современного устья р. Каратал. В настоящее время проходы к ним сильно заилены и покрыты густыми зарослями тростника. Для улучшения гидроэкологического состояния озер необходимо проложить каналы. Выполнение предлагаемых гид-

ромелиоративных работ на озерах Ащысуской системы будет способствовать увеличению нерестово-нагульных площадей озера на 1000 га и более.

*Коканские озера.* Между заливом Кокан и разливами Каракольских озер имеются две котловины, занятые водой из оз. Балхаш.

Первое из них расположено в 5,5 км к северо-западу от залива Кокан и имеет площадь 529 га, длину – 3,0 км и глубину – 2,5...3,5 м. У берегов, между зарослями тростника, иногда встречаются небольшие площади, занятые кугой и рдестами. Основная акватория достаточно глубокая и имеет свободную от растительности поверхность. В озеро ведет одна извилистая протока, длиной около 1700 м и глубиной, местами, до 3,0 м. В настоящее время северо-восточный конец протоки сильно заилен и глубина воды местами не превышает 0,2...0,3 м. Такие же глубины на выходе протоки в «море» и на береговой полосе на расстоянии до 100 м. Именно здесь необходимо проложить канал длиной у берега озера около 160 м.

Второе озеро расположено в 8,0 км к северо-западу от залива Кокан и объединяет пять плесов, наибольший из них 417 га, наименьший – 19 га. Суммарная площадь составляет 605 га. Глубина воды 2,0...2,6 м. На современном этапе проход к главному плесу закрыт песчаным валом и не имеет выхода в оз. Балхаш, поэтому необходимо проложить рыбоходный канал протяженностью 400 м и шириной у дна 20,0 м. А также, чтобы усилить водообмен и не допустить эвтрофирования озер, необходимо проложить канал между данными водными объектами. В результате проведения предлагаемых мелиоративных работ более 1100 га акватории станут пригодными для нереста и нагула рыб.

*Озера Айнаколь и Шомшколь-2.* В пространстве между болотом Сарыуюк (бывшая дельта р. Каратал) и рассмотренными выше Коканскими озерами расположена широкая низина длиной 30,0 км и шириной до 7,0 км. Здесь находится множество мелких и средних озер – межбарханников. Наиболее значительные из них озера Айнаколь и Шомшколь-2. Площадь оз. Айнаколь составляет 160 га, глубина воды достигает 6,0 м и более. Площадь оз. Шомшколь-2 составляет 370 га, глубина в главном плесе до 7,0 м и более. Проходы к озерам заилены и имеют малые глубины (всего 0,2...0,3 м). Поэтому целесообразно проложить рыбоходные каналы длиной около 430 м, шириной 20,0 м и глубиной 2,0 м. Построение предлагаемых каналов способствует улучшению экологического состояния нерестилищ с общей площадью более 1000 га.

*Гидрохимическая характеристика водных объектов Восточного Балхаша.* Температура водных масс в летний период соответствовала 24,4...26,9 °С. Реакция водной среды меняется от слабощелочной до щелочной, с величиной водородного показателя рН 8,40...8,90.

Газовый режим удовлетворительный. Диоксид углерода в водной среде отсутствовал. Содержание растворенного кислорода менялось в пределах 6,2...9,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (76,0...111 % насыщения). В 2017 г. количество растворенного кислорода в районах исследования было ниже на 7...15 %, а в заливе Шомшколь-1 – на 23...37 %, по сравнению с 2015...2016 гг., что связано с высокими температурами воды.

Величина перманганатной окисляемости в водной среде исследуемых объектов варьировала в широком диапазоне – от 4,9 до 24,0 мгО/дм<sup>3</sup>. Максимальные значения окисляемости отмечались в отшнурованных водоемах Ащысуской и Карабасской систем. В межгодовой динамике прослеживается тенденция снижения количества органики в воде.

Концентрации биогенных элементов не превышали допустимые показатели. Межгодовые колебания биогенов невариабельны.

По техническим свойствам вода относится к категории очень жесткая, с общей жесткостью в заливе Шомышколь 1, озерах Шомышколь-2 и Айнаколь 18,6...23,4 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В течение трех лет общая жесткость в Карабасских озерах менялась от 26,8 мг-экв/дм<sup>3</sup> до 74,4 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Суммарное содержание ионов кальция и магния в воде Ащысуских озер составляло 16,6...33,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>, Коканских озер – 20,0...38,4 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

По сумме растворенных солей вода исследуемых объектов солоноватая. В течение исследуемого периода минерализация воды составляла в заливе Шомшколь-1 3542...3778 мг/дм<sup>3</sup>, оз. Шомшколь-2 – 4876 мг/дм<sup>3</sup>, оз. Айнаколь – 4616...5104 мг/дм<sup>3</sup>.

Величина минерализации озер характеризуется высокой вариабельностью, что обусловлено географическим расположением и гидрологическими условиями водоемов. Соленость воды Карабасских озер варьировала в диапазоне 3694...15081 мг/дм<sup>3</sup>, Ащысуских и Коканских озер – в пределах 3752...8342 мг/дм<sup>3</sup>. Межгодовые изменения солености составляли не более 9 %.

В ионно-солевом составе водной среды, независимо от величины минерализации, преобладают сульфат-ионы и ионы натрия.

Таким образом, вода б. Жылымды, зал. Шомшколь-1, озера Айнаколь и Шомшколь-2, протока Ийр, Коканских озер по основным гидрохи-

мическим показателям соответствует рыбохозяйственным нормативным требованиям. Отдельные озера Ащысуской и Карабасской систем относятся к эвтрофированным, с высоким содержанием органики. Соленость воды Карабасских отдельных ранее отшнурованных озер достигает 10...15 г/дм<sup>3</sup>, что обуславливает развитие и жизнедеятельность солоноводных видов гидробионтов. Но при обеспечении нормального водообмена с основным водоемом они быстро распреснятся и станут вполне пригодными для нереста и нагула рыб.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов: Утв. Нач. Главрыбвода Минрыбхоза СССР В.А. Измайловым 09.08.90. – М.: 1990. – 46 с.
3. Проблемы гидрологической устойчивости в бассейне озера Балхаш. /Под редакцией А.Б. Самаковой. – Алматы: «Каганат», 2003. – С. 252-300.
4. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш./ Под редакцией Т.К. Кудекова. – Алматы: «Каганат». 2002. – 389 с.

Поступила 16.05.2018

О.А. Шарипова

#### ГИДРОМЕЛИОРАТИВТІК ЖҰМЫСТАР ҮШІН ҰСЫНЫЛАТЫН БАЛХАШ КӨЛІНІҢ СУ ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

**Түйінді сөздер:** газрежимі, биогенді элементтер, органикалықзаттар, су минерализациясы, гидромелиоративтік жұмыстар

*Мақалада гидромелиоративтік жұмыстарды жүргізуге 2015...2017 жж. Балқаш көлінің бассейнінде орналасқан су объектілерінің гидрохимиялық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Қазіргі кезде су бассейнінің негізгі гидрохимиялық көрсеткіштері бойынша балық шаруашылығы реттеу талаптарына сәйкес келеді. Ащысу және Қарабас жүйелерінің жеке көлдері органикалық заттардың жоғары мөлшері мен судың минералдануы 10...15 г/дм<sup>3</sup> дейін эвтрофирленген. Бірақ гидромелиорация нәтижесінде судың негізгі бөлігімен қалыпты су алмасуды қамтамасыз ететін гидролого-гидрохимиялық режим балықты уылдырықтау және азықтандыру үшін қолайлы болады.*

Sharipova O.A.

## **HYDROCHEMICAL FEATURES OF WATER OBJECTS OF BALHASH LAKE, SUGGESTED FOR HYDROMELIORATIVE WORKS**

**Keywords:** gas mode, biogenic elements, organic matter, water mineralization, hydro-meliorative works

*The article presents the results of hydrochemical studies 2015 ... 2017 years. water facilities located in the basin of Lake Balkhash, promising for carrying out hydromeliorative measures. At present, the water basin environment according to the main hydrochemical indicators corresponds to the fishery regulatory requirements. The individual lakes of the Aschysu and Karabas systems are eutrophied, with a high content of organic matter and mineralization of water up to 10...15 g/dm<sup>3</sup>. But as a result of hydromelioration, providing normal water exchange with the main body of water, the hydro-hydrochemical regime will be favorable for spawning and feeding of fish.*

С.Ш. Гезалова <sup>1</sup>

## ВЛИЯНИЕ БАКИНСКОГО ЗАВОДА ГЛУБОКОВОДНЫХ ОСНОВАНИЙ НА ЭКОСИСТЕМУ МОРЯ

**Ключевые слова:** море, основание, выбросы, взвешенные частицы, стоки, химические и физические свойства

*В статье дается краткий обзор климата и территории, на которой расположен Бакинский завод глубоководных оснований. Рассмотрены и проанализированы источники выбросов вредных веществ, в атмосферу и воды Каспийского моря. В результате проведенных исследований выявлено, что максимальные концентрации вредных веществ в воздухе и воде не превышают предельно допустимые значения.*

**Краткий обзор климата и территории расположения Бакинского завода глубоководных оснований.** Территория Бакинского завода глубоководных оснований расположена в Гарадагском административном районе, на юго-востоке Баку в 20 км от центра, приблизительно в 7 км от поселка Сахиль. Территория завода находится в промышленной зоне. Площадь составляет 81 га, полностью огорожена и озеленена деревьями и кустами. Завод начал функционировать в 1984 году и сегодня продолжает свою работу [2, 3, 4].

Предприятие занимается изготовлением металлоконструкций для участков по добыче нефти и газа из моря и глубоководных морских оснований в зависимости от разных глубин [3]. Выбрасываемые из дымовых труб и других источников в окружающую среду вредные соединения состоят в основном из смеси пыли и газа.

Для рассматриваемой территории свойственен сухой теплый климат полупустынь. На формирование климата района влияют атмосферные массы над засушливой зоной, рельеф Кавказских гор, территория Каспийского моря и прикаспийской полупустыни.

Характер ветров зависит от крупномасштабного воздействия атмосферной циркуляции, а также от местной атмосферной циркуляции и тер-

<sup>1</sup> Азербайджанская Нефтяная Академия, г. Баку, Азербайджан

мической обстановки. Кавказские горы на западе, Каспийское море на востоке, обуславливают частые северо-восточные (26,6 %) и северные (23,8 %) ветры. Ветры других направлений имеют следующую повторяемость: восточные – 9 %, юго-восточные – 9 %, южные – 6 %, юго-западные – 10 %, западные – 10 %, северо-западные – 6 %. Средняя многолетняя скорость ветра равна 4,6 м/с. Максимальные скорости ветра достигают 32...34 м/с. [1, 2].

Среднемесячные температуры воздуха колеблются в интервале 3,4 (в январе) и 26,4 °С (в июле), среднегодовая температура составляет 14,6°С. Что касается распределения среднегодовых осадков, то они составляют 218 мм. 66 % осадков (145 мм) в зимние месяцы (октябрь – март). В отдельные годы среднегодовые осадки доходят до 113 мм [1].

Качество атмосферного воздуха определяется выбросами из следующих источников. Это Гарадагский цементный завод, газоперерабатывающий завод, Сангачалский нефтяной терминал, автотранспортные конторы, каменоломни, известковые и глиняный карьеры, участки добычи нефти и газа, и, конечно, природные источники. Исследованиями выявлено, что воздушный бассейн региона загрязняют следующие вещества: пыль от промышленных источников, оксиды азота, оксиды углерода, диоксиды серы. В отдельные дни концентрация диоксида серы бывает вдвое больше ПДК, для диоксида азота – 1,5...3, а для пыли 1...4 раза. На протяжении всего года только в безветренные дни эти параметры превышают норму.

На протяжении года, безветренные дни на территории составляют 7 %, и эти дни приходятся на осенние месяцы [1].

**Выбросы Бакинского завода глубоководных оснований с точки зрения технологического процесса.** Годовая производственная мощность завода составляет 60 тыс. т металла. Исследования проводились исходя из этой мощности. По технологическим нормативам на изготовление 1 т металлоконструкций расходуется 8,5 кг электродов, 0,5 шт. угольного электрода, 9,4 м<sup>3</sup> кислородного газа и 6,6 м<sup>3</sup> природного газа. На изготовление 1 т металлоконструкций в цехах расходуется 16,6 кг электродов, 1,2 шт. угольных электродов, 51,3 м<sup>3</sup> кислородного газа и 20,3 м<sup>3</sup> природного газа, 1,3 кг сварочных материалов, 112,5 м<sup>3</sup> сжатого воздуха и 0,8...1,6 т проволоки для сварки [2].

Ниже приведены источники выбросов в атмосферу вредных веществ в различных цехах завода: Механический производственный цех – за год используется 13750 м<sup>3</sup> горючего природного газа и 31,139 т дизельного топлива.



В цеху по изготовлению соединений за год расходуется 33,921 т сварочного прута и 6,65 т проволоки для автоматической сварки.

При организации и обслуживания сварочных работ в год израсходовано 0,7 т сварочного прута; 117,1 т различных красок при покраске металла и конструкций и 26,2 т дизельного топлива.

В сборочном цеху израсходовано 14,3 т сварочного прута, 6,6 т газа пропана.

При сборке и установке верхних строений использовано 60,2 т сварочных электродов и 6,4 т пропана.

В цеху по изготовлению металлоконструкций в год использовано 17,7 т сварочных электродов, 5,0 т проволоки для автоматической сварки и 0,4 т пропана. В цеху по наладке технологического оборудования израсходовано 10,0 т краски. В сфере автотранспорта на заводе израсходовано 514,2 т бензина и 15,8 т дизельного топлива. В коммунальном хозяйстве использовано 298 т дизельного топлива. В портовой службе – 1,1 т бензина, а на железной дороге 14,1 т дизельного топлива. Для обеспечения завода водой понадобилось 1,1 т дизельного топлива. В цеху завода по изготовлению труб использовано 13,0 т сварочного прута, 64,2 т проволоки для автоматической сварки.

Проведенный анализ показывает, что в технологическом отношении выбросы вредных веществ в атмосферу от заводских источников не превышают ПДК.

Так же на заводе для контроля сточных вод существует лаборатория. Здесь проводится анализ сточных вод, образующихся в результате работы различных цехов, а также проверяются физико-химические показатели образцов морской воды. Анализ воды включает проверку прозрачности, активной реакции окружающей среды, температуры, общей кислотности, общей щелочности, количество нефтепродуктов и взвешенных частиц, железа, сухих и обуглившихся остатков, и потребность в кислороде.

В лаборатории, согласно годовому графику, периодически составляются физико-химические свойства сточных вод, и, таким образом, по Государственным стандартам производится контроль качества сливаемой в море воды. Вместе с тем, производится анализ образцов морской воды, взятой на расстоянии 250 м от берега. Анализ сточных вод завода глубоководных оснований приведен в табл. 1.

По итогам 2017 года, количество выбросов газа во время использования автотранспорта и специальной техники, отражено в табл. 2 [2].

Таблица 1

Анализ сточных вод Бакинского завода глубоководных оснований

Загрязняющие вещества	Фактическая концентрация, г/м <sup>3</sup>	Фактический слив, г/час	Возможная концентрация, г/м <sup>3</sup>	Утвержденная ВВАН, г/час
Взвешенные частицы	25,6	3686,4	20,25	3341,25
ОВТ	3,9	561,6	3,0	495,0
Нефтепродукты	0,1	14,4	0,05	8,25
Нитраты	15,0	2160,0	15,0	2475,0
Нитриты	0,08	11,52	0,08	13,2
Аммонийный азот	0,5	72,0	0,05	82,5
Железо	0,5	72,0	0,05	82,5
Минеральный состав:	13000	-	13000	21450000
сухие и обуглившиеся остатки	3755	-	3750	618750

Таблица 2

Количество газа, выбрасываемого автотранспортом и специальной техникой

Пробег в тыс. км	Специальный коэффициент количества образованных выбросов, г/км			Количество выбросов в год		
	СО	NO <sub>x</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	СО	NO <sub>x</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>
<b>Тяжелые грузовые машины</b>						
2142,28	15	8,5	6,4	32,13	18,21	18,21
<b>Грузовые машины</b>						
1008,34	51,5	6,4	9,6	51,93	6,45	9,68
<b>Легковые машины</b>						
1310,15	16,1	2,19	1,6	21,09	2,87	2,10
<b>ИТОГО, т/год</b>				105,16	27,53	29,99

**Количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при работе порта Бакинского завода глубоководных оснований.** В порту завода имеется 12 причалов. Основные функции порта состоят в своевременном прибытии судов, их креплении к причалам, своевременном откреплении, а также надзор над процессом их перестановки.

В 2017 г. в порту использовалось 1,056 т дизельного топлива и 120 л дизельного масла. В результате установлено количество выброшенных в атмосферу вредных веществ и их соответствие нормам [2].

$$M_{\text{CO}_2} = 1,056 \cdot 3,9 \cdot 10^{-3} = 0,004 \text{ т/год} = 0,0005 \text{ г/с}$$

$$M_{\text{SO}} = 1,056 \cdot 25,6 \cdot 10^{-3} = 0,028 \text{ т/год} = 0,0033 \text{ г/с}$$

$$M_{NO_2} = 1,056 \cdot 6,81 \cdot 10^{-3} = 0,0072 \text{ т/год} = 0,0009 \text{ г/с}$$

$$M_{CH} = 1,056 \cdot 18,05 \cdot 10^{-3} = 0,019 \text{ т/год} = 0,0023 \text{ г/с}$$

$$M_{saja} = 1,056 \cdot 6,11 \cdot 10^{-3} = 0,0064 \text{ т/год} = 0,0008 \text{ г/с}$$

**Сток, использованных на заводе вод.** На заводе глубоководных оснований загрязненные воды не сливаются в водные резервуары. Образованные на территории завода сточные воды по договору передаются управлению Бакинской канализации. Состав воды использованной в 2017 г. на заводе и слитой в водные бассейны проанализирован. Вредные вещества соответствуют нормам ( табл. 3). Необходимо отметить, что согласно нормативу завод использует 807,4 тыс. м<sup>3</sup> воды [2].

Таблица 3

Концентрация вредных веществ в составе воды, сливаемой в Бакинскую канализацию

Вещество	Норма, мг/дм <sup>3</sup>	Вещество	Норма, мг/дм <sup>3</sup>
Хром	0,002	Фториды	0,73
Медь	0,00052	Нефтепродукты	0,4 (0,8)
Железо	1,32	Стирол	0,7
Цинк	0,026	Фенолы	
Никель	0,016	Эфирные вещества	0,25
Кадмий	0,01	Хлориды	500
Кобальт	0,016	Взвешенные вещества	25
Свинец	0,005	Сульфатные соединения	350
Арсений	0,005	Показатели <b>RN</b>	6,5...7,5
Формальдегид	0,21	Температура	До +40 °С
Цианид	0,1	Единица цвета	1...16

**Выводы:** В результате проведенных исследований выявлено, что максимальные концентрации вредных веществ, выливаемых в Каспийское море и выбрасываемые в атмосферу от Бакинского завода глубоководных оснований, не превышают предельно допустимые значения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аллахвердиев З.С. Многолетняя гидрометеорологическая изменчивость Каспийского моря. – Баку: Зия, 2017. – 152 с.
2. Экологический паспорт Бакинского завода глубоководных оснований. – Баку: 2017. – 75 с.
3. Бакинский завод глубоководных оснований. [Электрон. ресурс]. – 2017. – URL: <http://ru.sputnik.az/azerbaijan/> (дата обращения: 11.01.2018).

4. Бакинский завод глубоководных оснований. [Электрон. ресурс]. – 2017. – URL: [http://aze.az/news\\_bakinskiy\\_zavod](http://aze.az/news_bakinskiy_zavod) (дата обращения: 25.01.2018).

Поступила 16.04.2018

С.Ш. Гезалова

### ТЕРЕҢ СУЛЫ ТҰҒЫРЛЫ БАКИН ЗАВОДЫНЫҢ ТЕҢІЗ ЭКОЖҮЙЕСІНЕ ӘСЕРІ

**Түйінді сөздер:** теңіз, тұғыр, шығарындылар, қалқыма бөлшектер, ағындар, химиялық және физикалық қасиеттері

*Мақалада терең сулы тұғырлы Бакин заводы орналасқан аумақ климатына қысқаша шолу берілген. Атмосфера мен Каспий теңізіне түсетін, зиянды заттар шығарындылар көздері қарастырылған және талданған. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде ауа мен судағы зиянды заттардың максималды концентрациялары шектік мүмкіндік концентрациялардан аспайды.*

Gezalova S.Sh.

### THE IMPACT OF BAKU DEEP WATER JACKETS FACTORY ON THE ECOSYSTEM OF THE SEA

**Keywords:** sea, base, emissions, suspended particles, effluents, chemical and physical properties

*At the beginning of the paper, there is a brief overview of the climate and the territory of the location of Baku Deep Water Jackets Factory. Then, from a technological point of view, it was studied sources of emission into the atmosphere of harmful substances, the chemical and physical features and composition of sewage during their release in the sea, amount of gases outgoing from special equipment, amount of harmful substances released into the atmosphere when the port of the factory is operated, drains of waste water into basins and the density of harmful substances contained in dirty waters in the Baku city sewage system. At the end of the paper, the assessment of the impact of the factory on the ecosystem of the sea is made.*

УДК 504.5; 502.521

Доктор PhD

Ж.Г. Берденов <sup>1</sup>

Г.Е. Мендыбаева <sup>1</sup>

Канд. биол. наук

Г.М. Атаева <sup>2</sup>

Канд. геогр. наук

Н.Б. Казангапова <sup>3</sup>

## ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ХРОМТАУ-ДОНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

**Ключевые слова:** техногенная нагрузка, почва, почвенный профиль, тяжелые металлы

*В статье изучены закономерности профильного распределения морфологических, физико-химических свойств почв и их трансформации под влиянием горнодобывающей промышленности и урбогенных нагрузок. Выявлены основные типы перестроек эколого-геохимической структуры почвенных профилей, резко отличающихся от фоновых почв региона. В ходе полевых исследований были заложены ключевые участки. На ключевых участках были заложены почвенные шурфы для отбора проб почвы с различных горизонтов, для последующего химического анализа. По результатам исследования были выявлены три группы почв.*

**Введение.** Особое место среди техногенного воздействия на почвы промышленных городов принадлежит загрязнению тяжелыми металлами, поскольку быстрое самоочищение почв от металлического загрязнения до требуемого по соображениям гигиенической и экологической безопасности уровня затруднено, а во многих случаях практически невозможно [1]. Особую роль в загрязнении почвенного покрова представляет промышленная урбанизация. Урбанизация – явление социальное, а проблемы геоэкологии являются универсальными, общенаучными, имеющими огромное практическое значение. И говорить об экологически благополучной ситуации в промышленных центрах возможно только тогда, когда наука будет рассматривать свои проблемы с точки зрения жизнеобеспечения человека и с позиции рационального взаимоотношения «человек – природа» [4].

<sup>1</sup> Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана;

<sup>2</sup> Актюбинский Государственный университет им. К. Жубанова;

<sup>3</sup> Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

Урбанизированные территории представляют особый тип экологических систем, природные компоненты которых, подвергаясь различным антропогенным нагрузкам, испытывают существенные и часто необратимые изменения. Городские почвы, несмотря на коренную перестройку своих важнейших свойств, по мнению ряда ведущих исследователей [8], признаются базовой составляющей урбогеосистемы, осуществляющей ряд важнейших экологических и хозяйственных функций и определяющей условия жизни в городе.

**Территория исследования.** Район исследования расположен между южными отрогами Урала и северными грядками Мугоджар. Степь здесь холмистая, максимальные же высоты не превышают 490 м. Территория располагается в Орь-Илекском междуречье, относится к бассейну р. Жайык (Урал) (рис. 1).

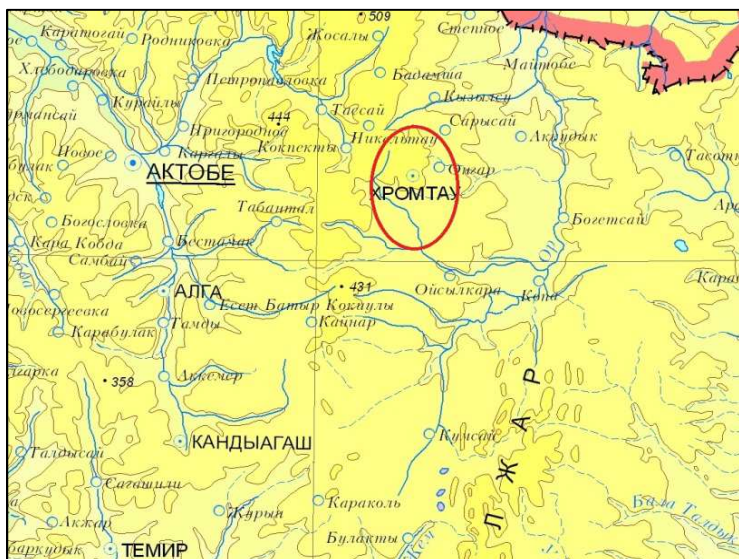


Рис. 1. Карта географического положения исследуемой территории.

Рассматриваемая территория расположена в зоне сухих степей. Для этой зоны характерно распространение темно-каштановых почв. Почвообразующими породами здесь служат супесь темно-коричневая, твердая с редкими прослойками суглинка и песка. Территория объекта расположена в подзоне темно-каштановых почв. Площадка сложена из почвенно-растительного слоя – суглинистого, коричневого с корнями растений, мощностью 0,2 м; супесей песчанистых – светло-коричневых, известковистых, твердых, мощностью 1,8...2,0 м; песков средней крупности – серых, средней плотности, мощностью – 2,0...2,3 м (Технический отчет // Оценка

воздействия на окружающую среду (ОВОС) к рабочему проекту «Строительство здания стационарной универсальной линии технического контроля легковых и грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов с нагрузкой на ось до 10 т. (ЛТК-10У-СП-11)». ТОО «Asia consult». – Актобе, 2017. – 117 с.).

Главным техногенным источником, а также богатством исследуемого района считаются залежи хрома, меди, никеля. Здесь находится второе по величине в мире месторождение хромитовой руды, добыча которой ведётся как шахтным, так и карьерным способом (рис. 2).



*Рис. 2. Фото карьера хромитовой руды вблизи г. Хромтау.*

В пределах исследуемой территории сосредоточено большое количество экологически опасных объектов широкого спектра отраслей: в структуре промышленного производства города горнодобывающая промышленность занимает 94,3 %, обрабатывающая промышленность – 3,6 % (ТОО «Хромтауский кирпичный завод», АО «Керамика», ТОО «Актюбинский комбинат хлебопродуктов»), производство и распределение теплоэнергии, газа и воды – 2,1 %. [7]. Главным градообразующим предприятием промышленного узла является Донской горно-обоганительный комбинат – филиал АО «ТНК «Казхром», которое специализируется на добыче и обогащения хромовой руды. Предприятием добывается практически весь объем хромовой руды в Казахстане. Каждая 3-я семья, проживающая в городе Хромтау, связана с градообразующим предприятием. 68,4 % от экономически-активного населения города работает в Донском ГОКе (горно-обоганительный комбинат). Особое внимание привлекают антропогенные объекты – карьеры по добыче хрома, никеля, меди. Под воздействием такой мощной техногенной нагрузки почвы приобретают новый



комплекс свойств и режимов, от которых зависит их способность к эффективному выполнению разнообразных экологических функций.

Проводимые в последние годы в данном регионе геоэкологические исследования были направлены в основном на изучение процессов рельефообразования и загрязнения водных объектов прилегающей территории [6, 9]. Однако вопросы изучения формирования и современного состояния почвенного покрова тяжелыми металлами остаются слабо изученными. Отсутствует информация о характере внутрипрофильного распределения важнейших почвенных свойств, контролирующих процессы трансформации, накопления и выноса техногенных веществ в почвенной толще. Практически не изучены вопросы систематики и картирования почв Хромтау-ского района Актюбинской области.

Целью наших исследований являлось изучение особенностей трансформации морфологических, физико-химических свойств почв различных функциональных зон территории Хромтау-Донского промузла и оценка тенденций развития основных негативных почвенных процессов.

**Объект и методы исследования.** Почвенный покров промышленного узла представляет собой специфический объект научного исследования. На начальном этапе на основе комплексного анализа различных фондовых материалов были выбраны ключевые участки (рис. 3), отражающие многообразие хозяйственного использования территории исследования.

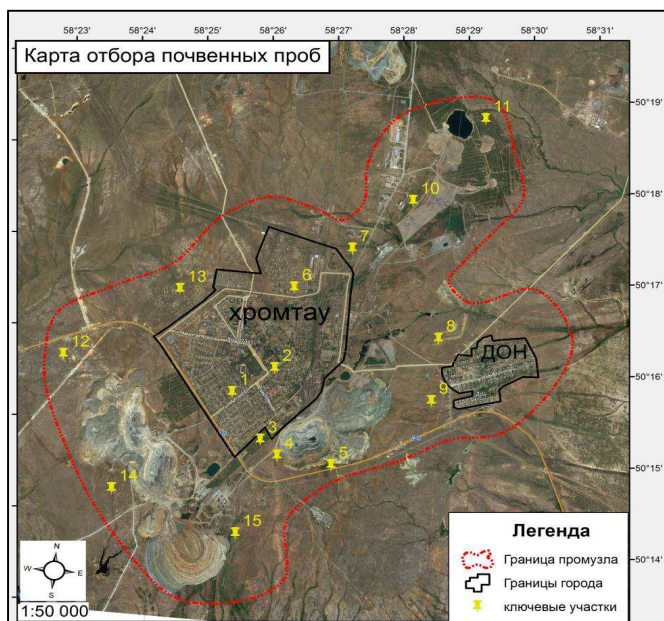


Рис. 3. Карта отбора проб на почвенных шурфах в пределах промузла.



В ходе полевого исследования (в летний период 2017 г.) были заложены 15 полнопрофильных разрезов, 10 прикопок и 4 полуямы. Производилось морфологическое описание профилей и отбор почв с последующим их анализом по следующим показателям: гранулометрический состав, значение pH, содержание гумуса (по Тюрину), содержание обменных оснований, содержание легкорастворимых солей в водной вытяжке, содержание тяжелых металлов по ГОСТ 22036-2014 [2].

Для определения степени общего загрязнения почв использовался метод биотестов [3, 5]. Для эксперимента образцы почв отбирались в соответствии с ГОСТ 17.4.4 02-84. В качестве эталонов сравнения использовались образцы почв – южные черноземы и темнокаштановые почвы с территории залежных земель в юго-восточной части Хромтауского района вблизи села Кызылжар.

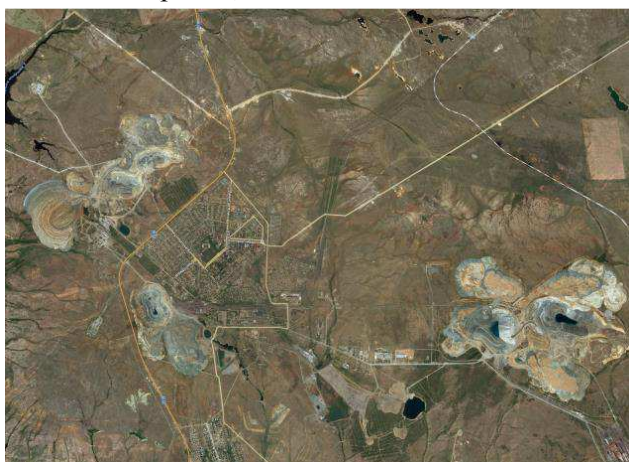
**Результаты исследования.** Основной фон почвенного покрова территории Хромтау-Донского промузла составляют темно-каштановые карбонатные в комплексе с солонцами каштановыми солончаковатыми натриевыми. В пределах речных долин р. Акжар и р. Усуп на террасах развиты черноземы южные остаточно-луговые и лугово-каштановые солонцеватые маломощные и легкосуглинистые, на пойме – аллювиальные дерновые насыщенные натриевые.

Исследуя особенности морфологического строения профиля, в пределах изучаемой территории выделены следующие группы почв: естественные (условно-нарушенные), слабонарушенные и антропогенно-преобразованные.

Естественные и слабонарушенные почвы, сохранившие без больших изменений систему генетических горизонтов, приурочены в настоящее время к участкам с остаточной естественной растительностью, а так же к землям хозяйственного назначения (застройки, отвалы, насыпи и т.д.).

В ходе исследований было установлено, что морфология этих групп почв, даже при минимальной степени нарушенности, отличается рядом существенных особенностей по сравнению с зональными почвами. Широкое распространение имеют химически загрязненные почвы (80 % территории). В зонах застройки населенных пунктов почвенный покров в результате градостроительного освоения приобретает дискретный характер. Профили почв открытых незапечатанных участков характеризуются отсутствием естественных генетических горизонтов и представляют собой искусственные конструкции слоёв, состоящих из пылеватого субстрата

разной мощности и качества с включениями отвалов, бытового и промышленного мусора. Максимальным уровнем техногенной трансформации характеризуются урботехноземы, группа почвоподобных тел, приуроченных к промышленным зонам и транспортным коммуникациям. Гранулометрический состав почв формируется под воздействием следующих факторов: природных, главным образом литолого-геоморфологических и техногенных (горные породы, вскрытые карьеры, карьерные насыпи), которые хорошо просматриваются на космических снимках среднего разрешения аппарата Landsat (рис. 4).



*Рис. 4. Космоснимок аппарата Landsat-7, 2017 г.*

Для естественных (условно-нарушенных) почв территории исследования характерно преобладание тяжело- и среднесуглинистых разновидностей. Содержание частиц глины в верхних горизонтах колеблется от 40 до 60 %, при этом преобладающими фациями являются крупнопылеватая (45...55 %).

В профилях антропогенно-преобразованных почв существенно повышается степень латеральной и радиальной неоднородности гранулометрического состава за счет перемешивания материала вскрышных, материнских пород и технологических субстратов. Распределение фракций по профилю беспорядочно и зачастую разнонаправлено.

Реакция pH почвенного покрова в естественных и слаборазрушенных почвах исследуемой территории изменяется от 6,8...8,1 (табл. 1). Диапазон изменения значений pH в антропогенно-измененных почвах имеет заметное смещение в щелочную сторону по всей глубине и составляет 7,7...9,0. Повышенная щелочная реакция характерна в любых природно-климатических условиях, связанная с карбонатным составом посту-

пающих в почву техногенных веществ (пыль вскрышных пород, промышленный мусор и т.д.).

Таблица 1

Результаты химических анализов некоторых образцов почв, 2017 г.

№ разр. кл. уч.	Горизонт	Глубина залегания, см	pH	Гумус, %	Поглощенные основания, мг-экв.			
					Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ёмкость поглощения
Естественные и слабонарушенные почвы								
1	A	0...15	7,8	3,5	25,2	3,1	0,4	18
	B	15...25	8,0	3,1	28,5	3,8	0,52	15
	BC	30...70	7,5	1,05	22,0	4,5	0,45	15
8	A	0...10	7,5	4,2	12,2	0,5	0,3	20
	B	15...30	7,1	4,0	18,1	2,5	0,57	22
	BC	30...50	7,0	2,1	17,5	3,0	0,4	18
	C	60...100	7,4	0,4	22,7	1,4	0,45	22
13	A	0...20	7,0	5,1	12,5	1,9	0,25	19
	B	20...30	6,8	3,7	12,6	2,5	0,8	17
	BC	30...45	7,2	2,5	12,2	2,1	0,74	15
	C	50...90	7,8	1,8	13,1	3,2	1,0	20
Техногенно-преобразованные почвы								
4	A	0...15	7,8	1,2	18,5	7,2	0,5	15
	B	15...40	8,2	2,2	18,7	7,4	0,6	26
	BC	40...90	8,5	1,0	17,1	6,6	0,44	17
	C	90...150	8,0	0,7	16,5	6,65	0,65	19
14	A	10...20	7,8	1,2	18	3,4	1,5	22
	B	20...40	9,0	2,5	12,2	4,5	1,1	15
	C	40...150	7,5	0,2	5,8	2,5	0,85	15
11	A	5...30	8,2	3,1	25	4,5	0,55	25
	B	30...50	8,0	2,55	26,2	4,9	0,5	20
	C	50...80	7,2	1,7	19,8	3,45	0,42	18

Исследуя обменно-поглощительную способность почв, следует отметить высокую степень насыщенности основаниями как слабонарушенных, так и техногенно-преобразованных почв. Некоторое увеличение относительной доли натрия обнаружено в техногенно-нарушенных почвах ключевого участка №14, расположенного вдоль крупной автомагистрали. Основной причиной такого превышения содержания натрия в почвенном горизонте, очевидно, является поступление солей из материнских пород, что приводит к развитию процессов дополнительного техногенного засоления и осолонцевания почв.

Результаты определения некоторых тяжелых металлов (табл. 2) свидетельствуют об их повышенном содержании на ключевых участках в непосредственной близости к вскрышным породам и крупным магистралям.

Таблица 2

Результаты химического анализа проб почвы на содержание тяжелых металлов

№ ключевого участка	Горизонт, глубина залегания	Концентрация, мг/кг		
		Cr	Pb	Cd
5	A (10...20)	2,88	28,5	0,15
	B (20...30)	2,8	20,1	-
15	A (5...20)	3,2	35,5	0,2
	B (20...50)	3,8	15,5	0,06
10	A (10...20)	1,85	18,5	-
	B (20...30)	1,1	10,8	-

Оценка валового содержания металлов (Pb, Cr, Cd) проводилась в Испытательной лаборатории ТОО «НИИ «Батысэкопроект».

В почвах наблюдаемых участков, техногенным воздействием, в большей степени, подвержены почвы вблизи горнодобывающего производства, очевидно, это связано с ветровой эрозией.

По результатам химического анализа почву практически на всех участках концентрация свинца значительно больше нормы ПДК. Очевидно, это связано с передвижением большого количества крупногабаритного промышленного транспорта, а также расположение близ г. Хромтау крупной узловой железнодорожной станции.

**Выводы.** В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Территория Хромтау-Донского промузла в настоящее время является ареалом глубоко измененной природы. Почвенный покров здесь подвергся радикальному преобразованию и в реальной действительности представляет собой сложную техногенную геосистему, состоящую из сочетания многочисленных антропогенных модификаций почв и искусственных почвоподобных образований.

2. Наиболее характерным и экологически значимым процессом техногенного преобразования почв территории исследования является химическое загрязнение (в первую очередь тяжелыми металлами), которое проявляется уже на стадии морфологического описания разрезов и охватывает в той или иной степени практически всю территорию Хромтау-Донского промузла.

3. К характерным признакам техногенной трансформации почв относятся следующие: увеличение, по сравнению с естественными зональ-

ными почвами, степени пространственной неоднородности почвенного покрова и вариабельности почвенных свойств, возникающих в результате сложного сочетания процессов природной самоорганизации и разнохарактерного техногенного воздействия.

4. Полученная в ходе исследований информация рассматривается в качестве предварительного ориентира для более объективной и научно обоснованной оценки экологического состояния почв и организации экологического мониторинга территории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берденов Ж.Г. Анализ техногенного загрязнения природной среды Актюбинской области // Теоретические и практические проблемы Географии: Матер. междунар. науч. конф., Астана, ЕНУ им. Л.М. Гумилёва. – Астана, 2014. – Ч. 3. – С. 121-126.
2. ГОСТ ISO 22036-2014. Качество почвы. Определение микроэлементов в экстрактах почвы с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии индуктивно связанной плазмы (ИСП-АЭС). – М.: Стандартинформ, 2015. – 27 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). – М.: Колос, 1973. – 335 с.
4. Дубровская С.А. Эколого-геохимическое состояние почвенного и растительного покровов Орско-Новотроицкого промузла // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2012. – №4. – С. 40-45.
5. Климентьев А.И., Ложкин И.В., Трубин А.П. Функционально-экологический подход к изучению и экологической оценке почвенного покрова урбанизированных территорий (на примере г. Оренбурга и Орска) // Первая междунар. геоэколог. Конф.: Сборник материалов. – Тула, 2003. – С. 27-34.
6. Көшім А.Ғ., Сергеева А., Умирзакова Ж., Байдрахманова Г. Геоэкологическое состояние месторождения Хромтау и ее картографирование по разновременным космоснимкам Landsat // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2015. – №2 (41). – С. 308-314.
7. Программа развития моногородов на 2012-2020 годы, утвержденная Постановлением Правительства РК от 25 мая 2012 года №683 [Электрон. ресурс]. – URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31203906#pos=0;0](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31203906#pos=0;0) (дата обращения: 20.03.2017)
8. Строганова М.П., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Почвоведение. – М.: МГУ, 1997. – 275 с.

9. Хомяков Д.М. Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидации. – М.: МГУ, 2011. – 272 с.

Поступила 9.04.2018

Докторы PhD

Ж.Г. Берденов

Г.Е. Мендыбаева

Биол. ғылымд. канд.

Г.М. Атаева

Геогр. ғылымд. канд.

Н.Б. Казангапова

## **ХРОМТАУ-ДОН ӨНЕРКӘСІПТІК БӨЛІМШЕНІН ТОПРАҚТЫҢ ЭКОЛОГИЯ-ГЕОХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ**

**Түйінді сөздер:** техногендік жүктеме, топырақ, топырақ профилі, ауыр металдар

*Мақалада топырақтың морфологиялық, физико-химиялық қасиеттерін бейімделу заңдылықтары және оларды тау-кен өнеркәсібінің және урбогенді жүктемелердің әсерімен трансформациялау зерттелді. Аймақтың артқы топырақтарынан күрт айырмашылығы бар топырақ профилдерінің экологиялық-геохимиялық құрылымын қайта құрудың негізгі түрлері анықталды. Зерттеу саласында негізгі бағыттар салынды. Негізгі учаскелерде әртүрлі горизонттардан топырақтың іріктелуі үшін топырақ шұңқырлары құрастырылған компоненттерді кейінгі химиялық талдау үшін салынды. Зерттеу нәтижелері бойынша топырақтың үш тобы анықталды және негізгі қорытындылар жасалды.*

Berdenov Zh.G., Mendibayeva G.E., Atayeva G.M., Kazangapova N.B.

## **ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ANALYSIS OF THE SOIL COVER OF THE CHROMTAU-DON INDUSTRIAL NODE**

**Keywords:** technogenesis, soil, soil profile, heavy metals

*In the scientific article, the regularities of the profile distribution of the morphological, physico-chemical properties of soils and their transformation under the influence of the mining industry and urbogenic loads have been studied. The main types of rearrangements of the ecological-geochemical structure of soil profiles, which differ sharply from the background soils of the region, are revealed. In the field of research, key areas were laid. At key sites, soil pits were laid for soil sampling from various horizons, for subsequent chemical analysis of constituent components. According to the results of the study, three groups of soils were identified, and the main conclusions were drawn.*

УДК 910.3 631.41 (574.1)

Канд. с.-х. наук Т.К. Салихов<sup>1</sup>

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАРАГАШСКОГО СЕЛЬСКОГО ОКРУГА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, почвенный покров, темно-каштановые почвы, сельский округ

*Рациональное использование и охрана почв в рыночных условиях требует адекватного применения новых подходов. Одним из таких системно-аналитических способов организации почвенного кадастра является сочетание традиционных наземных методов с технологиями геоинформационных систем (ГИС) на базе широкого использования аэрокосмических изображений разного разрешения. В результате исследований, разработана практически доступная для широкой аудитории пользователей ГИС методика составления почвенной карты с помощью программного продукта ArcGIS. С применением ГИС-технологии разработана цифровая почвенная карта на основе сканированных почвенных карт Карагашского сельского округа Западно-Казахстанской области.*

Почвы являются важнейшим компонентом природных и биологических ресурсов любого государства, определяют социально-экономическое богатство страны и сильно влияет на политические отношения. При этом почва рассматривается как важнейшая часть окружающей природной среды, характеризующейся определенными природными (пространство, растительность и др.), социально-экономическими (средство производства, ценность и др.), производственными (предмет, орудие и средство труда, средство производства и др.) характеристиками. Полная и достоверная информация о почвах, включая их количественные и качественные характеристики, должна обеспечить возможность принятия органами исполнительной власти обоснованные решения по развитию конкретных территорий и страны в целом. Поэтому, постоянно растет потребность в объективной и систематизированной информации о почвенных ресурсах страны. Последнее диктует необходи-

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

мость создания принципиально иной системы учета, оценки и мониторинга почвенными ресурсами, отличающейся от управления другими видами материальных ресурсов.

Создание современной картографической основы традиционными наземными методами потребует нескольких десятилетий и огромных финансовых вложений. Решением данной проблемы является интеграция усилий ведомств так или иначе связанных с производством картографической продукции. Одной из составляющих сокращения сроков является переход на новые технологии в картографо-геодезическом производстве. Это и переход в геоцентрическую систему координат (на автономные методы спутниковых координатных определений) и создание ГИС с использованием цифровой картографии. Внедрение этих технологии позволит сократить как сроки, так и объемы финансовых вложений примерно в два раза [6].

Рациональное использование и охрана почв в рыночных условиях требует адекватного применения новых научно-методических сопровождений. Одним из таких системно-аналитических способов организации почвенного кадастра является сочетания традиционных наземных методов с технологиями геоинформационных систем (ГИС) на базе широкого использования аэрокосмических изображений разного разрешения. Такой подход лежит в основе аграрных геоинформационных систем развитых стран мира [1, 4, 5], где почвы являются основной подсистемой этого информационного продукта. Развитие научных исследований в этом направлении соответствует требованиям Государственной программы по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан и Программы развития космической деятельности в Республике Казахстан.

Цель исследования – изучение почвенного покрова и разработка почвенной карты Карагашского (Новопетровского) сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области на основе применения ГИС-технологий для решения перспективных задач мониторинга земельных ресурсов и развития агробиоиндустрии.

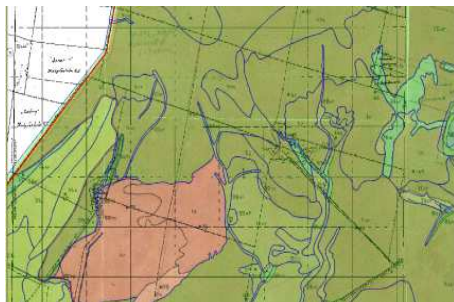
**Материалы и методы исследований.** Для проведения крупномасштабных почвенных изысканий придерживались, соответствующих методических рекомендаций [2, 7]. Физико-химические параметры почв изучались общепринятыми методами [3, 8]. Для топографо-геодезических работ использованы бумажные почвенные карты разного масштаба – от 1:100 000 до 1:25 000 (для поиска и выделения эталонных участков). Разработка крупномасштабной почвенной карты с применением ГИС-



технологий осуществляли на основе программного продукта ArcGIS с использованием отсканированных бумажных карт и аэрофотопланов.

На этих территориях нами проведены исследования почвенного покрова на основе геосистемного подхода и новых информационных технологий. Карта создается на основе фрагмента подложки почвенной карты и фотоплана, и производится с помощью ArcGIS. После установки этого программного продукта на компьютер запускается ArcGIS. Следующим шагом является использование подложки почвенной карты и фотоплана. Для того чтобы подгрузить шейп файл, в окне Data Source Types выбирают Feature Data Source. Для этого запускают приложение программы ArcGIS – ArcCatalog. При создании почвенной карты для отображения почвенного слоя используются две атрибутивные таблицы (Attributes таблица и Sitr dbf таблица).

Для непосредственного создания того или иного полигона почв из подложки почвенной карты и фотоплана (рис. 1) щелкните кнопку инструмента Draw Rectangle, в ниспадающем списке выбирают инструмент, наиболее подходящий для прорисовки (отцифровки) данного объекта.

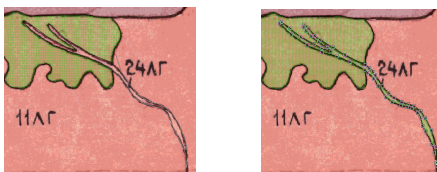


*Рис. 1. Сканированная почвенная карта для создания полигонов почв.*

При создании же соседних почвенных ареалов и вообще при дальнейшем процессе создания почвенной карты нужно использовать инструмент автополигон

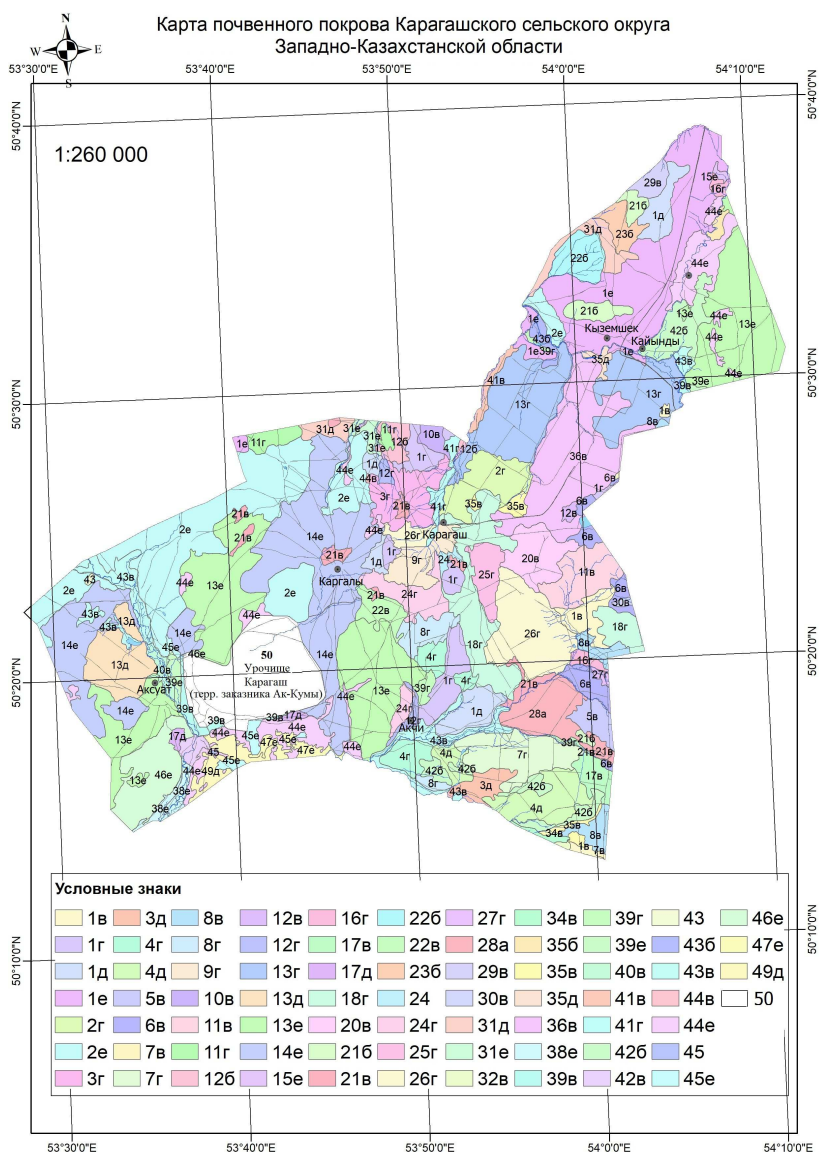


(рис. 2), что очень удобно.



*Рис. 2. Использование инструмента для создания полигона почвы.*

На рис. 3 приведена разработанная почвенная карта Карагашского сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области, которая была создана с применением вышеописанной методики на основе сканированных почвенных карт.



*Рис. 3. Почвенная карта Карагайского сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области.*

Таблица

Легенда к почвенной карте Карагайского сельского округа

№	Мех. состав	Название почвы
1в	с	темно-каштановые среднесуглинистые
1г	лс	темно-каштановые среднесуглинистые
1д	сп	темно-каштановые среднесуглинистые

№	Мех. состав	Название почвы
1е	п	темно-каштановые среднемощные песчаные
2г	лс	темно-каштановые среднемощные с лугово-каштановыми 20...30 %
2е	п	темно-каштановые среднемощные с лугово-каштановыми 20...30 %
3г	лс	темно-каштановые среднемощные с солонцами каштановыми солончаковатыми 10...20 %
3д	сп	темно-каштановые среднемощные с солонцами каштановыми солончаковатыми 10...20 %
4г	лс	темно-каштановые среднемощные с солонцами каштановыми мелкими и средними солончаковатыми 30...50 %
4д	сп	темно-каштановые среднемощные с солонцами каштановыми мелкими и средними солончаковатыми 30...50 %
5в	с	темно-каштановые карбонатные среднемощные с лугово-каштановыми 20...30 %
6в	с	темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные
7г	лс	темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные с солонцами мелкими солончаковатыми 20...30 %
7в	с	темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные с солонцами мелкими солончаковатыми 20...30 %
8в	с	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные
8г	лс	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные
9г	лс	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные с темно-каштановыми карбонатно-солонцеватыми среднемощными солончаковатыми 20...30 %
10в	с	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные с солонцами мелкими солончаковатыми 10...20 %
11в	с	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные с солонцами каштановыми мелкими и средними солончаковатыми 20...30 %
11г	лс	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные с солонцами каштановыми мелкими и средними солончаковатыми 20...30 %
12б	тс	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные тяжелосуглинистые с солонцами мелкими солончаковатыми 30...50 %
12в	с	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные с солонцами мелкими солончаковатыми 30...50 %
12г	лс	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные с солонцами мелкими солончаковатыми 30...50 %
13г	лс	темно-каштановые маломощные
13д	сп	темно-каштановые маломощные
13е	п	темно-каштановые маломощные
14е	п	темно-каштановые маломощные с песками бугристыми закрепленными 20...30 %

№	Мех. состав	Название почвы
15е	п	темно-каштановые маломощные с луговыми карбонатными 20...30 %
16г	лс	темно-каштановые маломощные слабозащебененные с темно-каштановыми карбонатными слабосмытыми слабозащебененными 20...30 %
17в	с	темно-каштановые маломощные карбонатные слабозащебененные
17д	сп	темно-каштановые маломощные карбонатные слабозащебененные
18г	лс	темно-каштановые маломощные карбонатные слабозащебененные с темно-каштановыми карбонатными малоразвитыми среднезащебененными 20...30 %
20в	с	темно-каштановые карбонатные неполноразвитые с темно-каштановыми карбонатными малоразвитыми 20...30 %
21б	тс	темно-каштановые карбонатные малоразвитые солончаковатые среднезащебененные
21в	с	темно-каштановые карбонатные малоразвитые солончаковатые среднезащебененные
22б	тс	темно-каштановые карбонатные малоразвитые среднезащебененные с лугово-каштановыми карбонатными 20...30 %
22в	с	темно-каштановые карбонатные малоразвитые среднезащебененные с лугово-каштановыми карбонатными 20...30 %
23б	тс	темно-каштановые карбонатные малоразвитые солончаковатые среднезащебененные с выходами пород 30...50 %
24г	лс	темно-каштановые слабосмытые
25г	лс	темно-каштановые слабосмытые с темно-каштановыми среднесмытыми 30...50 %
26г	лс	темно-каштановые слабосмытые с лугово-каштановыми 20...30 %
27г	лс	темно-каштановые слабосмытые среднесолонцеватые
28д	сп	темно-каштановые слабосмытые среднесолонцеватые с солонцами мелкими солончаковатыми 20...30 %
29в	с	темно-каштановые карбонатные слабосмытые
30в	с	темно-каштановые карбонатные слабосмытые с темно-каштановыми карбонатными среднесмытыми 20...30 %
31д	сп	темно-каштановые слабодефлированные
31е	п	темно-каштановые слабодефлированные
32в	с	каштановые с солонцами каштановыми с солонцами мелкими и средними солончаковатыми до 10 %
33д	сп	каштановые маломощные карбонатные
34в	с	каштановые среднесолонцеватые с солонцами мелкими и средними солончаковатыми 30...50 %
35в	с	лугово-каштановые
35д	сп	лугово-каштановые

№	Мех. состав	Название почвы
35е	п	лугово-каштановые
36в	с	лугово-каштановые солонцеватые
37б	тс	лугово-каштановые намытые
37в	с	лугово-каштановые намытые
38е	п	луговые
39в	с	луговые карбонатные
39д	лс	луговые карбонатные
39е	п	луговые карбонатные
40в	с	луговые карбонато-солончаковатые
41б	тс	солонцы мелкие солончаковатые
41г	лс	солонцы мелкие солончаковатые
42б	тс	солонцы мелкие солончаковые и солончаковатые с лугово-каштановыми солонцеватыми 20...30 %
42в	с	солончаки луговые
43б	тс	солончаки луговые
44в	п	пески бугристые закрепленные
44е	п	пески бугристые закрепленные
45е	п	пески равнинные закрепленные
46е	п	пески бугристые закрепленные с песками равнинными закрепленными 20...30 %
47е	п	пески равнинные закрепленные с песками бугристыми закрепленными 20...30 %
49д	сп	темно-каштановые маломощные карбонатные с солонцами мелкими карбонатными 10...20 %
50	п	урочище Карагаш территория областного заказника Ак-Кумы

На основании исследования можно сделать следующие выводы:

- для повышения качества генерализованных карт (районных, областных и прочих) необходимо создание объективных автоматизированных методов генерализации карт в цифровой среде;

- в результате исследований автора, разработана простая и в тоже время практически доступная для широкой аудитории пользователей ГИС методика составления цифровой почвенной карты с помощью программного продукта ArcGIS. Для составления карты можно пользоваться любыми отсканированными картографическими основами, фотопланами, а при наличии и другими растровыми материалами. И в качестве доказательства работоспособности, с ее помощью в последующем будет создана крупномасштабная почвенная карта Чингирлауского района Западно-Казахстанской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алипбеки О.А. Разработка и внедрение электронного сельского хозяйства путь к повышению конкурентоспособности аграрного производства Казахстана // Сб. матер. междунар. научно-практич. конф. «Повышение конкурентоспособности сельскохозяйственного производства Казахстана: проблемы и пути решения». – Алматы: Агроуниверситет, – 2007. – С. 14-17.
2. Алтаев Ж. ГИС и земельный кадастр Казахстана // ArcReview, 2003. – № 2 (25) – [[http://dataplus.ru/Arcrev/Number\\_25/2\\_Kazah.htm](http://dataplus.ru/Arcrev/Number_25/2_Kazah.htm)].
3. Алтаев Ж.С. ГИС и земельный кадастр Казахстана – 2. Навсегда? // ArcReview, 2005. – № 2 (33) – [[http://dataplus.ru/Arcrev/Number\\_33/Index.htm](http://dataplus.ru/Arcrev/Number_33/Index.htm)].
4. Есполов Т.И., Алипбеки О.А., Сейфуллин Ж.Т. О разработке агрогеоинформационной системы Казахстана: постановка проблемы // Исследования. Результаты. – 2006. – №6. – С. 3-8.
5. Есполов Т.И., Алипбеки О.А., Кешуов С.А. О проблеме устойчивого развития агроресурсов и фондов //Матер. междунар. научно-практ. конфер., посвященная 70-летию заслуженного работника с/х РК Байжуманова А.Б. – Алматы: Бастау, 2008. – С. 4-6.
6. Оспанов А., Дюсенбеков З. Земельные ресурсы и земельная реформа в Республике Казахстан. – Астана. АУЗР, 2001. – 352 с.
7. Салихов Т.Қ. Топырақтану: оқулық /Алматы: «Эверо» баспасы, 2016. – 457 бет.
8. Салихов Т.К. Современное состояние плодородия почвенного покрова геозкосистем Лубенского сельского округа // Вестник Казахско-Британского технического университета. – 2017. – № 1. – С. 52-55.

Поступила 14.05.2018

Ауыл.-шар. ғылымд. канд.      Т.К. Салихов

### **ҒАЖ-ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ ҚАРАҒАШ АУЫЛДЫҚ ОКРУГІНІҢ ТОПЫРАҚ ЖАМЫЛҒЫСЫН ЦИФРЛЕУ**

**Түйін сөздер:** геоакпараттық жүйелер, топырақ жамылғысы, күнгірт кара қоңыр топырақ, ауылдық округ

*Қазіргі нарықтық жағдайда топырақты тиімді пайдалану және қорғау жаңа ғылыми-әдістемелік тәсілдер қолдану талап етуде. Осындай жүйелі-аналитикалық тәсілдерін арқылы топырақ*

кадастрын ұйымдастыру үшін дәстүрлі жерүсті әдістерімен геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) технологияларын үйлестіру үшін әр түрлі аэроғарыштық суреттерді кеңінен пайдалану қажет. Зерттеу нәтижесінде қол жетімді кен аудитория пайдаланушыларға ГАЖ арқылы жасау әдістемесі жүзінде топырақ картасының ArcGIS бағдарламалық өнімі көмегімен жасалынды. ГАЖ-технологиясын қолдану арқылы Батыс Қазақстан облысы Қарағаш ауылдық округінің сандық топырақ картасы сканерленген топырақ картасы негізінде құрастырылды

Salikhov T.K.

### **DIGITIZATION OF THE SOIL COVER OF THE KARAGASH RURAL DISTRICT OF THE WEST KAZAKHSTAN REGION BASIS ON THE APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES**

**Key words:** geographic information systems, soil cover, dark chestnut soils, rural district

*Rational use and protection of soils in market conditions requires adequate application of new scientific and methodological approaches. One of these systems-analytical methods of soil inventory organization is combination of traditional ground methods with technologies of geographic information systems (GIS) based on wide use of aerospace images of different resolutions. As a result of the research, a method of soil mapping using ArcGIS software was developed that is practically accessible to a wide audience of GIS users. Using GIS technology, a digital soil map based on scanned soil maps of Karagash rural district in West Kazakhstan region was developed.*

УДК 910.3:631.4 (574)

Канд. с.-х. наук

Т.К. Салихов<sup>1</sup>

Т.С. Салихова<sup>1</sup>

## ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА АРДАКСКОГО СЕЛЬСКОГО ОКРУГА ЗАПАДНО- КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ключевые слова:** ГИС-картографирование, почвенная карта, почвенный покров, сельский округ

*В результате работы сформированы тематические карты и атрибутивные базы данных ГИС почв. В результате исследований на основе ГИС-технологий разработана цифровая почвенная карта Ардакского сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области с помощью программного продукта ArcGIS.*

Индустриально-инновационная стратегия, направленная на диверсификацию экономики нашей страны определяет приоритетные наукоемкие, экологически чистые, энерго- и ресурсосберегающие технологии и производства. Успешное и эффективное развитие невозможно без получения новых фундаментальных знаний и создания научно-теоретических основ новых технологий, которые позволят стать конкурентно способными на мировом рынке промышленного и сельскохозяйственного производства.

**Состояние почвенного покрова Казахстана.** Территория Казахстана характеризуется сложным и разнообразным почвенным покровом, который подчинен определенным географическим закономерностям. Богатейшие почвенные ресурсы республики изучены далеко не полно, не равномерно и используются еще недостаточно рационально. Современное состояние, дальнейшее расширение и интенсификация сельского хозяйства Казахстана находится в тесной зависимости от правильного использования его почвенного покрова [3].

Современная оценка почв является актуальной для развития государства и общества, так как обеспечивает информацией об учете географического распределения, о стоимости почв, о рациональном использовании, об охране и планировании использования почв.

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан



Почвы как географические объекты распределяются по известным закономерностям по поверхности Земли. Тематическое картирование почв при наличии опыта аналитика может выполняться в автоматизированном режиме. В то же время следует подчеркнуть, что технологии ГИС могут максимально облегчить учет и картирование почв, но не могут заменить полностью интеллектуальный потенциал почвовед-исследователя и традиционные методы. Традиционные полевые, камеральные и лабораторные методы исследования почв являются фундаментом, на котором развиваются геоинформационные и космические технологии, способствуя автоматизации процессов учета и картирования почвенного покрова.

Кроме того, когда идет формирование общества, основанного на рыночных отношениях, особую актуальность приобретает размещение производительных сил, благодаря которым происходит рациональное использование ресурсов почвенного покрова [4].

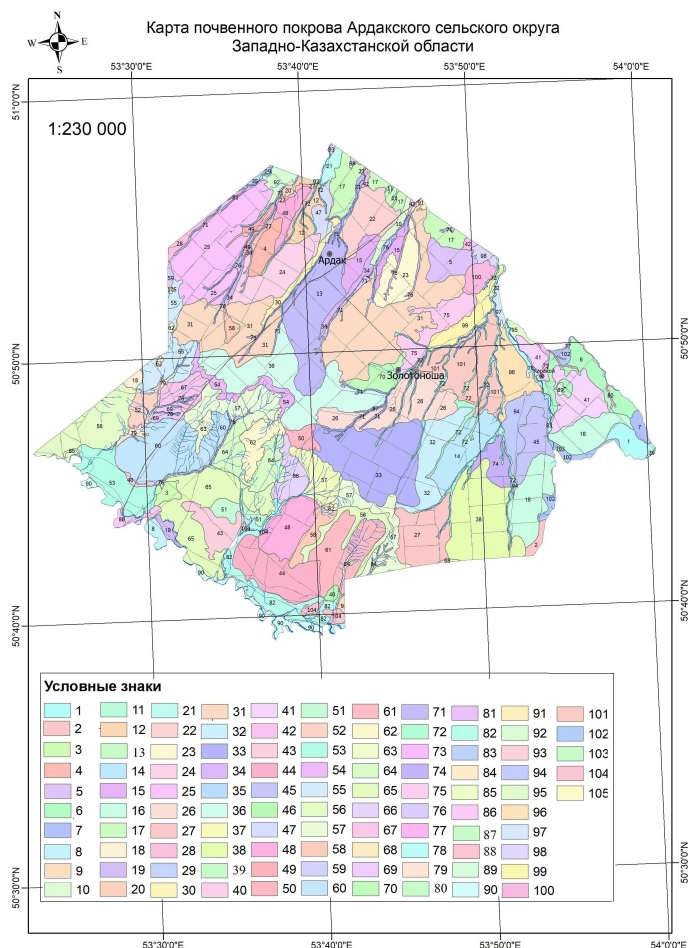
**Цель исследования** – изучение почвенного покрова и составление почвенной карты Ардакского (Полтавского) сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области на основе применения ГИС-технологий для решения перспективных задач мониторинга земельных ресурсов и развития агробиоиндустрии.

**Материалы и методы исследований.** Для проведения крупномасштабных почвенных изысканий придерживались соответствующих методических рекомендаций [1, 2]. Физико-химические параметры почв изучались общепринятыми методами [5-8]. Для топографо-геодезических работ использованы бумажные почвенные карты разного масштаба – от 1:100 000 до 1:50 000 (для поиска и выделения эталонных участков). Разработку крупномасштабной почвенной карты с применением ГИС-технологий осуществляли на основе программного продукта ArcGIS с использованием отсканированных бумажных карт и аэрофотопланов.

На этих территориях проведены исследования почвенного покрова на основе геосистемного подхода и новых информационных технологий (рис. 1). В настоящем систематическом описании выделены почвенные подразделения, которые были встречены на территории Ардакского сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области. Подробные диагностические показатели даны для наиболее распространенных почвенных разновидностей в пределах исследуемой территории. Указаны характерные морфологические генетические признаки почвенного покрова, основанные на имеющихся данных полевых исследований и камеральной обработки.

На исследуемой территории в структуре почвенного покрова формируются темно-каштановые почвы в комплексе с различными почвенными сочетаниями. Они формируются в условиях сухостепной зоны, при непромывном типе водного режима, под типчако-злаковым, разнотравно-злаково-полынным, мятликово-шагировым, тырсово-злаково-полынным, таволгово-злаковым с полынью, караганово-злаковым, солянково-полынно-солянковым, чиево-однопестичным и сарсазановым растительным сообществам, на лессовидных суглинках.

На рисунке представлена почвенная карта Ардакского сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области, которая была создана авторами с применением вышеописанной методики на основе сканированных карт в соответствии с легендой в таблице.



*Рис. Почвенная карта Ардакского сельского округа Чингирлауского района Западно-Казахстанской области.*

## Легенда к почвенной карте Ардакского сельского округа

№	Мех. состав	Название почвы
1	с	темно-каштановые среднесиловые
2	сп	темно-каштановые среднесиловые
3	п	темно-каштановые среднесиловые
4	лг	темно-каштановые среднесиловые с темно-каштановыми слабосиловыми 10...30 %
5	лг	темно-каштановые среднесиловые с темно-каштановыми карбонатными среднесиловыми до 10 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми 30...50 %
6	с	темно-каштановые среднесиловые с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 % и с солонцами каштановыми мелкими 10...30 %
7	лс	темно-каштановые среднесиловые с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 % и с солонцами каштановыми средними 10...30 %
8	с	темно-каштановые малосиловые
9	п	темно-каштановые малосиловые
10	тс	темно-каштановые слабосиловые
11	с	темно-каштановые слабосиловые с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
12	лг	темно-каштановые слабосиловые с солонцами каштановыми мелкими 10...30 %
13	лг	темно-каштановые слабосиловые с темно-каштановыми карбонатными среднесиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми 10...30 %
14	лг	темно-каштановые слабосиловые с темно-каштановыми карбонатными слабосиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми до 10 %
15	лг	темно-каштановые слабосиловые с темно-каштановыми солончаковыми среднесиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
16	лс	темно-каштановые слабодефлированные
17	лг	темно-каштановые карбонатные среднесиловые
18	тс	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с темно-каштановыми карбонатными слабосиловыми 10...30 %
19	с	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с темно-каштановыми солончаковыми 10...30 %
20	тс	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с солонцами каштановыми корковыми 10...30 %

№	Мех. состав	Название почвы
21	лг	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с солонцами каштановыми мелкими до 10 %
22	лг	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с темно-каштановыми среднесиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
23	лг	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с темно-каштановыми слабосиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми до 10 %
24	лг	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с темно-каштановыми карбонатными слабосиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
25	лг	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с темно-каштановыми карбонатно-солончаковыми среднесиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми карбонатными среднесиловыми 10...30 %
26	лг	темно-каштановые карбонатные среднесиловые с темно-каштановыми карбонатно-солончаковыми слабосиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
27	лг	темно-каштановые карбонатные слабосиловые
28	лг	темно-каштановые карбонатные слабосиловые с темно-каштановыми карбонатными среднесиловыми 10...30 %
29	тс	темно-каштановые карбонатные слабосиловые с темно-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
30	г	темно-каштановые карбонатные слабосиловые с солонцами каштановыми мелкими 10...30 %
31	лг	темно-каштановые карбонатные слабосиловые с темно-каштановыми карбонатно-солончаковыми среднесиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
32	лг	темно-каштановые карбонатные слабосиловые с темно-каштановыми карбонатно-солончаковыми среднесиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми карбонатными среднесиловыми 10...30 %
33	лг	темно-каштановые карбонатно-солончаковые с темно-каштановыми солончакowymi 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
34	лг	темно-каштановые карбонатно-солончаковые слабосиловые
35	тс	темно-каштановые карбонатно-солончаковые слабосиловые с лугово-каштановыми среднесиловыми 10...30 %
36	лг	темно-каштановые карбонатно-солончаковые слабосиловые с темно-каштановыми карбонатными среднесиловыми 10...30 % и с лугово-каштановыми среднесиловыми до 10 %

№	Мех. состав	Название почвы
37	лг	темно-каштановые карбонатно-солончаковатые слабосмытые с темно-каштановыми карбонатными среднемощными до 10 % и с лугово-каштановыми карбонатными среднемощными 10...30 %
38	лг	темно-каштановые карбонатно-солончаковатые слабосмытые с темно-каштановыми карбонатно-солончаковатыми среднемощными 10...30 % и с лугово-каштановыми карбонатными среднемощными 10...30 %
39	тс	темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные
40	сп	темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные
41	сп	темно-каштановые слабосолонцеватые среднемощные слабодефлированные
42	тс	темно-каштановые среднесолонцеватые среднемощные с солонцами каштановыми мелкими 10-30%
43	п	темно-каштановые среднесолонцеватые маломощные
44	п	темно-каштановые среднесолонцеватые маломощные с темно-каштановыми сильносолонцевато-солончаковатыми среднемощными 10...30 % и с песками грядово-бугристыми полузакрепленными 10...30 %
45	лс	темно-каштановые среднесолонцеватые слабодефлированные
46	п	темно-каштановые сильносолонцевато-солончаковатые среднемощные
47	лг	темно-каштановые солончаковатые среднемощные
48	лг	темно-каштановые солончаковатые среднемощные с лугово-каштановыми среднемощными 10...30 %
49	лг	темно-каштановые солончаковые
50	лг	темно-каштановые солончаковые с лугово-каштановыми среднемощными до 10 %
51	лс	темно-каштановые остаточно-карбонатные с темно-каштановыми среднемощными 10...30 %
52	тс	темно-каштановые остаточно-карбонатные с солонцами каштановыми мелкими 30...50 %
53	г	темно-каштановые остаточно-карбонатные с темно-каштановыми карбонатно-солончаковатыми среднемощными 10...30 % и с лугово-каштановыми карбонатными среднемощными до 10 %
54	лг	темно-каштановые неполноразвитые с темно-каштановыми малоразвитыми 10...30 %
55	лг	темно-каштановые малоразвитые
56	с	темно-каштановые малоразвитые
57	г	темно-каштановые малоразвитые с лугово-каштановыми карбонатными среднемощными 10...30 %

№	Мех. состав	Название почвы
58	лг	темно-каштановые малоразвитые с лугово-каштановыми карбонатными среднетощими 10...30 %
59	тс	темно-каштановые малоразвитые с лугово-каштановыми карбонатными среднетощими 10...30 %
60	с	темно-каштановые малоразвитые с лугово-каштановыми карбонатными среднетощими 10...30 %
61	с	темно-каштановые малоразвитые с лугово-каштановыми мало-развитыми 10...30 %
62	лг	темно-каштановые малоразвитые с выходами плотных пород 30...50 %
63	тс	темно-каштановые малоразвитые с выходами плотных пород 30...50 %
64	с	темно-каштановые малоразвитые
65	с	темно-каштановые малоразвитые
66	лг	темно-каштановые малоразвитые с темно-каштановыми среднетощими 10...30 % и с лугово-каштановыми карбонатными среднетощими 10...30 %
67	лг	темно-каштановые малоразвитые с солонцами каштановыми средними 10...30 % и с лугово-каштановыми среднетощими до 10 %
68	г	темно-каштановые примитивные с темно-каштановыми карбонатными среднетощими 10...30 %
69	с	темно-каштановые среднесмытые
70	лг	темно-каштановые среднесмытые с лугово-каштановыми среднетощими 10...30 %
71	лг	лугово-каштановые среднетощие
72	тс	лугово-каштановые среднетощие
73	с	лугово-каштановые среднетощие
74	с	лугово-каштановые среднетощие с темно-каштановыми среднетощими 10...30 % и с солонцами каштановыми корковыми 10...30 %
75	лг	лугово-каштановые среднетощие с темно-каштановыми среднетощими 10...30 % и с солонцами каштановыми корковыми 10...30 %
76	лг	лугово-каштановые карбонатные
77	сп	лугово-каштановые карбонатные
78	п	лугово-каштановые карбонатные
79	тг	лугово-каштановые карбонатные с темно-каштановыми мало-развитыми 10...30 %
80	с	лугово-каштановые сильносолонцевато-солончаковатые среднетощие
81	лг	лугово-каштановые солончаковатые среднетощие

№	Мех. состав	Название почвы
82	сп	лугово-каштановые солончаковатые среднемощные с темно-каштановыми солончаковатыми среднемощными 10...30 % и с лугово-каштановыми солончаковатым 10...30 %
83	лг	лугово-каштановые солончаковые
84	тс	лугово-каштановые малоразвитые
85	тс	луговые каштановые
86	сп	луговые каштановые
87	лг	луговые каштановые солончаковые
88	сп	луговые каштановые солончаковые
89	с	луговые каштановые осолоделые
90	лг	пойменные луговые каштановые карбонатные
91	с	пойменные луговые каштановые остепненные
92	тс	солонцы каштановые корковые с темно-каштановыми среднемощными 10...30 %
93	тс	солонцы каштановые корковые с темно-каштановыми карбонатно-солончаковатыми среднемощными 10...30 %
94	тс	солонцы каштановые корковые с темно-каштановыми среднемощными 10...30 % и с лугово-каштановыми среднемощными 10...30 %
95	тс	солонцы каштановые мелкие с темно-каштановыми среднемощными 10...30 %
96	лс	солонцы каштановые мелкие с темно-каштановыми среднемощными 10...30 %
97	тс	солонцы каштановые мелкие с темно-каштановыми слабосолонцеватыми среднемощными 10...30%
98	тс	солонцы каштановые мелкие с темно-каштановыми среднесолонцеватыми среднемощными 10...30 %
99	тс	солонцы каштановые мелкие с темно-каштановыми солончаковатыми среднемощными 10...30 %
100	лг	солонцы каштановые мелкие с лугово-каштановыми карбонатными среднемощными 10...30 %
101	с	солонцы каштановые мелкие с темно-каштановыми среднемощными 10...30 % и с лугово-каштановыми среднемощными 10...30 %
102	тс	солонцы каштановые средние с темно-каштановыми среднемощными 10...30 % и с лугово-каштановыми среднемощными до 10 %
103	с	солончаки луговые
104	тс	солончаки луговые
105		выходы плотных пород

Совокупность информации, необходимой для картографирования структур почвенного покрова и их количественной оценки, описывается в базах данных ГИС. Интеграция данных реализуется через пространственную и атрибутивную составляющую в виде результатов топографической и тематических карт. При этом создание атрибутивных баз данных ГИС предполагает оцифровку тематических карт, привязанных в единой картографической проекции (в качестве которой служила топографическая карта масштаба 1:50 000). В результате работы сформированы тематические карты и атрибутивные базы данных ГИС: почвы.

Таким образом, в результате проведенных исследований выполнено картографирование почвенного покрова с привлечением традиционных наземных методов с технологиями геоинформационных систем (ArcGIS) на базе широкого использования аэрокосмических изображений разного разрешения. Это позволило охарактеризовать почвенные комбинации по их принадлежности к определенной генетико-геометрической форме, условиям залегания в рельефе, количественным показателям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтаев Ж.С. ГИС и земельный кадастр Казахстана // ArcReview. – 2003. – № 2 (25) – [http://dataplus.ru/Arcrev/Number\\_25/2\\_Kazah.htm](http://dataplus.ru/Arcrev/Number_25/2_Kazah.htm).
2. Алтаев Ж.С. ГИС и земельный кадастр Казахстана – 2. Навсегда? // ArcReview.– 2005. – № 2 (33) – [http://dataplus.ru/Arcrev/Number\\_33/Index.htm](http://dataplus.ru/Arcrev/Number_33/Index.htm).
3. Закон Республики Казахстан «О земле». // Казахстанская правда. – 2001. – 31 января.
4. Оспанов А. Земельные ресурсы и земельная реформа в Республике Казахстан. – Астана: Агентство по управлению земельными ресурсами, 2001. – 352 с.
5. Салихов Т.К. Практикум по почвоведению: учебное пособие – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2009. – 172 с.
6. Салихов Т.К. Характеристика и перспективы развития туризма на территории проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области // Вопросы географии и геоэкологии. – 2017. – № 1. – С. 71-80.
7. Salikhov T.K. The current state of soil fertility geoecosystems the West Kazakhstan // News of the Academy of Sciences of the Kazakhstan. – 2017. – No 2. – P. 252-256.



8. Salikhov T.K. The Field studies and monitoring soil on the territory of the planned State Nature Reserve «Bokeyorda» West Kazakhstan region // News of the Academy of Sciences of the Kazakhstan. – 2017. – No 4 (424). – P. 258-269.

Поступила 14.05.2018

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

## **БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ АРДАҚ АУЫЛДЫҚ ОКРУГІНІҢ ТОПЫРАҚ ЖАМЫЛҒЫСЫН ГАЖ-КАРТАГРАФИЯЛАУ**

**Түйін сөздер:** ауылдық округ, ГАЖ-картаграфиялау, топырақ жамылғысы, топырақ картасы

*Жұмыстың нәтижесінде ГАЖ-нің тақырыптық карталары және атрибуттік деректер базасы құрылды: топырақ. Зерттеу нәтижесілері ГАЖ технологиясына негізінде Батыс Қазақстан облысы Шыңғырлау ауданы Ардақ ауылдық округінің сандық топырақ картасы ArcGIS бағдарламалық өнімін қолдана отырып құрастырылды*

Salikhov T.K., Salikhova T.S.

## **THE GIS LAND-COVER MAPPING ARDAK RURAL DISTRICT IN WEST KAZAKHSTAN REGION**

**Key words:** GIS mapping, rural district, soil cover, soil map

*As a result, thematic maps and attribute databases of GIS: soils were formed. As a result of research, on the basis of GIS technology, a digital soil map of Ardak rural district of Chingirlau district in West Kazakhstan region with the help of ArcGIS software was developed.*

УДК 551.510.42

Канд. техн. наук

Д.К. Нусупов<sup>1</sup>

Канд. геогр. наук

Э.А. Турсунов<sup>1</sup>

## ИСКУССТВЕННЫЕ ГАЛЕЧНИКОВЫЕ ПЛЯЖИ, КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЗАЩИТЫ БЕРЕГА ОЗ. АЛАКОЛЬ ОТ РАЗРУШЕНИЯ

**Ключевые слова:** галечниковый пляж

*В статье обосновывается создание искусственных свободных галечниковых пляжей, как основного метода защиты берега от разрушения в районе п. Акчи и п. Коктума.*

Бассейн Алакольских озер занимает обширную территорию Юго-Восточного Казахстана и районов сопредельной территории КНР общей площадью 68700 км<sup>2</sup>. Бассейн делится на две основные резко различные части – горную (около 44 % всей площади) и равнинную (50 %). Сложная геология и орография рассматриваемого района с большой амплитудой высотных отметок (300...4107 м) обуславливают разнообразие и различие природно-климатических условий. Горная часть бассейна относится к двум орографическим и геологическим районам (провинциям) – Северного Тянь-Шаня (Джунгарскому Алатау) и Саур Тарбагатаю (Тарбагатай, Майлык, Барли). Алакольская впадина образует самостоятельный орографический район, а в природно-климатическом отношении относится к полупустынной зоне предгорных сухостепных равнин и пустынь Казахстана. Алакольская впадина – межгорный тектонический прогиб, заполненный толщей аллювиальных и горных отложений. Ее равнинная часть представляет собой дно, ранее существовавшего еще в верхнечетвертичное, а возможно и в более позднее время Балхаш-Алакольского, а затем Алакольского водоемов. Поверхность этого дна была позднее в значительной мере переработана в результате деятельности рек и ветра, а в центральной части осложнена новейшими тектоническими поднятиями по линии разлома блоковых структур.

Эти процессы рельефообразования и обусловили современное расположение и строение котловин Алакольских озер, являющихся, с точки зрения истории, впадинами, реликтами прежних, обширных водоемов. В

<sup>1</sup> ТОО «GeoTrack», г. Алматы, Казахстан

то же время современные озерные котловины – в значительной мере продукт развития и «жизнедеятельности» самих современных озер, их притоков и береговой растительности.

На территории Алакольской впадины насчитывается 529 озер, из них 513 с площадью зеркала более 1 км<sup>2</sup>. На долю четырех больших озер: Алаколь, Сасыкколь, Кошкарколь, Жаланашколь, занимающих центральную, наиболее пониженную зону впадины, приходится 95 % общей площади водного зеркала и более 99 % запасов воды всех озер (около 61,6 млрд. м<sup>3</sup>).

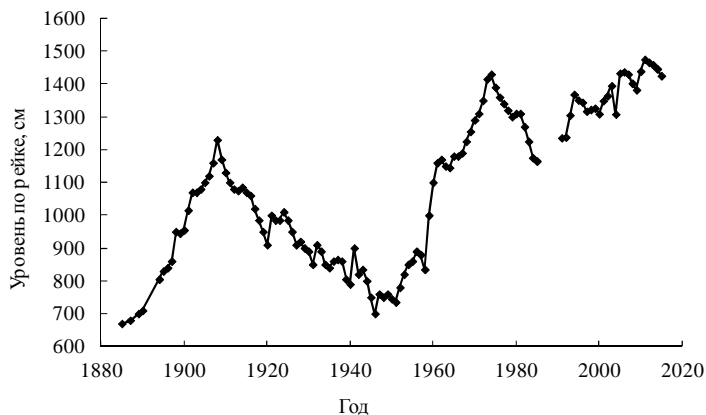
Наиболее глубокую часть впадины занимает главное озеро системы – глубоководное бессточное оз. Алаколь, сосредоточившее 95 % суммарной водной массы четырех больших озер. Выше по продольной оси впадины размещаются сточные (периодически проточные) мелководные озера: к северу – Кошкарколь и Сасыкколь, к югу – Жаланашколь, сбрасывающие излишки своих вод в оз. Алаколь.

Глубоководная зона озера в виде вытянутого с юго-востока на северо-запад неправильного овала площадью 1232,5 км<sup>2</sup> (41,4 % площади зеркала) занимает центральную и юго-восточную часть озера. С северо-запада, севера, северо-востока и востока она в виде подковы огибается мелководной зоной и островами Аралтюбе. Ширина этой зоны колеблется от 1 до 1,5 км в юго-восточной части и до 10...20 км в северо-западной части озера. Площадь мелководной зоны 1417,5 км<sup>2</sup> (58,6 %). Профундальная зона (глубина более 40 м) занимает юго-восточную часть глубоководной области с площадью 565 км<sup>2</sup> (21,4 %). Участок наибольших глубин (50...54 м) расположен к западу от о. Кишкине-Аралтобе. Северо-западная мелководная часть озера характеризуется пологими подводными склонами (1...2 м/км). В глубоководной юго-восточной части озерной котловины среднее падение склонов возрастает до 5...12,5 м/км.

В настоящее время озеро Алаколь переживает фазу трансгрессии. Колебания уровня озера, достигающие в многолетнем разрезе 5...6 м, сопровождаются значительными изменениями положения его береговой линии.

Колебания уровня воды оз. Алаколь за период наблюдений приведено на рис. 1. В течение периода наблюдений отмечался общий подъем среднегодового уровня. Исключение составили 1957 и 1963 гг., когда уровень снизился на 5...8 см. Общий подъем уровня за 26 лет составил 649 см. Средний годовой прирост – 30 см. Наиболее интенсивный подъем имел место в 1958...1961 гг., когда уровень за 4 года поднялся на 2,8 м. Наибольший подъ-

ем – 88 см наблюдался в 1960 г. Минимальный наблюдаемый среднемесячный уровень – 342,59 м (БС) наблюдался в январе 1949 г.



*Рис. 1. Изменение уровня воды оз. Алаколь с 1885 по 2015 годы.*

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

Юго-западный и юго-восточный берега озера сравнительно высокие (абразивного типа), приглубые высотой до 5...8 м. Берега сложены в основном суглинками, глинами, местами галечником. Донные отложения озера отличаются большим разнообразием. В прибрежной зоне распространены мелко- и среднезернистые пески, местами галька и гравий. Гравийно-галечниковые отложения приурочены к юго-западному, южному и юго-восточному абразивному берегу, где они образуются в результате разрушения берегового клифа и выносятся р. Жаманты. Со стороны озера эти отложения оконтуриваются более широкой полосой песков распространяющихся до глубин 10...12 м.

Ветровой режим оз. Алаколь характеризуется наличием местных ураганных ветров скоростью 50...60 м/с, северо-западного и юго-восточного направлений и сложным распределением поля ветра над водоемом. Специфический характер ветрового режима обуславливает и весьма пеструю картину волнения на акватории озера. По данным берегового

пункта наблюдений у п. Коктума, расположенного в слабо выраженном заливе глубоководной части озера с приглубым берегом (глубина у волномерной вехи 6,21 м), максимальная высота волны в октябре-ноябре достигает 2,5 м или 5 баллов. В летний период май – сентябрь, высота волны находится в пределах 1,0...1,2 м. Наибольшая высоты волны (2,0...2,5 м) достигается при ветрах восточного направлений, длина разгона волны при которых составляет 32,4 км [2].

В последние десятилетия происходит интенсивное разрушение юго-западного берега, в результате чего возникла необходимость его защиты в районе расположения п. Акши и п. Коктума. Средняя скорость отступления береговой линии составляет около 7 м в год. Берег озера вплотную подступил к поселкам Акши и Коктума. В результате остро встал вопрос о необходимости проведения берегозащитных мероприятий.

Берегозащитные мероприятия должны обеспечивать минимальные нарушения в настоящем времени и будущем природных факторов в физическом и экологическом аспектах и эстетики литодинамической системы. При выборе типа, размеров и расположения берегозащитных сооружений в литодинамической системе должно учитываться не только достижение поставленной цели на защищаемом участке побережья, но также влияние проектируемых берегозащитных сооружений и мероприятий на примыкающие к нему участки побережья [3, 4].

Для выбора проектного решения, следует учитывать, что дно оз. Алаколь, сложено из мелкозернистых, глинистых песков, а ветровые волны короткие, соотношение их высоты к длине волны составляет 1:12. Как следствие, на любое берегозащитное сооружение, предназначенное для отражения волны, начинает воздействовать динамическая сила с определенной периодичностью от нескольких секунд при малых волнах до 6...7 секунд при максимальном волнении. В результате любое берегозащитное сооружение гравитационного типа (волнолом, буна или водобойная стенка) испытывают динамическое воздействие короткопериодных волн, что вызывает эффект разжижения под ними грунта. Сущность разжижения водонасыщенного песка состоит кратко в следующем. При динамическом воздействии песок приходит в движение, стремясь к интенсивному уплотнению, которое сопровождается выдавливанием излишней воды из его пор. В процессе этого гидродинамического эффекта зерна песка теряют свой вес и, как следствие, ослабляется и даже полностью пропадает трение между его частицами. Вся масса песка, лишенная трения, приобретает свойства

жидкой среды, которая растекается, вызывает всплытие расположенных в ней сооружений или наоборот способствует погружению лежащих на ней конструкций. Условия нарушения структуры песка определяются уравниванием состояния, которое зависит от пористости, напряжения и собственного веса песка, а также от действующей на него нагрузки, ускорения колебаний и градиента напора фильтрационного потока. В ряде случаев некоторые из этих многочисленных факторов имеют второстепенное значение и могут быть опущены. К сожалению, многие критерии, определяющие разжижение песчаных грунтов, еще мало изучены [1].

Именно этим эффектом разжижения песчаного грунта под основанием гравитационных сооружений объясняются неудачные попытки самостоятельно защитить берег оз. Алаколь, путем установки в зоне прибоя бетонных лотков (рис. 2), строительства водобойных стенок (рис. 3) и другие кустарные способы защиты своей территории в исполнении частных лиц [5].



*Рис. 2. Установка поливочных лотков для защиты от волн (февраль 2018 г. п. Акиш).*



*Рис. 3. Остатки водобойной стенки для защиты зоны отдыха п. Акиш (февраль 2018 г.).*

Исходя из выше изложенного, можно сделать однозначный вывод, что все берегозащитные сооружения, рассчитанные на прямое отражение морской волны (волноотбойные стены, волноломы, буны и т.д.), не смогут защитить берег оз. Алаколь от разрушения, дав в лучшем случае временный эффект. Вместе с тем, при более подробном изучении и анализе происходящих на оз. Алаколь природных процессов, формируется пляжный откос с уклоном приблизительно равным 1/50, что соответствует откосу песчаного пляжа. В результате действия волн происходит разрушение берега и перераспределение берегового материала по фракциям. Более крупные фракции откладываются непосредственно возле берега, образуя небольшой галечниковый пляж. Мелкие глинистые фракции, способные длительное время находится во взвешенном состоянии, уносятся береговыми течениями, а песчаные фракции образуют пляжный откос.

При сохранении нынешнего уровня воды окончательное переформирование береговой линии завершится в 150 м от современного уреза воды, на что потребуется порядка 20 лет. Таким образом, после образования песчаного пляжа процесс разрушения берега, при сохранении нынешнего уровня воды, остановится сам собой. Следует так же отметить, что очертания берега в устьевой части р. Жаманты, так же как и устьевые части других рек впадающих в оз. Алаколь, на протяжении последних 50-и лет остаются практически неизменными. Это объясняется большим количеством материала крупной фракцией выносимой рекой. Таким образом, если поставить в зону, подверженную волновому воздействию необходимое количество материала крупной фракции, то произойдет образование галечникового пляжа с профилем, обеспечивающим полное гашение энергии волн.

Искусственное пляжеобразование обеспечивается доставкой на защищаемый участок берега необходимых объемов материала. Далее их отсыпку в зоне действия штормовых волн и последующей переработкой волнами и течениями до достижения относительного динамического равновесия искусственного пляжа. В процессе переработки пляжеобразующий материал перераспределяется по площади прибойной зоны, окатывается и сортируется по крупности с более плотной укладкой. При отсыпке с берега может быть использован один из трех способов: сплошной бермой по всей длине защищаемого участка берега; одиночным, периодически пополняемым отвалом; группой рассредоточенных вдоль берега отвалов.

Расчет гранулометрического состава, необходимого для образования свободного галечникового пляжа, а так же необходимый объем пляжеобразующего материала будет предоставлен в следующей статье.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслов Н.Н. Условия устойчивости водонасыщенных песков. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – 328 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн озера Балхаш. Т. 13, вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 646 с.
3. СП 277.1325800.2016 Сооружения морские берегозащитные. Правила проектирования. – М.: Минстрой России, 2016. – 91 с.
4. СП 32-103-97. Проектирование морских берегозащитных сооружений. – М.: Корпорация «Транстрой», 1998. – 222 с.
5. Шафир И.Н. Причины повреждений портовых оградительных сооружений. – М.-Л.: Изд. Морской транспорт, 1950. – 360 с.

Поступила 29.06.2018

Техн. ғылымд. канд.      Д.К. Нусупов  
Геогр. ғылымд. канд.      Э.А. Турсунов

### **ЖАСАНДЫ ГАЛЕЧНИКОВЫЕ ЖАҒАЖАЙЛАР, ЕҢ ЭФФЕКТИВНЫЙ ҚОРҒАУ ТӘСІЛІ ЖАҒАДАН ОЗ. АЛАКӨЛ БҰЗЫЛУДАН**

**Түйінді сөздер:** галечниковый жағажай

*Мақаласында негізделді құру жасанды бос галечниковых жағажай негізгі әдісін қорғау жағалау ауданда п. Акчи және Көктұма бұзылудан.*

Nusupov D.K., Tursunov JA.A.

### **ARTIFICIAL PEBBLE BEACHES AS MOST EFFECTIVE METHOD OF THE ALAKOL' LAKE COASTAL PROTECTION**

**Keywords:** pebble beach

*Creation of artificial free pebble beach's as main method of a coastal protection for Akchi and Koktuma Settlements' Region is proved in article.*



УДК 556.16; 556.38

Доктор техн. наук А.Ш. Мамедов <sup>1</sup>  
И.А. Эйюбов <sup>2</sup>

## ПОДГОТОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАССЕЙНА ДАШАГЫЛЧАЙ

**Ключевые слова:** подземные воды, сток, искусственное наполнение, инфильтрационный бассейн, испарение, объем

*В статье предложены меры для устранения возникающих экологических проблем и восстановления грунтовых вод исследуемого района. Рассмотрены задачи сохранения экологического равновесия и предложены технические мероприятия для увеличения уровня грунтовых вод.*

*Современное состояние подземных вод в бассейне р. Дашагылчай проанализировано на основе наблюдений, проведенных в 2012...2015 гг. в 5-ти колодцах. Предлагается создать мелко-масштабные инфильтрационные бассейны.*

**Гидрологические особенности реки.** Река Дашагылчай формируется из ряда источников и поверхностных вод, образующихся на высоте 3000...4000 м Большого Кавказа. В районе деревни Ашагы Дашагыл приток Дагначай отделяется от Дашагылчая и впадает в оз. Аджинохур. Средняя ширина бассейна составляет 1,5 км, длина 46 км, средняя высота бассейна 1500 м. Максимальный уклон р. Дашагылчай находится в верхнем течении, где в нее втекает р. Бучаяр, и составляет 242‰. Гидроморфометрические параметры реки приведены в табл. 1. Река Дашагылчай, стекая с гор недалеко от деревни Мухас, из широкого потока образующегося конуса разделяется на свободные притоки [6].

На основе данных гидропоста вблизи деревни Баш Дашагыл средний годовой расход воды р. Дашагылчай составляет 2,94 м<sup>3</sup>/с (табл. 1). Наибольший расход воды наблюдался 24 июля 1985 г. – 93,0 м<sup>3</sup>/с. Максимальный приток воды наблюдается в мае-июне (50...70 %) (табл. 2) [6].

<sup>1</sup> Азербайджанское НПО по гидротехнике и мелиорации, г. Баку, Азербайджан;

<sup>2</sup> «Азерсу» ОАО НИИ «Суканал», г. Баку, Азербайджан

Таблица 1

Основные гидроморфометрические характеристики реки Дашагылчай

Средняя ширина бассейна, км	Средний уклон реки, ‰	Средний многолетний расход воды, м <sup>3</sup> /с	Средняя мутность, г/м <sup>3</sup>	Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	Длина реки, км
1,5	21,3	2,94	1400	120	46

Таблица 2

Среднемесячные значения притока и потребления воды в р. Дашагылчай за период 1991...2015 гг.

Месяц												Среднегодовые
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Q, м <sup>3</sup> /с												
2,40	1,60	1,90	3,86	4,78	4,49	3,48	3,11	3,18	2,70	2,10	1,70	2,94
R, кг/с												
0,53	0,73	0,86	4,9	28,5	20,6	7,9	6,7	6,6	2,5	2,8	0,99	6,4

**Климатические особенности бассейна.** Верхней части Дашагылчайского бассейна, на высоте 700...4000 м горного хребта Большого Кавказа, присущ климат горной тундры, зимой преобладает холод и повышенная влажность. В нижней части бассейна, в долине Ганых-Айричай умеренно теплый климат, с равномерным распределением осадков [2, 8].

Радиация на этой территории составляет 120...148 ккал/см<sup>2</sup>, годовой радиационный баланс составляет 15...55 ккал/см<sup>2</sup>. Средняя годовая температура воздуха колеблется в пределах 11,0...14,3 °С. Летом абсолютная максимальная температура воздуха составляет 40...41 °С. Среднегодовая абсолютная минимальная температура воздуха колеблется в пределах -10...-20 °С. Среднегодовая относительная влажность колеблется в пределах 60...80 %. В течение года испарение с поверхности воды в верхней части бассейна составляет 400...600 мм, а в нижней части – 600...800 мм. На высоте 400...800 м количество осадков в год составляет 600...900 мм, тогда как на средней и более высоте осадки бывают до 1200...1400 мм. Ежегодные осадки в горных районах увеличиваются до определенной высоты, а затем наблюдается их уменьшение [4, 7].

Характеристики основных элементов климата (температура воздуха, атмосферные осадки, испарение) приведены по данным наблюдения М Огуз (табл. 3).

Таблица 3

Среднегодовая температура и распределение осадков и испарения на  
М Огуз в период 1961...2015 гг.

Месяц												Средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
t, °C												
0,4	1,3	5,0	11,4	16,1	20,5	23,8	23,1	18,9	12,6	7,0	2,4	11,9
Осадки, мм												Год
44	45	64	85	101	106	86	56	71	77	82	59	876
Испарение, мм												Год
25	31	52	80	110	125	151	150	115	85	65	41	750

**Актуальность темы.** Для увеличения водоснабжения Ширванской области и других населенных пунктов Абшеронского полуострова, было предложено использовать более богатый ресурсами подземных вод регион Азербайджана, долину Ганых-Айричай.

Согласно техническому заданию Министерства бытовых и жилищно-коммунальных услуг Азербайджанской Республики от 28 декабря 1990 года № 01-19/766 с целью водоснабжения городов Баку, Сумгаита и других населенных пунктов Абшерона, совместно были проведены гидрогеологические исследования Государственным геологическим комитетом и НИИ «Азерсус-гео» под руководством Э.Г. Аскербейли. По результатам математического моделирования были определены перспективные водные территории в восточной части равнины, ограниченной на западе Дашагылчаем, на востоке Бумчаем и Захлычаем, на севере южными склонами Большого Кавказа, на юге хребтом Аджинохур. Длина рабочей зоны водозабора составила 40 км, ширина около 15 км, а площадь 600 км<sup>2</sup>. По результатам проведенных исследований подземных водных ресурсов долины Ганых-Айричай, с целью улучшения водоснабжения Баку и других населенных пунктов Абшеронского полуострова, в 2010 году был построен и введен в эксплуатацию водопровод «Огуз – Габала – Баку» мощностью 5,0 м<sup>3</sup>/с [12]. Схематический план водозаборных скважин Огуз – Габала – Баку приведен на рисунке.

Однако широкое использование подземных водных ресурсов может привести к снижению уровня грунтовых вод и некоторому ряду экологических проблем [3].

Одна из таких экологических проблем имеет место в Конье, Турция, где активно используются подземные воды. Таким образом, на равнинах Чумра, Эрегли, Чиханбейли, Агшехир, Юнак провинции Конье имеются большие запасы подземных вод, примерно на глубине 20...100 м.

В некоторых местах эти воды выходят на поверхность земли как артезианские [11].

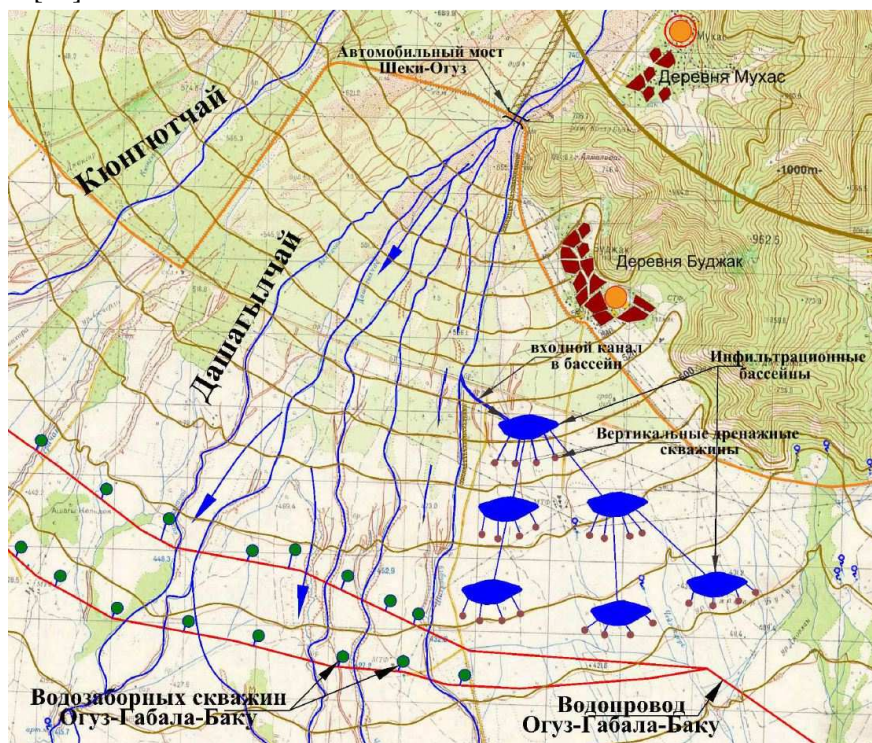


Рис. Схематический план водозаборных скважин Огуз – Габала – Баку и инфильтрационных бассейнов на конусе выноса реки Дашагылчай.

В результате использования в этих провинциях подземных вод для орошения и водоснабжения, уровень подземных вод за 33 года снизился до 14,3 м, а в некоторых районах до 70...80 м. В настоящее время аномальное падение уровня грунтовых вод в этом районе продолжается. В результате во многих частях провинции Конье естественная проточная вода и озера, питающиеся из подземных вод, полностью высохли. Наиболее характерной особенностью этого является полная осушка озера Аг-шир, которое питалось подземными водами.

Снижение уровня грунтовых вод в бассейне р. Конье, на долю которого приходится 40 % общих подземных вод Турции, за последние 20 лет уменьшило уровень воды в озерах Туз, Бейсейхир, Боллук, Кулу и Дюден.

Согласно исследованиям Мехмета Кайхана и Йылдыза Мехмета, в коре было сформировано более 100 склонов в результате снижения уровня грунтовых вод в бассейне Гарапинар провинция Конье [11].

Учитывая опыт соседей, использование подземных водных ресурсов в нашей стране (в долине Каних-Айричай) должно быть максимально

осторожным. В противном случае широкое использование подземных вод может вызвать вышеупомянутые экологические проблемы. Чрезмерная эксплуатация подземных вод может привести к нарушению естественного водного баланса, потере поверхностного стока, потере влаги и пористости и к нарушению водно-термического режима. Кроме того, истощение подземных водных ресурсов может привести к осушению источников. В связи с этим сельскохозяйственные поля истощатся, леса, озера и небольшие реки высохнут.

Текущее состояние подземных вод в исследуемой зоне проанализировано на данных 5 наблюдательных скважинах в 2012...2015 гг. Анализ показал, что использование подземных водных ресурсов в бассейне в течение 4 лет привело к снижению уровня воды. Изменение динамики уровней подземных вод с течением времени показано в табл. 4 [5].

Таблица 4

Снижение уровня подземных вод в наблюдательных скважинах в период 2012...2015 гг.

Скважина	Снижение уровня воды, м
A <sub>1</sub>	11,0
B <sub>2</sub>	14,1
C <sub>6</sub>	10,9
D <sub>12</sub>	12,2
E <sub>17</sub>	15,1
Среднее	12,7

Исследования, проведенные в скважинах, показали, что для устойчивого обеспечения водного баланса водоносного горизонта должен быть определен процент использования количества воды в год, для безопасной эксплуатации грунтовой воды в течение многих лет.

Согласно исследованиям в бассейне и опыту соседних стран, можно сказать, что использование подземных вод приведет к снижению уровня воды, что может вызвать определенные экологические проблемы. Поэтому целесообразно проводить работы по повышению уровня грунтовых вод.

**Цель и задача исследования.** Основная цель исследования – предотвратить экологические проблемы, которые могут возникнуть при использовании подземных водных ресурсов в этом районе, и разработать технические меры по восстановлению подземных вод. Поэтому были предложены технические меры для повышения уровня грунтовых вод в этом районе. Они соответствуют правилам ГОСТа Азербайджанской Республики, 8.2 (AzDTN 2.11-1) [1].

Целесообразно создавать небольшие инфильтрационные бассейны за пределами насыпи, эффективно используя водные ресурсы Дашагылчая, чтобы частично увеличить уровень грунтовых вод в районе исследования.

На основе существующих методов, включая территорию конуса выноса р. Дашагылчай, проведена техническая разработка мелкомасштабных инфильтрационных бассейнов за пределами речных притоков. Проведенные первоначальные исследования показывают, что за пределами бассейна Дашагылчая имеются закрытые рельефные плиты. Гидрологические параметры рек района позволяют строить бассейны инфильтрации [2]. Соответствующие места для строительства каскадных бассейнов за пределами русла реки показаны на рис. Предлагаемые бассейны, должны быть построены на абсолютных высотах 450...600 м над рядом субартезианских скважин. Количество инфильтрационных бассейнов, а также количество вертикальных дренажных скважин для искусственного пополнения грунтовыми водами и гидравлические параметры, могут быть рассчитаны при проектировании.

Для повышения уровня грунтовых вод в бассейне р. Дашагылчай желательно увеличить сбор речной воды в течение примерно 6 месяцев (октябрь – март) с помощью искусственных технических мероприятий.

Для быстрого и продолжительного процесса инфильтрации предполагается, что эти бассейны будут наполняться из реки в период межени, поскольку в этот период вода не используется на орошение. Часть стока Дашагылчая в течение зимы через искусственные каналы направляется в бассейны инфильтрации. Наполнение бассейнов позволит предотвратить снижение коэффициента фильтрации в питающих вертикальных дренажных скважинах. Целью не прямого стока речной воды через каналы в вертикальные дренажные скважины является то, что вода в бассейнах будет чистой, отстойной. Отстоянная вода в бассейне через трубы и каналы будет поступать в питающие вертикальные дренажные скважины. Должна быть предусмотрена герметичность отверстия в скважинах (защитная крышка), чтобы предотвратить попадание крупных частиц, мусора и фрагментов породы в вертикальные дренажные колодцы. Это позволит увеличить КПД вертикальных дренажных скважин и продлить сроки их эксплуатации на более длительный период времени.

В целом, создание малообъемных инфильтрационных бассейнов для рационального использования речного стока будет препятствовать быстрому оттоку воды из насыщенных почв, и приведет к частичному увеличению объема фильтрата из бассейна в вертикальные скважины.

Таким образом, вода, собранная в бассейне в зимний период, отфильтровывается по каналам и траншеям в вертикальные скважины, частично подпитывая и выравнивая объем грунтовых вод [10, 11].

Гидрологические характеристики инфильтрационных бассейнов в исследуемой области заключаются в следующем: в средних водоносных горизонтах Дашагылчая среднегодовой расход воды составляет  $2,94 \text{ м}^3/\text{с}$  (табл. 2). Средний многолетний расход воды Дашагылчая с октября по март составляет  $2,1 \text{ м}^3/\text{с}$  (табл. 5). Это позволяет в течение этого времени года проводить забор воды из реки порядка  $1,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Таблица 5  
Средние многолетние расходы воды р. Дашагылчая за 1961...2015 гг.

Река – участок	Месяц						Среднегодовой расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$
	10	11	12	1	2	3	
Дашагылчай – Баш дашагыл	2,7	2,1	1,7	2,4	1,6	1,9	2,1
После изъятия из реки							
$Q = 1 \text{ м}^3/\text{с}$ воды	1,7	1,1	0,7	1,4	0,6	0,9	1,1

Количество воды, поступающей из Дашагылчая в бассейн в течение шести месяцев, будет следующим:

$$W_{\text{сток}} = Q \cdot T = 1,0 \cdot 180 \cdot 86400 = 15,55 \text{ млн. м}^3.$$

Был рассчитан полезный объем воды бассейна. Так же был рассчитан объем аккумулированных иловых наносов в течение 6 месяцев каждого года службы бассейна. Согласно данным наблюдений за мутностью р. Дашагылчай, средняя мощность наносов реки составит  $1,41 \text{ кг/с}$  (табл. 6).

Таблица 6  
Средние многолетние наносы р. Дашагылчай,  $\text{кг/с}$

Месяц						Среднегодовые
1	2	3	10	11	12	
0,53	0,73	0,86	2,5	2,8	0,99	1,41

Таким образом, объем наносов в течение маловодных шести месяцев (октябрь – март) будет следующим [7].

$$W_{\text{мертвый}} = \frac{V \cdot T}{\gamma_{\text{ил.}}} = \frac{1,41 \cdot 30 \cdot 6 \cdot 86400}{1,6} = 13,7 \text{ млн. кг} = 0,0137 \text{ млн. м}^3,$$

где  $W_{\text{мертвый}}$  – мертвый (нанос) объем инфильтрационного бассейна,  $\text{м}^3$ ;  $T$  – срок эксплуатации инфильтрационного бассейна, год;  $\gamma_{\text{ил.}}$  – объемный вес ила,  $\text{т/м}^3$ ;  $V$  – вес ила, т.

Мертвый (нанос ила) объем инфильтрационного бассейна в течение срока службы составит около 0,0137 млн. м<sup>3</sup>. Полный объем бассейна будет следующим:

$$W_{\text{полн.}} = W_{\text{мертв.}} + W_{\text{полезн.}} = 0,0137 + 15,55 = 15,6 \text{ млн. м}^3.$$

Таким образом, предлагается построить инфильтрационные бассейны за пределами русла р. Дашагылчай объемом 15,6 млн. м<sup>3</sup>. Инфильтрационные бассейны необходимо построить по обе стороны реки. Если глубина инфильтрационного бассейна будет  $h = 10$  м, то общая площадь зеркальная воды составит  $F = 1\,500\,000 \text{ м}^2$ .

Потери воды в инфильтрационных бассейнах были основаны на расчетах, проведенных для водохранилищ. Таким образом, проведенные исследования показывают, что часть воды, собранной в водохранилищах теряется: испаряется, просачивается и имеет другие утечки. В период эксплуатации резервуара потери на испарение с поверхности воды были в несколько раз выше, чем потери испарения воды до того, как был построен бассейн. Сумма этих потерь определяется физико-географическим расположением водохранилища, его протяженностью, площадью зеркала и т.д.

При расчете объема бассейна инфильтрации особенно важно знать потери на испарение. Эти потери можно определить либо по данным метеорологической станции, которая функционирует вблизи водохранилища, либо по методу А.М. Шихлинского [4].

Согласно исследованиям А.М. Шихлинского, среднегодовая скорость испарения на абсолютных высотах 450...600 м в бассейне Дашагылчая уменьшается с 600...800 мм до 300 мм в высокогорных районах [4].

Среднемесячные потери на испарение были рассчитаны на основе данных М Огуза Министерства экологии и природных ресурсов (табл. 7) [8].

Таблица 7

Средняя скорость испарения на М Огуз в течение 6 месяцев, мм

Месяц						Среднее
1	2	3	10	11	12	
23	28	33	52	36	27	33

Принимая во внимание вышесказанное, был проведен расчёт потерь на испарение из бассейна инфильтрации. Если площадь водной поверхности инфильтрационного бассейна, находящийся за пределами русла р. Дашагылчай, составляет  $F = 1\,500\,000 \text{ м}^2$ , а величина испарения в этой области составляет  $h_b = 33$  мм, то количество испарившейся воды при эксплуатации бассейна в течение 6 месяцев будет следующим:



$$V_b = h_b \cdot F = 0,033 \cdot 1\,500\,000 = 49\,500 \text{ м}^3.$$

Таким образом, из бассейна инфильтрации за 6 месяцев испарится  $V_b \approx 0,50$  млн.  $\text{м}^3$  воды. Принимая во внимание потерю на испарение из бассейна  $W_{\text{итм}} = 15,6 - 0,50 = 15,1$  млн.  $\text{м}^3$ , возможно создать условия для накопления воды.

Согласно расчетам, планируется, что в случае Дашагылчайского бассейна объемом в 15,6 млн.  $\text{м}^3$ , высота плотины не должна превышать 10 м. Предлагаемый к созданию инфильтрационный бассейн объемом  $W_{\text{полн.}} = 15,6$  млн.  $\text{м}^3$ , следует разбить на несколько небольших объемов бассейнов каскадного типа. Это экономично и экологически обоснованно.

На исследуемой территории коэффициент фильтрации водопроницаемых пород колеблется в пределах 0,1...0,5 м/сут (на большей части периферийных конусов), 25...48 м/сут (в центральной, основной части конуса выноса) [2, 5]. Общий объем фильтрации, с основной части конуса выноса составит:

$$W_{\text{басс.фильтр.}} = \frac{F \cdot k}{t} = \frac{1560000 \cdot 0,1}{86400} = 1,81 \text{ м}^3/\text{с},$$

где  $W_{\text{басс.фильтр.}}$  – объем,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $F$  – площадь бассейна,  $\text{м}^2$ ;  $t$  – период эксплуатации бассейна инфильтрации, сутки;  $k$  – средний коэффициент фильтрации горных пород в центральной, основной части конуса выноса, м/сут.

Учитывая приведенные расчеты, можно полагать, что это приведет к частичному увеличению уровня грунтовых вод в районе исследования.

Выше приведенные предложения могут быть реализованы на практике после технического обоснования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AzDTN 2.11-1. Государственные строительные нормы и правила Азербайджанской Республики. – Баку: Государственный комитет по градостроительству и архитектуре Азербайджана, 2015. – 132 с.
2. Алиев Ф.Ф. Использование подземных водных ресурсов Азербайджанской Республики и геоэкологические проблемы. – Баку, Издательский дом «Чашиоглу», 2000. – 326 с.
3. Иманов Ф.А., Алекперов А.Б. Взаимосвязь поверхностных и подземных вод в подземном организационном контексте надземного течения в Азербайджане. // Водные технологии: Матер. II Каспийской международной. Конф., Баку, Азербайджан, 2014. – Баку, 2014. – С. 69-74.

4. Мадатзаде А.А., Шихлинский Е.М. Климат Азербайджана. – Баку: Изд. АН Азерб. ССР, 1968. – 340 с.
5. Мамедов А.Ш., Эйюбов И.А. Оценка подземных вод с поверхностными водами и перспективы использования. // Азербайджанский технический университет. – 2017. – №3. – С. 70-75.
6. Мамедов М.А. Гидрография Азербайджана. – Баку: Нафта-Пресс, 2002. – 265 с.
7. Махмудов Р.Н. Региональные климатические изменения и речной сток Азербайджана // Метеорология и гидрология. – 2016. – №9. – С. 63-68.
8. Мусеибов М.А. Физическая география Азербайджана. – Баку: Маариф, 1998. – 400 с.
9. Смолянинов В.М. Водозаборы с искусственным пополнением подземных вод для орошения земель – Воронеж: Истоки, 2001. – 152 с.
10. Усенко В.С. Искусственная рекультивация и фильтрация в подземные воды. – Минск: Наука и техника, 1972. – 266 с.
11. Mutlu Y. Karapınar Çevresinde Yeraltı Suyu Seviyye Değişmelerinin Yaratmış Olduğu Çevre Sorunları // Ankara Üniversitesi Çevre bilimleri Dergisi. – 2010. – № 2(2). – S. 145-163.
12. OĞUZ – QƏBƏLƏ – BAKI [Электрон. ресурс] URL: <http://www.azersu.az/18-O%C4%9EUZ+Q%C6%8FB%C6%8FL%C6%8F+BAK> (дата обращения 20.04.2018)

Поступила 29.06.2018

Техн. ғылымд. докторы      А.Ш. Мамедов  
    И.А. Эйюбов

**ДАШАГЫЛЧАЙ АЛАБЫНЫҢ СУ АСТЫ СУЛАРЫ ДЕҢГЕЙІН  
ҚАЛЫПҚА КЕЛТІРУГЕ АРНАЛҒАН ТЕХНИКАЛЫҚ  
ШАРАЛАРДЫ ДАЙЫНДАУ**

**Түйінді сөздер:** су асты сулары, ағын, жасанды толтыру, сіңу алабы, булану, көлем

Мақалада зерттелетін аумақта туындаған экологиялық проблемалар мен жер асты суларын қалпына келтіру шаралары келтірілген. Экологиялық тепе-теңдікті сақтау мақсаттары қарастырылған және жер асты сулары деңгейін арттырудың техникалық шаралары ұсынылған.

*Дашагылчай өзені алабындағы жер асты суларының қазіргі жағдайы 2012...2015 жылдарда 5 құдықта жүргізілген бақылаулар*

негізінде талданған. Кішімасштабты сіңу алаптарын құру ұсынылады.

Mamedov A.SH., Ayyubov I.A.

## **PREPARATION OF TECHNICAL ACTIONS FOR UNDERGROUND WATER LEVEL RESTORATION OF THE DASHAGYLCHAY RIVER BASIN**

**Keywords:** underground waters, flow, artificial filling, infiltration basin, evaporation, volume

*In article, measures for elimination of the environmental problems and restoration of ground waters of the research region are proposed. Problems of ecological equilibrium are considered and technical actions for increase of ground water level are offered.*

*The current state of underground waters in the Dashagylchay River Basin for 5 wells is analyzed on the basis of the observations for period 2012...2015. It is offered to create small-scale infiltration basins.*

УДК 551.510.42

Канд. геогр. наук Э.А. Турсунов<sup>1</sup>**ПЕРСПЕКТИВЫ РЫБОВОДСТВА НА Р. КАРАТАЛ ПОСЛЕ  
ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО  
СПРЯМЛЕНИЮ РУСЛА****Ключевые слова:** рыбоводство

*В статье рассматриваются перспективы рыбоводства с использованием стариц в нижнем течении р. Каратал после проведения инженерных мероприятий по спрямлению русла реки.*

Казахстан располагает богатым рыбохозяйственным водным фондом и благоприятными условиями для интенсивного развития рыбоводства и рыболовства. Учитывая прогнозируемый прирост населения республики и, исходя из рекомендуемой наукой нормы, объем вылова и выращивания товарной рыбы необходимо довести до 272,0 тыс. т/год.

Общая площадь водоемов в Казахстане, без учета Каспийского моря составляет порядка 5 млн. га. В течение последних десятилетий, согласно данным статистики, вылов рыбы в Казахстане снижается. Если в 1990-х годах уровень добычи доходил до 100 тыс. т/год, то по итогам первого полугодия 2016 г., в стране было выловлено всего 16 тыс. т рыбы. Потребление казахстанцами составляет чуть больше 5 кг/год, при рекомендованных Казахской академией питания нормы в 14,6 кг и среднем уровне потребления около 18 кг.

При обращении к опыту других государств результаты исследований ученых-специалистов показывают, что в мировом масштабе ежегодные эксплуатационные расходы по промыслу значительно превышают стоимость произведенной продукции с помощью рыболовного флота. Мировой рыболовный флот продолжает расти, при высоких капитальных затратах. Его остаточная стоимость превышает 400 млрд. долларов США, эксплуатационные расходы (труд, топливо, ремонт, страхование, орудия лова и снабжение) составляют 100 млрд., а капитальные затраты – 40 млрд. долларов в год. Доходы же от рыболовства, например, в 1997 г., были около 80 млрд. долларов. Даже без учета капитальных затрат мировой рыбный промысел является убыточным [1].

<sup>1</sup> ТОО «Казэкопроект», г. Алматы, Казахстан

Запланированная на 2017 г. квота на вылов рыбы из оз. Балхаш составляет всего 7 тыс. т. При площади озера 16 800 км<sup>2</sup>, которой соответствует отметки уровня воды в 342,5 м абс, с одного гектара озера ежегодно добывается всего 4,2 кг рыбы.

В последнее время и Комитет лесного хозяйства и животного мира МСХ РК, и Казахский НИИ рыбного хозяйства ведут речь о необходимости предосторожного подхода к рыболовству на оз. Балхаш. Предосторожный подход является одним из принципов современного международного экологического права. Его суть – в переориентации охраны окружающей среды с реагирования на уже случившиеся неблагоприятные последствия на их предотвращение. В условиях неполноты сведений о возможном ущербе для природы от рыболовства, считается лучшим выходом объявление полного моратория на вылов рыбы. Существует и проблема браконьерства, при отсутствии альтернативных источников существования население прибрежных территорий массово идет на нарушение законодательства. По словам одного из местных рыбаков автору этой статьи с 1 км сетей он добывает только около 30 кг рыбы. Таким образом, учитывая затраты на горючее и небольшие цены на частных рыбоприемных пунктах, при ежегодном сокращении рыбных ресурсов, недалек тот час, когда даже браконьерский лов рыбы станет не выгодным.

В данной статье предлагается способ решения проблемы рыбной отрасли путем развития рыбоводства. Это позволит отвлечь значительную часть местного населения от браконьерского промысла рыбы путем создания рабочих мест по рыборазведению и переработке. До 90-х годов прошлого столетия в Казахстане успешно развивались следующие направления товарного рыбоводства: прудовое рыбоводство (полносистемное и нагульное), садковое, озерно-товарное, бассейновое и выращивание рыбы в приспособленных водоемах и на теплых водах теплоэлектроцентрали и гидро-релейных электростанциях (ТЭЦ, ГРЭС). В приспособленных водоемах выращивалась товарная рыба в однолетнем, двух- и трехлетнем нагуле. В период с 1970 по 1990 годы объем выращивания товарной рыбы возрос с 0,6 тыс. т до 9,8 тыс. т или увеличился в 14,2 раза. Таких темпов роста по выращиванию товарной рыбы не было ни в одной из республик бывшего Союза. Так, например, из оз. Балхаш с 1 га вылавливали от 3 до 5 кг рыбы, в то время как в прудовом хозяйстве этот показатель колебался от 1,5 до 1,8 т. Следует отметить, что приведенные цифры, соответствуют старым технологиям, использующимся в 90-х годах прошлого столетия.

При переводе прудовых хозяйств на современные интенсивные технологии выращивание товарной рыбы можно довести до 10 т и более с 1 га.

Естественный интерес представляют дельтовые системы рек впадающих в оз. Балхаш. При уровне воды в озере около рекомендуемого экологически стабильного, целесообразно создание системы дельтовых озер таких же, как в дельте р. Сырдарья с соответствующими инженерными мероприятиями и структурой, в которую входят и завод по переработке рыбы. Однако в данной статье этот вопрос не будет рассматриваться подробно, так как каждый водный объект требует своего специального подхода, натурных исследований и соответствующего проекта.

Предлагаем к рассмотрению перспективы рыбоводства на р. Каратал после проведения там инженерных мероприятий по спрямлению русла реки. Река Каратал берет начало с северо-западных склонов Жетысу (Джунгарского) Алатау, где образуется от слияния рек Кара, Чижа и Текели. Выйдя из гор, в Каратальской долине она принимает еще один многоводный приток – р. Коксу. Далее река пересекает песчаные массивы Южного Прибалхашья и за 40 км до впадения в оз. Балхаш образует дельту, поросшую тростником. Русло реки постепенно расширяется от 10...20 до 50...100 м от истоков к устью. Скорость течения реки в горах составляет около 2 м/с, на равнине она уменьшается в два раза. Длина реки 372 км, площадь бассейна 14,2 тыс. км<sup>2</sup>. Средний многолетний расход реки у г. Уштобе составляет 68,4 м<sup>3</sup>/с, с максимумом до 120,4 м<sup>3</sup>/с, реже до 280 м<sup>3</sup>/с. Минерализация воды в реке не превышает 0,2 г/дм<sup>3</sup> и только в низовьях, после спада половодья увеличивается до 0,7 г/дм<sup>3</sup>. По составу воды гидрокарбонатные кальциевые, переходящие иногда в среднем и нижнем течении в сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые [2].

На рис. представлен фрагмент русла р. Каратал после впадения в него р. Коксу. На космоснимке хорошо видно существующее русло реки с образовавшимися излучинами, соответствующими развитому меандрированию. Красными линиями представлены предложения разработанные автором статьи по спрямлению русла, которые входят в комплекс мероприятий по управлению русловыми процессами на р. Каратал.

Остановимся чуть подробнее на комплексе инженерных мероприятий в бассейне р. Каратал предлагаемых автором и оформленных в виде концепции, целью которой было улучшение экологической ситуации в бассейне р. Каратал и оз. Балхаш. В частности предлагается строительство трех относительно небольших водохранилищ от ГЭС-2. Водохранилища

на р. Каратал, одно возле п. Енбек, недалеко от г. Талды-Курган, второе возле п. Заречный и ещё одно на р. Коксу, между населёнными пунктами Мамбет и Талапты. С помощью водохранилищ предполагается зарегулировать сток р. Каратал. Водохранилища будут выполнять целый ряд функций: во первых, регулирование стока р. Каратал, что позволит практически полностью снизить ущерб от опасных гидрологических явлений. Во вторых, низконапорные ГЭС с высотой плотины около 10...15 м позволят вырабатывать при различном наполнении водохранилищ от 5 до 20 Мгв в час, что существенно увеличит собственный энергетический потенциал области. В третьих, водохранилища будут использоваться для рыборазведения и спортивной рыбалки. В четвертых, близкое расположение г. Талды-Кургана позволит создать зоны рекреации с соответствующей инфраструктурой в виде пансионатов, искусственных пляжей и т.д.. В пятых, относительно неглубокие водохранилища, по существу, являются естественными природными комплексами по биологической очистке и улучшению качества воды р. Каратал. В шестых, обеспечат стабильный расход воды для восстановления судоходства на р. Каратал, а так же улучшат условия рыбоводства в старицах при спрямлении русла реки.



*Рис. Фрагмент нижнего течения р. Каратал и мероприятия по спрямлению русла.*

Все эти мероприятия являются экономически привлекательными, хотя и с различными сроками окупаемости, а так же способствуют улучшению экологической ситуации в бассейне р. Каратал и оз. Балхаш. Создание большого числа рабочих мест значительно поднимет качество жизни населения.

Использование стариц после спрямления русла р. Каратал привлекательно тем, что при относительно небольших затратах можно организовывать рыбоводство не дожидаясь выполнения других мероприятий. После спрямления русла в начале и конце старицы сооружаются небольшие

земляные перемычки со встроенными в них плоскими задвижками. Размер и количество задвижек определяется согласно натурным исследованиям в русле реки. Сами задвижки двойные – одна глухая, вторая из металлической сетки в жесткой рамке. По такому же принципу построены шлюзы головных сооружений магистральных оросительных каналов на р. Или, с целью предотвращения попадания рыбы в канал. Глухими задвижками регулируется наполнение старицы водой, и поддержание в ней необходимого гидрологического режима, а сетчатая служит для изоляции старицы от неблагоприятных для выращиваемой молоди видов рыб. В самой старице создаются условия для быстрого роста рыбы путем подкормки. После взросления молоди до товарного вида верхняя задвижка наглухо закрывается, а через нижнюю задвижку вода спускается со старицы и в случае искусственно созданного возле нижней задвижки приямка останется только вычерпать рыбу и доставить в цех по переработке.

В случае восстановления судоходства на р. Каратал идеальной транспортировкой была бы доставка рыбы в живом виде с использованием специальных судов (самоходных барж). В них рыба находилась бы в трюме судна заполненного речной водой с механизмом, обеспечивающим водообмен в барже с заборной водой. В этом случае целесообразно организация рыбоперерабатывающего завода непосредственно возле г. Уштобе, чтобы рыбная продукция доставлялась к потребителям с использованием железнодорожного транспорта, что удешевит конечные затраты на производство и реализацию рыбной продукции. Альтернативным вариантом является организация небольших перерабатывающих цехов в населенных пунктах расположенных возле реки.

В завершении хочется отметить, что в случае реализации проекта рыбоводства на р. Каратал, появится значительное количество новых рабочих мест, что улучшит качество жизни местного населения с одной стороны, и позволит частично решить программу продовольственной безопасности республики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция развития рыбного хозяйства Республики Казахстан на 2007-2015 годы. Одобрена постановлением Правительства Республики Казахстан от 6 октября 2006 года N 963.
2. Технический отчет «Механизированная очистка русла р. Каратал, Каратальского района Алматинской области», ТОО «Институт Талды-корганводпроект», 2014 г.

Поступила 29.06.2018



Геогр. ғылымд. канд.      Э.А. Турсунов

**БОЛАШАҒЫН БАЛЫҚ ӨЗЕНІ, ҚАРАТАЛ КЕЙІН ӨТКІЗУ,  
ИНЖЕНЕРЛІК ІС-ШАРАЛАР АРНАСЫН ТҮЗЕТУ**

***Түйінді сөздер:*** балық шаруашылығы

*Мақалада болашағы балық пайдалана отырып, стариц ағысында р. Қаратал кейін өткізу, инженерлік іс-шаралар өзенінің арнасын түзету.*

Tursunov JA.A.

**PROSPECTS OF FISH FARMING ON THE RIVER KARATAL AFTER  
CARRYING OUT OF ENGINEERING MEASURES ON FLATTENING  
RIVERBED**

***Keywords:*** pisciculture

*The article discusses the prospects of fish culture with the use of oxbow lakes in the lower reaches of the river Karatal after carrying out of engineering measures on flattening riverbed.*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСИ СТАТЬИ

В комплект рукописи, присылаемой автором, должны входить: текст статьи, не превышающий 12...14 страниц, включая таблицы, рисунки и список литературы, аннотация на русском языке. Эта же аннотация, название статьи и Ф.И.О. авторов дается на казахском и английском языках. **Аннотация должна быть:** информативной (не содержать общих слов); оригинальной (для английского варианта не быть калькой русскоязычной аннотации с дословным переводом, написана качественным английским языком); содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований); структурированной (следовать логике описания результатов в статье); компактной (укладываться в объем от 100 до 250 слов). Сведения о месте работы и занимаемой должности автора, его ученая степень и ученое звание.

Перед заголовком статьи следует указать расширенный индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК), а так же ключевые слова, в количестве 10...12 штук. Помимо машинописного варианта статьи обязательно предоставляется электронный. Для иногородних достаточно электронного варианта.

### Оформление рукописи:

Весь текст рукописи, включая таблицы, отпечатывается на ПК на одной стороне листа плотной бумаги, формата А4, белого цвета. Интервал – множитель – 1,2. **Параметры поля страницы:** верхнее 20 мм, нижнее 75 мм, левое 70 мм, правое 15 мм. Абзац начинается с отступа – 12,5 мм, режим набора Microsoft Word, шрифт Times New Roman (стиль обычный), размер шрифта 11. Заголовок статьи из прописных букв, без переноса, шрифт полужирный. Аннотация помещается перед основным текстом статьи, после заголовка и списка авторов (представленного в столбик с указанием ученой степени), набирается курсивом, отступы по 5 мм слева и справа.

### См. примеры

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

Гидрометеорология и экология

№ 3

2011

УДК 628.394(547.42+547.25)

Доктор геогр. наук      А.Ж. Жуматаев <sup>1</sup>  
Канд. физ.-мат. наук    А.Т. Иванов <sup>2</sup>

## ОЦЕНКА ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА ПЕСКА В ДОЛИНЕ СЕНЕК

**Ключевые слова:** дисперсный состав, ветровой перенос, масса песка, расход, результирующий вектор, модель, долина сенек

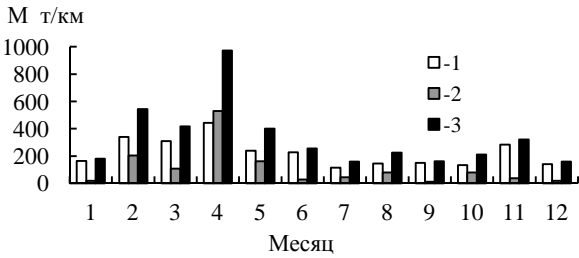
*Исследован дисперсный состав подвижных песков Туйесу и в долине Сенек. Выполнены расчеты ветрового переноса масс песка по модели КазНИГМИ. Получена роза векторов средних многолетних годовых расходов песка в долине и определен результирующий вектор, имеющий азимут 287° и модуль 773 т/(км·год).*

Интенсивное освоение нефтяных и других полезных ископаемых на полуострове Мангышлак привело к значительному росту воздействия людей...

<sup>1</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> Институт географии, г. Алматы, Казахстан

**Рисунки** готовятся с соблюдением ГОСТа и вставляются в текст как рисунки. Графики, диаграммы, гистограммы – в режиме Microsoft Excel, и вставляются в текст как объект Microsoft Excel. Подпись рисунка помещается под ним и набирается курсивом (см. пример). Целые цифры от дробной части числа отделяются не точкой, а запятой. Расшифровка обозначений в строку после подписи. На поле рисунка надписи не допускаются, кроме индексов или цифр обозначений. Размер цифр и букв на рисунке такой же, как и в тексте, индексов – не меньше 1,5 мм.



*Рис. 3. Средний многолетний годовой ход объемов ветрового переноса песка.  
1 – песчаный поземок, 2 – песчаная буря, 3 – оба явления.*

**Таблицы** оформляются без дополнительной разграфки поля таблицы, разграфляется только «шапка» и внешний контур таблицы. Номер таблицы и смысловое название – над таблицей, примечание – под ней (с соблюдением ГОСТа) (см. пример).

Таблица 3  
Основные статистические характеристики объемов переноса песка на М Сенек

Атмосферные явления	$\overline{M}$ , т/(км·год)	$\sigma$ , т/(км·год)	$C_v$
Бури	1321	605	0,46
Поземки	2687	786	0,29
Оба явления	4007	1118	0,28

*Примечание:* Все показатели нормированы.

Единицы физических величин приводятся в Международной системе СИ (ГОСТ 8.417-81), либо параллельно дается перевод приведенных единиц в систему СИ.

Названия организаций, учреждений, географические названия и т.п. даются в последней официальной редакции. К историческим названиям в скобках приводятся современные.

**Математические, химические обозначения и формулы** набирать в режиме редактора формул (Microsoft Equation). В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные ГОСТом. Номера формул указываются у правого края страницы в круглых скобках. Ссылки в тексте на порядковый номер формулы также дают в круглых скобках. В тексте обязательно приводится расшифровка всех параметров в строчку (см. пример).

$$f(x) = \frac{0,434}{\sigma_{lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{lg x}^2} \right], \quad (1)$$

где  $x$  – размер песчинок;  $x_0$  – их средний геометрический размер;  $\sigma_{lg x}$  – среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц.

**Список литературы** оформляются в соответствии с ГОСТ 7.5-98. В качестве примера приводятся наиболее распространенные 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 гиполипидемическая активность леуомизина. – Алматы: Бастау, 2007. – С. 35-37

***Публикация из материалов конференций (семинара, симпозиума), сборников трудов:***

Абимульдина С.Т., Сыдыкова Г.Е., Оразбаева Л.А. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. междунар. конф., Вена, Австрия, 2009. – Алматы, 2010. – С. 10-13

***Электронный ресурс:***

Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс]. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (дата обращения: 12.03.2009).

***При оформлении приставной 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](http://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.**