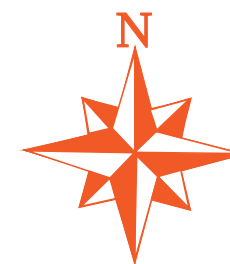




ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ



2017



# ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ежеквартальный  
научно-технический журнал



2017

АЛМАТЫ



*Қазақстан Республикасының  
энергетика Министрлігі*

*Министерство энергетики  
Республики Казахстан*

«Қазгидромет» Республикалық  
мемлекеттік кәсіпорны

Республиканское государственное  
предприятие «Казгидромет»

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ**

әр тоқсанда шығарылатын  
ғылыми-техникалық журнал

**№ 4**

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2017

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР М.П. Кынатов

РЕДКОЛЛЕГИЯ

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

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

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 4 (87)

©

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

---

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

---

Подписано в печать

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

Цена договорная.

---

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>О.Е. Семенов</b> Профиль массовой концентрации песка в приземном слое атмосферы при бурях .....	7
<b>Ф.Ж. Акиянова, К.А. Ткач</b> Особенности изменений проективного покрытия растительности по анализу вегетационного индекса SAVI в пределах международного транспортного коридора на казахстанском участке «Коргас, Достык – порт Актау» .....	32
<b>Н.Н. Абаев</b> Идентификация перспективных районов для развития солнечной энергетики в Республике Казахстан .....	44
<b>А.Г. Терехов</b> Технические характеристики водного канала Кара-Ертис – Карамай: спутниковые оценки .....	54
<b>М.Ж. Бурлибаев, А.А. Волчек, С.И. Парфомук, Д.М. Бурлибаева</b> Моделирование колебаний уровня озера Балкаш .....	63
<b>О.А. Шарипова</b> Оценка современного состояния водоемов Карагандинской области по гидрохимическим показателям .....	75
<b>Н.Г. Верещагина, А.А. Щетинников, А.М. Мухаметзянова</b> О химическом составе воды коллекторов и их роли в рассолении земель в низовье Амударьи .....	82
<b>А.Н. Анурьева, Б.К. Кенжебеков</b> Изменения ареалов акклиматизантов (зообентос) озера Балхаш в зависимости от колебаний уровня воды .....	90
<b>Ж.О. Озгелдинова, К.М. Джаналеева, Ж.Т. Мукаев, Г.Т. Оспан</b> Содержания и пространственное распределение тяжелых металлов в почвах бассейна реки Кенгир .....	98
<b>Қ.Т. Сапаров, А.В. Егорина, Н.Ж. Женсаикбаева</b> Оңтүстік Алтайдың биоклиматын рекреациялық бағалау .....	109



<b>Г.Р. Нысанбаева, К.К. Кудайбергенов, Г.О. Турешова, Е.К. Онгарбаев, З.А. Мансуров</b>	
Применение термографенита для ликвидации разливов нефти . . .	122
<b>А.К. Мусина, М.Е. Кенесова</b>	
Тобыл өзені алабындағы көктемгі су тасудың негізгі сипаттамаларын бағалау . . . . .	135
<b>ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ</b>	
<b>М.Э. Шмидт, Т.В. Худякова, А. Бейсенбаева, Т. Нурга- лиева, Т.И. Криворучко, Я.З. Ильясов, Е.И. Васенина, Е. Муканов</b>	
Стихийные гидрометеорологические явления на территории Рес- публики Казахстан в 2016 году . . . . .	149
<b>ХРОНИКА</b>	
Памяти <b>П.Ж. Кожаметова</b> (1956 – 2017) . . . . .	180
Памяти <b>Р.И. Гальперина</b> (1934 – 2017) . . . . .	183
Памяти <b>Е.Н. Вилесова</b> (1932 – 2017) . . . . .	186
Памяти <b>Р.Ю. Вальнера</b> (1923 – 2017) . . . . .	188
Указатель статей, опубликованных в журнале в 2018 г. . . . .	191

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>O.E. Semenov</b> The mass profile concentration of sand in the atmospheric layer near ground surface in storm .....	7
<b>F.Zh. Akiynova, K.A. Tkach</b> Features of vegetative cover changes analyzing on SAVI within Kazakhstan Section (from Khorgas and Dostyk to Aktau) of the international transport corridor .....	32
<b>N.N. Abayev</b> The identification of promising areas for the development of solar energy in the republic of Kazakhstan .....	44
<b>A.G. Terekhov</b> Technical characteristics of the Kara-Ertis – Karamay water canal: satellite estimations .....	54
<b>M.Zh. Burlibayev, A.A. Volchak, S.I. Parfomuk, D.M. Burlibayeva</b> Modelling fluctuations in the level of lake Balkash .....	63
<b>O.A. Sharipova</b> Assessment of the current state of reservoirs in the Karaganda region on hydrochemical indicators .....	75
<b>N.G. Vereshagina, A.A. Schetinnikov, A.M. Mukhametzyanova</b> On the chemical composition of water reservoirs and their role in desalinization of land in the lower reaches of the Amu Darya ....	82
<b>A.N. Anurieva, B.K. Kenzhebekov</b> Changes in the area of acclimates (zoobentos) of Balhash lake depending on wave level vibrations .....	90
<b>Zh.O. Ozgeldinova, K.M. Dzhanaleeva, Zh.T. Mukaev, G.T. Ospan</b> Contents and spatial distribution of heavy metals in the soils of the Kengir river basin .....	98
<b>K.T. Saparov, A.V. Yegorina, N.Zh. Zhensikbayeva</b> Recreational assessment of the bioclimate of Southern Altay .....	109

<p><b>G.R. Nyssanbayeva, K.K. Kudaibergenov, G.O. Tureshova, Ye.K. Ongarbayev, Z.A. Mansurov</b></p>	
Application of thermalgraphite for liquidation of oil spill responses . . .	122
<p><b>A.K. Mussina, M.E. Kenesova</b></p>	
Estimation of the main characteristics of the spring runoff of the river basin Tobyl . . . . .	135
<p><b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b></p>	
<p><b>M.E. Shmidt, T.V. Hudyakova, A. Myinzhanova, T. Nurgalieva, T.I. Krivoruchko, Ya.Z. Ilyasov, E.I. Vasenina, E. Mukanov, S.A. Dolgih, D.K. Baybazarov</b></p>	
Extreme weather events on the territory of the Republic of Kazakhstan in 2016	149
<p><b>CHRONICLE</b></p>	
<b>P.ZH. Kozhakhmetov's</b> memories (1956 – 2017) . . . . .	180
<b>R.I. Gal'perin's</b> memories (1934 – 2017) . . . . .	183
<b>E.N. Vilesov's</b> memories (1932 – 2017) . . . . .	186
<b>R.YU. Val'ner's</b> memories (1923 – 2017) . . . . .	188
Articles' List Published in «Hydrometeorology and Ecology» Magazine, 2017	191

УДК 551.515.3

Канд. физ.-мат. наук О.Е. Семенов<sup>1</sup>

**ПРОФИЛЬ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЕСКА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ БУРЯХ**

**Ключевые слова:** приземный, пограничный, слой, атмосфера, песчаный, поток, масса, профиль концентрации, буря

*По измерениям на мачтах во время бурь профиль массовой концентрации песка  $C(z)$  в приземном слое атмосферы имеет вид*

$$C(z) = C_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-\alpha \frac{w_g}{u_*}} \quad (1). \text{ В пограничном слое ветропесчаного потока над дном перенос частиц идет в тонкой струе. По измерениям в аэродинамическом канале концентрация песка в струе описана}$$

*функцией  $C(z) = C_{\max} \cdot \left( \frac{z}{x_0} \right)^{0,045 \frac{w_g}{u_*}} \cdot \exp \left( -0,015 \frac{w_g}{u_*} \cdot \frac{z}{x_0} \right)$  (2). Путем*

*введения редуцированного коэффициента к числовому множителю в показателе степени экспоненты формулы (2) удалось получить склейку обеих функций на уровнях 1...8 мм над мелким песком и 0,3...6 см над крупным песком. Этими двумя функциями описан полный профиль массовой концентрации в приземном слое атмосферы.*

**Введение.** Количественная информация о переносе массы частиц в воздушном потоке может быть получена в виде четырёх физических величин: твердого расхода  $q$ , массовой  $C$ , счетной  $n$  и объемной  $s$  концентрациями песка. Термин массовая концентрация хорошо известен и широко используется в научной литературе. Размерность массовой концентрации  $M L^{-3}$ , единица измерения  $кг м^{-3}$ . Объемная концентрация  $s$  – это объем частиц твердой фазы в единичном объеме газа. Объемная концентрация – безразмерная величина, удобная при теоретических исследованиях. Счетная концентрация – это число частиц в единичном объеме газа. Твердым расходом песка называют массу частиц твердой фазы (песок, соль, пыль), переносимую в единицу времени через единичную площадь

<sup>1</sup> г. Алматы, Казахстан

сечения потока. Размерность твердого расхода  $M \cdot L^{-2} \cdot T^{-1}$  единица твердого расхода –  $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$ . Твердый расход связан с массовой концентрацией зависимостью

$$q(z) = C(z) \cdot u_p(z), \quad (1)$$

здесь  $q(z)$  – твердый расход песка на высоте  $z$ ;  $C(z)$  – массовая концентрация на той же высоте;  $u_p(z)$  – скорость частиц твердой фазы в воздушном потоке на этой высоте.

В зарубежных исследованиях по физике переноса песка в приземном слое атмосферы принято выделять 4 слоя ветропесчаного потока.

**Поверхностный слой (дно потока)**, слой песка, в котором упаковка частиц высока, а скорости газа и твердой фазы равны нулю. Эта зона не может двигаться как жидкость, она является твердой. Внешний слой её неустойчив, так как он находится под действием пульсаций давлений, вызываемых пульсациями скорости ветра.

**Слой ползучих (reptation) частиц**, которые перекачиваются по поверхности, или совершают очень короткие скачки, длина которых не превышает нескольких миллиметров. Он состоит из наиболее крупных тяжелых частиц и образуется, в основном, за счет передачи им количества движения от сальтирующих частиц при их падении на поверхность. Пульсации давления играют вспомогательную роль, облегчая отрыв тяжелых частиц от поверхности. В зарубежной литературе его называют потоком частиц низкой энергии.

**Слой сальтации** – поток частиц высокой энергии. Песчинки в нем обладают наибольшей кинетической энергией, так как вылетевшие с поверхности в поток воздуха они, поднимаясь на высоту до нескольких см или десятков см, разгоняются потоком до скорости ветра.

**Свободный верхний поток**, в котором преобладают процессы переноса наиболее мелких и легких частиц вихрями турбулентного потока воздуха.

Первые два слоя на границе раздела потока воздуха с песчаной поверхностью следует называть пограничным слоем ветропесчаного потока (ПСВП), как это принято в гидродинамике для потоков жидкости или газа на границе раздела с твердой поверхностью.

Отметим недостаточное количество работ по изучению ветрового переноса масс песка и характеристик потоков высокой скорости с большой концентрацией частиц в приземном слое атмосферы (ПрСА). Немногочисленность экспериментальных работ объясняется как сложностью организации таких измерений в пустынях на подвижных песках, так и трудными климатическими и гигиеническими условиями во время бурь.

Зарубежные исследователи в основном занимаются изучением движения частиц крупного песка в первых трех слоях, в которых, по их мнению, переносится основная его масса. Измерения переноса массы песка ограничены у них высотой слоя сальтации (30...50 см). Однако во время сильных, и даже умеренных по интенсивности бурях, над песками с мелкими частицами они заполняют всю толщу приземного и даже планетарного пограничного слоя атмосферы (ППСА). Попаданию частиц в более высокие слои тропосферы при бурях препятствует слой воздуха с инверсией температуры, который формируется у верхней границы ППСА [3].

Несмотря на небольшие концентрации частиц песка в воздушном потоке выше 100 см, общая его масса, вследствие большой высоты верхней границы переноса, сравнима по значению с переносимой массой песка в слое 0...100 см. Поэтому необходимы исследования переноса во всей толще ППСА [6, 10].

При написании этой статьи автор не ставил задачу сделать обзор выполненных к настоящему времени исследований. Цель этой статьи – аналитическое описание полного профиля массовой концентрации песка в приземном слое атмосферы, включая и ПСВПП на материалах собственных измерений. Поэтому далее в работе приводятся лишь те источники, которые непосредственно соприкасаются с поставленной задачей. Поставить и решить эту задачу позволили многолетние исследования песчаных бурь в пустынях Казахстана и измерения в аэродинамическом канале [6, 8].

Распределение частиц подвижного песка по размерам чаще всего описывается логарифмически нормальной функцией с плотность вероятности

$$f(x) = \frac{0,43429}{\sigma_{\lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{\lg x}^2} \right],$$

где  $x$  – размер песчинок;  $x_0$  – средний геометрический размер частиц песка;  $\sigma_{\lg x}$  – среднее квадратичное отклонение  $\lg x$  (стандартное геометрическое отклонение). Для описания этого распределения достаточно знать два параметра  $x_0$  и  $\sigma_{\lg x}$ , которые легко установить при ситовом методе анализа размеров частиц песка. В пустынях Казахстана средний геометрический размер частиц  $x_0$  изменяется преимущественно в интервале от 90 до 150...170 мкм [6, 8]. Более крупный песок в прибрежных дюнах морей и больших водоемов.

Наиболее ценные результаты получены в Аральском регионе, где одиннадцатью экспедициями за семьдесят песчаных бурь измерено свыше 1000 профилей средней скорости потока и 140 профилей переносимой ветром массы над песками различной крупности с  $x_0$  от 90 до 270 мкм [6]. Измерения проводились на мачтах над низкими барханами и барханными цепями высотой от 0,4 до 1 м. Получены профили скорости ветра и твердого расхода массы песка в слое от 0,12 до 16 м во время бурь. Профили твердого расхода, переносимой ветром массы песка в приземном слое атмосферы аппроксимируются степенной функцией

$$q(z) = q_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-0,57 \frac{w_g}{u_*}}. \quad (2)$$

В формуле (2)  $q_1$  – твердый расход на высоте  $z_1$ , кг/(м<sup>2</sup> с);  $w_g$  – скорость свободного падения частиц среднего геометрического размера  $x_0$  на поверхности (гидродинамическая крупность частиц), м/с;  $u_*$  – динамическая скорость потока (скорость трения), м/с. Среднее значение числа в показателе степени формулы 0,57 получено по большому числу измерений. Для индивидуальных измеренных профилей  $q(z)$  его значение может отличаться в виду значительно большего числа параметров, неучтенных при получении формулы (2) [6].

Степенной вид функции, описывающий профили твердого расхода частиц песка в потоке, подтвердил вид функций, теоретически найденные в работах [1, 5, 12].

**Массовая концентрация переносимых ветром частиц песка в ПСВП.** Несмотря на значительные успехи, достигнутые в исследованиях приземного слоя пыльных и песчаных бурь [1–3, 6, 10, 12], пограничный слой ветропесчаного потока над поверхностью песка все ещё мало изучен. Между тем, именно в этом слое происходит взаимодействие подстилающей песчаной поверхности и потока воздуха, переносится значительная масса частиц твердой фазы потока. Этот слой сложно исследовать экспериментально в натуральных условиях, так как для этого необходимо проводить тонкие измерения при сильном ветре в слое мощностью всего 40...50 мм, насыщенном движущимися частицами песка. В пределах этой области вблизи поверхности потока являются наиболее чувствительными к искажениям вводимым измерительными приборами скорости ветра и

уловителями песка. Лишь оптические методы измерения позволяют изучать строение тонкого, прилегающего к поверхности, пограничного слоя ветропесчаного (двухфазного) потока толщиной несколько сантиметров.

Такую работу можно выполнить в стационарных условиях в аэродинамической трубе, оборудованной необходимым комплексом приборов, основанных на оптических способах измерения концентрации песка в потоке. Исследования в лаборатории имеют существенные преимущества над наблюдениями в естественных условиях. Измерения, проводящиеся в аэродинамических трубах, проводятся в контролируемых условиях при оптимальном выборе параметров среды; они легче анализируются, сравниваются и поддаются интерпретации.

Таких исследований, к сожалению, до настоящего времени выполнено немного. Уникальные измерения выполнены Баттерфилдом (Butterfield G.R.) [13]. Он исследовал в аэродинамической трубе профили скоростей ветропесчаного потока и горизонтального потока массы песка. Для изучения последнего использовались уловитель песка и оптический прибор с высокой степенью разрешения измерений по высоте потока с шагом в 19 мкм.

Баттерфилд получил четыре профиля потока массы песка (твердого расхода), и обнаружил три слоя высотой 0...2; 2...19 и выше 19 мм, отличающиеся различным распределением массы песка с высотой переноса. Максимальная масса песка переносилась по его измерениям в слое ниже 2 мм. Результаты одного из экспериментов Баттерфилда показаны на рис. 1, на котором ордината  $\zeta$  является безразмерной высотой, а на оси абсцисс отложены значения натурального логарифма твердого расхода  $\ln q$ .

Результаты своих измерений он описал двумя экспонентами

$$q(\zeta) = \begin{cases} 10,1 \cdot 10^{-3} e^{-2,06\zeta} & 0 \leq z \leq 2 \text{ мм} \\ 7,73 \cdot 10^{-3} e^{-0,05\zeta} & 2 \leq z \leq 19 \text{ мм} \end{cases}, \quad (3)$$

где  $q(\zeta)$  – расход массы песка на уровне  $\zeta$ , а  $z$  – толщина слоя потока в мм. На приводимых им рисунках хорошо виден струйный характер переноса песка, но автор почему-то не обратил на это внимания.

Работы по моделированию потока массы частиц в слое сальтации на основе кинетической теории гранулированных потоков Хренуа и Синклера [6], Пасини и Джинкинса [15], Марвела, Роджес-Солорзано и Куртиса [13] позволили получить его в виде приподнятой над поверхностью песка струи. Ниже приводится заимствованный у Марвела с соавторами [13] график с ре-



зультатами их моделирования (кривая 2) и полученным Пасини и Дженкинсом профилем объемной концентрации песка  $s(z)$  (кривая 1) (рис. 2).

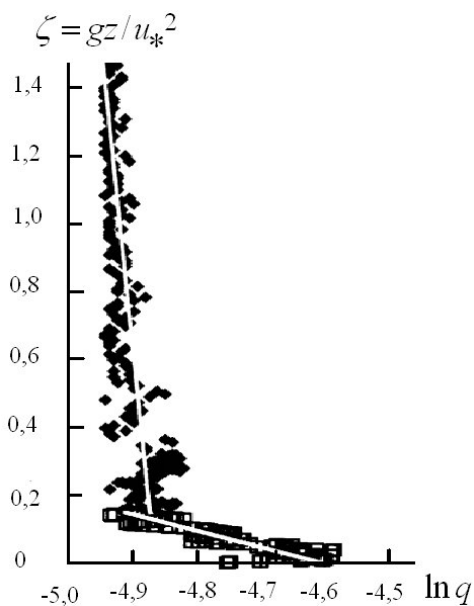


Рис. 1. Измерения твердого расхода Баттерфилда в пограничном слое ветропесчаного потока в аэродинамической трубе [13].

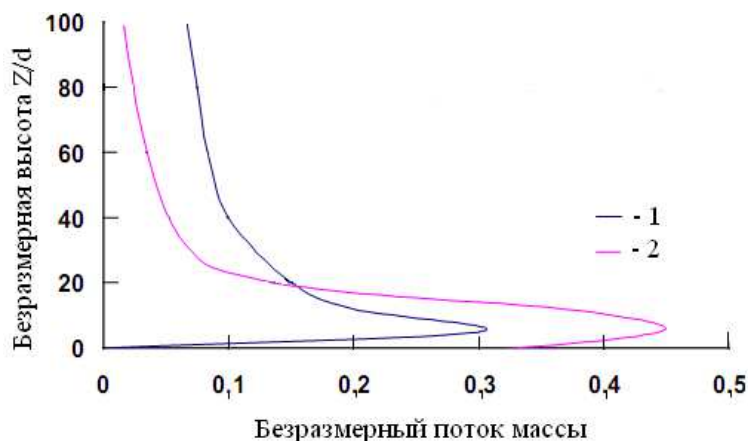


Рис. 2. Результаты численного моделирования в слое сальтации на основе кинетической теории гранулированных потоков. 1 – кривая Пасини и Дженкинса (Pasini, J.M. and Jenkins, J.T.); 2 – кривая Марвела, Роджес-Солорзано и Куртиса (Marval J.P. & et al) [13].

В результате численного моделирования обоими группами получено струйное строение потока массы частиц. Кривая 1 Пасини и Дженкинса показывает более равномерное распределение потока массы по вы-

соте, из-за улучшения в модели учета влияния механизма турбулентного взвешивания частиц. Подобную форму струй получили также Хренуа и Синклер [14]. Аналитического описания этих кривых авторами не сделано.

Наши исследования в аэродинамической трубе показали, что в пограничном слое ветропесчаного потока, перенос массы песка имеет вид струи, приподнятой над дном потока [6, 7, 9]. Концентрация массы частиц песка в струе была описана функцией

$$C(z) = C_{\max} \cdot \left(\frac{z}{x_0}\right)^a \cdot \exp\left(-b \cdot \frac{z}{x_0}\right), \quad (4)$$

где  $C_{\max}$  – значение максимальной концентрации на оси струи,  $a$  и  $b$  числовые параметры, определяющие соответствие функции результатам измерений.

На рис. 3 и 4 показаны полученные нами профили массовой концентрации песка в пограничном слое ветропесчаного потока в безразмерных координатах: высоты –  $z/x_0$  и концентрации –  $C/C_{\max}$  при различных значениях динамической скорости  $u_*$  над поверхностью песка со средним геометрическим размером частиц  $x_0 = 172$  мкм.

На рис. 3 представлен пример профиля массовой концентрации над поверхностью песка с  $x_0 = 172$  мкм при динамической скорости потока  $u_* = 0,66$  м/с и  $C_{\max} = 0,937$  мг/см<sup>3</sup>. Ветропесчаный поток в пограничном слое одноструйный, с размываемой турбулентной диффузией верхней границей струи. Поэтому профиль концентрации пришлось описать системой из двух уравнений (5).

$$C(z) = \begin{cases} 0,3 C_{\max} \left(\frac{z}{65x_0}\right)^{-1,45} & \text{для } z \geq 65x_0 \\ C_{\max} \left(\frac{z}{x_0}\right)^{0,08} \exp\left(-0,022 \frac{z}{x_0}\right) & \text{для } z \leq 65x_0 \end{cases} \quad (5)$$

Изменение массовой концентрации с высотой в струе описано уравнением (4) – кривая 1 на рис. 3. Выше струи профиль аппроксимируется степенной функцией

$$C(z) = C_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^{-1,45}, \quad (6)$$

где  $C_1 = 0,3C_{\max}$  на  $z_1 = 65x_0$ . Склейка обеих функций системы (5) наблюдается на уровне  $z_1 = 65x_0$ . Функция (6) аналогична функции для описания профилей твердого расхода переносимой ветром массы песка в приземном слое атмосферы (2), что указывает на кинематическое подобие процессов турбулентной диффузии примеси в аэродинамической трубе и в ПрСА.

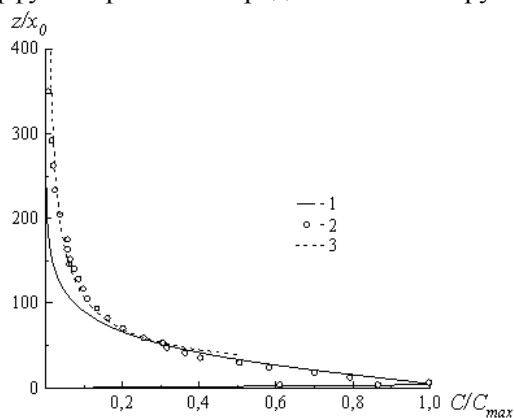


Рис. 3. Описание профиля массовой концентрации над поверхностью песка двумя функциями: 1 – нижняя функция системы (5); 2 – экспериментальные данные; 3 – верхняя функция системы (5).

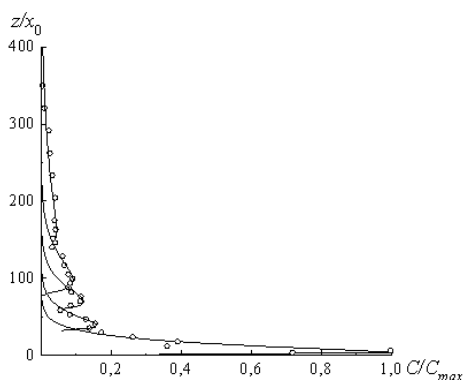


Рис. 4. Профиль массовой концентрации песка в пограничном слое ветропесчаного потока над поверхностью песка с  $x_0 = 172$  мкм при  $u_* = 0,37$  м/с.

При меньших скоростях ветропесчаного потока распределение с высотой массовой концентрации принимает более сложное строение. На рис. 4 хорошо виден многоструйный перенос песка при значениях динамической скорости потока  $u_* = 0,37$  м/с. Струи формируются при их отрыве с гребней эоловой ряби. Три нижних струи наиболее тонкие и имеют вертикальный размер порядка 2...3 десятков частиц песка. Самая нижняя из них –

с наибольшей концентрацией массы частиц, равной  $C_{\max} = 0,556 \text{ мг/см}^3$ . По мере удаления от гребня, на котором струя песка создана, она поднимается выше и рассеивается, занимая с ростом высоты от дна потока все большую часть пространства и уменьшая концентрацию частиц в нем.

Но и при больших скоростях потока на профилях массовой концентрации крупного песка можно иногда заметить над нижней струей слабые следы от удаленных от места измерения рассеянных турбулентными вихрями других струй [6, 7, 9].

Всю тонкую структуру вертикального профиля массовой концентрации песка при таком струйном характере переноса можно описать системой уравнений (7)

$$C(z) = \begin{cases} 0,105 C_{\max} \left( \frac{z}{x_0} - 32 \right)^{0,5} \exp \left[ -0,078 \left( \frac{z}{x_0} - 32 \right) \right] & \text{для } 32x_0 \leq z \leq 59x_0 \\ 0,05 C_{\max} \left( \frac{z}{x_0} - 59 \right)^{0,65} \exp \left[ -0,06 \left( \frac{z}{x_0} - 59 \right) \right] & \text{для } 59x_0 \leq z \leq 80x_0 \\ 0,025 C_{\max} \left( \frac{z}{x_0} - 80 \right)^{0,7} \exp \left[ -0,04 \left( \frac{z}{x_0} - 80 \right) \right] & \text{для } 80x_0 \leq z \leq 150x_0 \\ 0,04 C_{\max} \left( \frac{z}{x_0} - 150 \right)^{0,1} \exp \left[ -0,01 \left( \frac{z}{x_0} - 150 \right) \right] & \text{для } 150x_0 \leq z \leq 350x_0 \\ C_{\max} \left( \frac{z}{x_0} \right)^{0,3} \exp \left( -0,1 \frac{z}{x_0} \right) & \text{для } z \leq 32x_0 \end{cases} \quad (7)$$

Профиль струи на рис. 3 подтверждает успешные результаты авторов моделирования в слое сальтации на основе кинетической теории гранулированных потоков [6, 13, 15]. Наш профиль концентрации песка на рис. 4 похож на полученный Баттерфилдом (рис. 1) [13].

Таким образом, в пограничном слое ветропесчаный поток имеет вид струи, верхняя граница которой размывается турбулентными вертикальными пульсациями скорости ветра. Изменение концентрации частиц в потоке выше струи описывается степенной функцией. Максимальная концентрация в потоке песка наблюдается на некоторой высоте над поверхностью, т.е. струя приподнята над дном потока.

**Массовая концентрации переносимых ветром частиц песка в слое сальтации в естественных условиях.** В статье [7] приводятся результаты исследований массовой концентрации частиц песка в припо-

верхностном слое ветропесчаного потока в полевых условиях. Работу проводили над ровной песчаной поверхностью, покрытой золовой рябью, с логарифмически нормальным распределением частиц песка по размерам со средним геометрическим размером  $x_0 = 90$  мкм и стандартным отклонением  $\sigma_{\lg x} = 0,12$ . Скорость свободного падения частиц песка размером  $x_0 = 90$  мкм равна  $w_g = 0,66$  м/с.

С помощью малогабаритного фотометра, выполнены измерения профилей концентрации переносимого ветром песка при песчаных бурях в приповерхностном слое высотой от 5 мм до 45...55 мм над уровнем песчаной поверхности. Измерения по фотометру сопровождались регистрацией скорости ветра в слое от 0,25 м до 8 м, температуры и градиентов температуры в слое 0,2...2 м. Это позволяло определять  $u_*$ , параметр шероховатости  $z_0$  и число Ричардсона  $Ri_1$  для уровня одного метра [6, 7].

Получено 30 профилей концентрации песка при песчаных бурях и поземках. Каждое измерение профиля занимало от 5 до 10...15 минут. Особенно много времени требовалось в нестационарных условиях потока, когда ошибки измерений возрастали. Значительные погрешности были и при измерении высоты переноса песка на самых низких уровнях при больших скоростях ветра, когда поверхность быстро изменяла свои геометрические характеристики. Это привело к тому, что после критического просмотра и анализа были оставлены лишь 19 профилей массовой концентрации песка. Они были сгруппированы по значениям динамической скорости потока  $u_*$ . Полученные по средним значениям  $C(z)$  и  $u_*$  профили показаны на рис. 5.

Анализ показал, что полученные профили массовой концентрации песка в этом слое потока описываются степенной функцией

$$C(z) = C_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-\beta}, \quad (8)$$

где  $C_1$  – концентрация песка на высоте  $z_1$ , а  $\beta$  является по исследованиям Прандтля, Баренблатта и Голицына [1, 4, 12] функцией отношения  $\frac{w_g}{u_*}$ , где  $w_g$  – гидродинамическая крупность частиц (скорость свободного гравитационного падения), а  $u_*$  – динамическая скорость потока (скорость трения).

Поэтому (8) запишем в виде

$$C(z) = C_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-\alpha \frac{w_g}{u_*}} \quad (9)$$

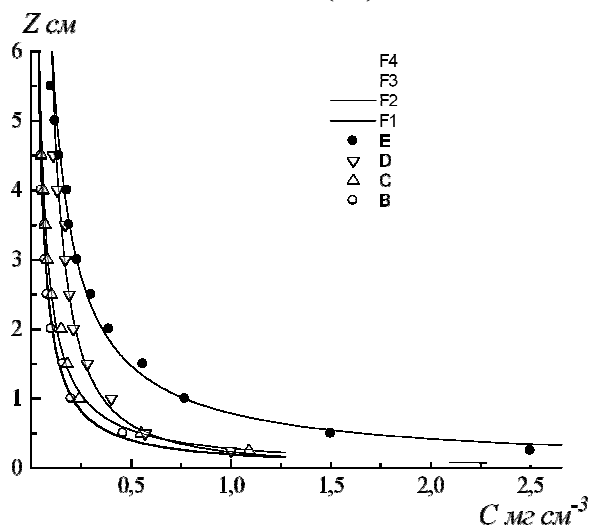


Рис. 5. Вертикальные профили концентрации песка в слое сальтации частиц при различных скоростях ветра во время бурь. В –  $u_* = 0,32$  м/с, С –  $u_* = 0,4$  м/с, D –  $u_* = 0,53$  м/с, E –  $u_* = 0,73$  м/с.  $F_1, F_2, F_3, F_4$  аппроксимирующие измерения функции (8).

Параметры формул (8) и (9) для полученных профилей на рис. 5 имеют следующие значения:

$F_1$	$u_* = 0,32$ м/с	$C_1 = 0,207 \cdot \text{мг/см}^3$	$\beta = 0,97$	$\alpha = 1,47$
$F_2$	$u_* = 0,40$ м/с	$C_1 = 0,265 \cdot \text{мг/см}^3$	$\beta = 1,05$	$\alpha = 1,59$
$F_3$	$u_* = 0,53$ м/с	$C_1 = 0,36 \cdot \text{мг/см}^3$	$\beta = 0,7$	$\alpha = 1,06$
$F_4$	$u_* = 0,73$ м/с	$C_1 = 0,77 \text{ мг/см}^3$	$\beta = 1,11$	$\alpha = 1,68$

Здесь  $C_1$  – массовая концентрация песка на уровне  $z_1 = 1$  см. Скорость свободного падения частиц песка размером  $x_0 = 90$  мкм  $w_g = 0,66$  м/с.

В полевых условиях удалось получить профили массовой концентрации песка во время бурь в ограниченной зоне приповерхностного слоя ветропесчаного потока выше 5 мм и получить их аналитическое описание. Измерить концентрацию песка в потоке ниже высоты 5 мм не удалось. В пределах этой области вблизи поверхности потоки являются наиболее чувствительными к искажениям, наводимыми измерительными прибора-

ми. У нас уровень поверхности возле источника тонкого луча света и приемника излучения фотометра быстро изменялся вследствие усиленного выветривания песка из-за усиления скорости ветра при их обтекании потоком, что приводило к большим погрешностям в определении высоты прибора над поверхностью.

В зарубежной литературе нет единого мнения по аппроксимации профиля потока массы в слое сальтации. Чаще всего применяют экспоненциальные функции. Баттерфилд отметил, что часто экспериментальные точки в нижней и верхней части кривой отклоняются от экспоненциальной зависимости. Ряд исследователей указывают на описание своих результатов степенными функциями [11, 13].

**Профиль концентрации песка в приземном слое ветропесчаного потока.** Наиболее ценные результаты по изучению песчаных бурь получены в Аральском регионе, где одиннадцатью экспедициями за семьдесят песчаных бурь измерено свыше 1000 профилей средней скорости потока и 140 профилей переносимой ветром массы песка [6, 10]. Измерения проводились на 16-ти метровых мачтах на уровнях 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 9 и 16 м над песками различной крупности с  $x_0$  от 90 до 270 мкм. Рельеф был сложным с низкими барханами и барханскими цепями высотой от 0,4 до 1 м. Оказалось, что в приземном слое атмосферы во время бурь профили твердого расхода переносимой ветром массы песка описываются степенной функцией

$$q(z) = q_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-0,57 \frac{w_g}{u_*}} . \tag{10}$$

В формуле (10)  $q_1$  – твердый расход на высоте  $z_1$ , кг/(м<sup>2</sup> с);  $w_g$  – скорость свободного падения частиц размером  $x_0$  на поверхности (гидродинамическая крупность частиц), м/с;  $u_*$  – динамическая скорость потока (скорость трения), м/с [6, 10].

Для профиля счетной концентрации распределения твердых взвешенных монодисперсных частиц в ограниченном сверху потоке жидкости Прандтлем [5] получено уравнение

$$n(z) = n_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-\frac{w_g}{bu_*}} , \tag{11}$$

где  $n_1$  – количество взвешенных частиц в единице объема самого нижнего слоя потока,  $z_1$  – высота этого слоя от поверхности,  $w_g$  – скорость свободного падения частиц,  $u_*$  – динамическая скорость и  $b$  – константа, равная, по оценке Прандтля, 0,55...0,65.

Для пыльных бурь Баренблатт и Голицын [1, 12] теоретически получили для профиля объемной концентрации в приземном слое атмосферы следующее выражение

$$s(z) = s_0 \left( \frac{z}{z_0} \right)^{-\frac{w_g}{\alpha_0 \cdot \kappa \cdot u_*}}, \quad (12)$$

здесь  $\alpha_0 = k_m / k_\tau$  – отношение коэффициентов обмена массы и импульса,  $\kappa = 0,4$  – постоянная Кармана. Как видим, все три профиля (10), (11) и (12) имеют аналогичное аналитическое описание.

Чтобы описать полный профиль массовой концентрации песка в ПрСА, необходимо было перейти от измеренных профилей твердого расхода  $q(z)$  к их массовой концентрации  $C(z)$ . Для перерасчета была использована формула (1). Исходными материалами послужили параллельно измеренные профили твердого расхода  $q(z)$  и скорости ветра  $u(z)$ , приведенные в монографии [6]. При вычислениях скорость частиц песка  $u_p(z)$  принималась равной скорости ветра  $u(z)$ . По исследованиям Расмуссена и Соренсена [18] и автора [6] заметное отставание частиц от потока воздуха отмечается в ПСВП до высоты 8...10 см от дна потока.

В таблице приведены профили массовой концентрации для трех различных по размеру песков: четыре – для  $x_0 = 210$  мкм,  $\sigma_{lgx} = 0,14$ ; восемь – для  $x_0 = 270$  мкм,  $\sigma_{lgx} = 0,17$ ; одиннадцать – для  $x_0 = 120$  мкм,  $\sigma_{lgx} = 0,11$ . Все полученные экспериментальные профили  $C(z)$  аппроксимируются степенными функциями (8) или (9), для каждого профиля даны значения  $\alpha$ ,  $C_1$  и  $u_*$ . Для песков размером  $x_0 = 210$  мкм и  $x_0 = 270$  мкм в формуле для описания профиля концентрации  $C_1$  определено для уровня  $z_1 = 0,5$  м; для мелкого песка  $x_0 = 120$  мкм  $C_1$  определено для уровня  $z_1 = 1$  м.







Гидродинамическая крупность частиц песка размером  $x_0 \geq 70$  мкм (скорость свободного гравитационного падения)  $w_g$  можно получить по эмпирической формуле [6, 10]

$$w_g = 6,5 \cdot 10^{-2} \sqrt{gx_0} - 1,27, \quad (13)$$

где  $w_g$  измеряется в м/с, ускорение свободного падения  $g$  – м/с<sup>2</sup>, размер частиц песка  $x_0$  – в мкм. По ней определены значения  $w_g$  для этих трех размеров частиц песка:  $w_g = 0,96$  м/с – для  $x_0 = 120$  мкм,  $w_g = 1,68$  м/с – для  $x_0 = 210$  мкм, и  $w_g = 2,07$  м/с – для  $x_0 = 210$  мкм.

**Описание полного профиля массовой концентрации песка в приземном слое атмосферы при песчаных бурях.** Имея аналитическое описание измеренных профилей концентрации в приземном слое атмосферы выше 12,5 см и в пограничном слое ветропесчаного потока в аэродинамической трубе, попытаемся получить его полное описание от поверхности песка. Ветропесчаные потоки в аэродинамической трубе имеют меньшую интенсивность турбулентности по сравнению с атмосферными движениями. Поэтому результаты исследований в трубах всегда несколько отличаются от аналогичных в естественных потоках. Переносить их на процессы в атмосфере можно в том случае, если между ними наблюдается кинематическое подобие. При этом приходится вводить редуцированные коэффициенты, позволяющие их согласование с натурными процессами.

Анализ полевых и лабораторных измерений показал, что наблюдается кинематическое подобие профилей массовой концентрации частиц песка в потоке в реальных условиях песчаных бурь и в аэродинамической трубе выше уровня  $z_1$ , равного 5...10 мм. Профили в обоих случаях аппроксимируются функциями  $C(z) = C_1(z/z_1)^{-\alpha \frac{w_g}{u_*}}$  или  $C(z) = C_1(z/z_1)^{-\beta}$ ,

где  $\beta = \alpha \frac{w_g}{u_*}$ .

Но значения  $\alpha$  и  $\beta$  в аэродинамической трубе отличаются от их значений в реальных ветропесчаных потоках, так как концентрация песка с высотой переноса растет в аэродинамической трубе медленнее, чем в природном потоке. Но это естественно, интенсивность турбулентности атмосферных потоков выше и процессы турбулентной диффузии протекают в них

значительно активнее. Следует ожидать кинематического подобия в строении и самого нижнего (пограничного) слоя ветропесчаного потока в реальных и лабораторных условиях, где перенос песка происходит в виде струй, массовая концентрация частиц в которых описана уравнением (4).

Существенным недостатком формулы (4) является неопределенность зависимости её параметров от параметров ветропесчаного потока и размеров частиц песка на поверхности. В статье [9] была решена задача по нахождению связей параметров формулы (4) с физическими параметрами воздушного потока и частиц песка. Получена статистическая зависимость

$$C_{\max} \text{ от динамического аналога числа Фруда } Fr_* = \frac{u_*^2}{x_0 g}$$

$$C_{\max} = 0,437 + 4,8 \cdot 10^{-4} Fr_* . \quad (14)$$

Эта статистическая связь имеет коэффициент корреляции  $r = 0,93$  и стандартное отклонение  $\sigma_r = \pm 0,1$ . Зависимость показателя степени  $a$  в первом члене формулы (4) от отношения  $w_g / u_*$  получена в виде линейной функции

$$a = 0,045 \frac{w_g}{u_*} \quad (15)$$

Зависимость  $b$  в показателе степени экспоненциального члена формулы от отношения  $w_g / u_*$  также линейная

$$b = 0,015 \frac{w_g}{u_*} . \quad (16)$$

Используя полученные зависимости (14), (15), (16) и формулу (4) для описания вертикального профиля массовой концентрации песка в струе песка в нижней части пограничного слоя ветропесчаного потока формулу можно записать в виде

$$C(z) = C_{\max} \cdot \left( \frac{z}{x_0} \right)^{0,045 \frac{w_g}{u_*}} \cdot \exp \left( -0,015 \frac{w_g}{u_*} \cdot \frac{z}{x_0} \right) . \quad (17)$$

Она позволяет описать профиль массовой концентрации песка в струе по информации всего лишь о двух величинах потока – динамической скорости потока  $u_*$  и среднем геометрическом размере частиц песка  $x_0$  на дне потока.

Процедура получения полного профиля массовой концентрации песка в потоке достаточно проста. По известным параметрам профилей  $C(z)$  из

таблицы:  $u_*$ ,  $w_g$ ,  $x_0$  и  $Fr_*$  рассчитываются для каждого из них параметры формулы (17):  $C_{\max}$ ,  $a$  и  $b$ . Затем в программе Origin Pro 8.5.1 в логарифмической системе координат по данным каждого конкретного измеренного профиля  $C(z)$  строится график, по точкам которого проводится прямая линия функции  $C(z) = C_1(z/z_1)^{-a \frac{w_g}{u_*}}$  (8), нижняя граница которой 12,5 см.

Программа Origin позволяет строить несколько графиков в одних и тех же координатных осях. Поэтому далее на нем проводится построение графика функции (17) с рассчитанными выше значениями  $C_{\max}$ ,  $a$  и  $b$ . Его получают в виде кривой для слоя потока песка от  $x_0$  до уровня 1 см. Обе кривых зависимости  $C(z)$  на графике разделяет слой потока толщиной около 10 см. Выше показано, что по измерениям профиль  $C(z)$  (8) в нижней части приземного слоя может быть экстраполирован до высоты 0,5 см до линии функции (17).

Рассмотрим роль переменных сомножителей в правой части уравнения (17) с ростом высоты. Первый множитель  $\left(\frac{z}{x_0}\right)^{0,045 \frac{w_g}{u_*}}$  описывает рост концентрации с высотой и является определяющим на малых высотах переноса песка в струе. Роль второго  $\exp\left(-0,015 \frac{w_g}{u_*} \cdot \frac{z}{x_0}\right)$  становится решающей в уменьшении концентрации частиц в потоке на верхней границе струи, на высотах где турбулентная вязкость уже значительно превышает молекулярную.

Процедура склейки функций в дальнейшем свелась к введению редуцированного коэффициента к числовому множителю в показателе степени экспоненты формулы (17), т.е. к увеличению роли турбулентной вязкости на рассеяние верхней границы струи песка над дном потока. Редуцированный коэффициент находился путем подбора до совпадения функции (17) с линией функции (8). Склеюку обеих функций удалось получить на уровнях 1...8 мм над мелким песком и 0,3...6 см над крупным песком. Этими двумя функциями описан полный профиль массовой концентрации в приземном слое атмосферы. На рис. 9–12 представлены полученные полные профили концентрации в приземном слое атмосферы в логарифмическом масштабе над песками различного размера.

$$C(z) = \begin{cases} 9 \cdot 10^{-3} \left(\frac{z}{50}\right)^{-3,45} & \text{для } z \geq 4 \text{ см} \\ 458 \cdot \left(\frac{z}{0,027}\right)^{0,274} \exp\left(-0,024 \frac{z}{0,027}\right) & \text{для } z \leq 4 \text{ см} \end{cases} \quad (18a)$$

$$C(z) = \begin{cases} 0,14 \cdot \left(\frac{z}{50}\right)^{-3} & \text{для } z \geq 6 \text{ см} \\ 520 \cdot \left(\frac{z}{0,027}\right)^{0,137} \exp\left(-0,012 \frac{z}{0,012}\right) & \text{для } z \leq 6 \text{ см} \end{cases} \quad (18b)$$

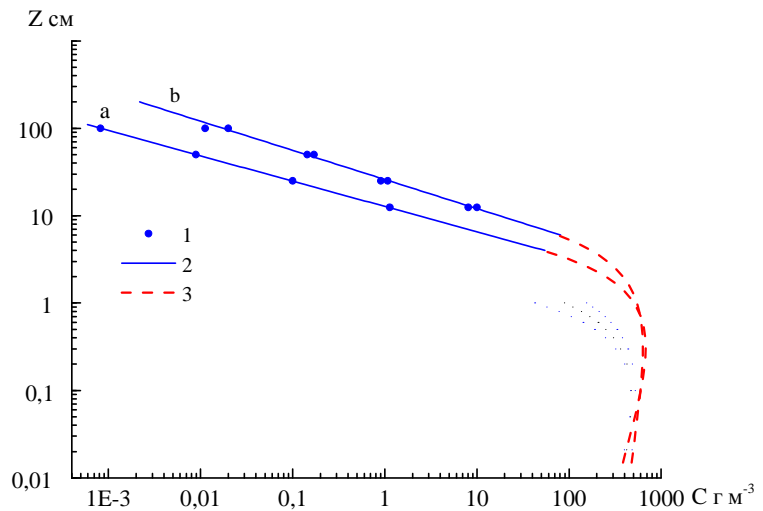


Рис. 9. Полные профили массовой концентрации песка в ПрСА над песком среднего геометрического размера  $x_0 = 270$  мкм и  $\sigma_{lgx} = 0,17$ . **a** –  $u_* = 0,34$  м/с; **b** –  $u_* = 0,68$  м/с. 1 – измерения автора, 2 – линии функции (8), 3 – линии функции (17).

$$C(z) = \begin{cases} 5 \cdot 10^{-4} \left(\frac{z}{50}\right)^{-2,38} & \text{для } z \geq 0,3 \text{ см} \\ 467 \cdot \left(\frac{z}{0,021}\right)^{0,18} \exp\left(-0,145 \frac{z}{0,021}\right) & \text{для } z \leq 0,3 \text{ см} \end{cases} \quad (19a)$$

$$C(z) = \begin{cases} 1,1 \cdot 10^{-3} \left(\frac{z}{50}\right)^{-2,32} & \text{для } z \geq 0,5 \text{ см} \\ 476 \cdot \left(\frac{z}{0,021}\right)^{0,184} \exp\left(-0,12 \frac{z}{0,021}\right) & \text{для } z \leq 0,5 \text{ см} \end{cases} \quad (19b)$$

$$C(z) = \begin{cases} 1,6 \cdot 10^{-2} \left(\frac{z}{50}\right)^{-2,48} & \text{для } z \geq 2 \text{ см} \\ 490 \cdot \left(\frac{z}{0,021}\right)^{0,158} \exp\left(-0,0324 \frac{z}{0,021}\right) & \text{для } z \leq 2 \text{ см} \end{cases} \quad (19c)$$

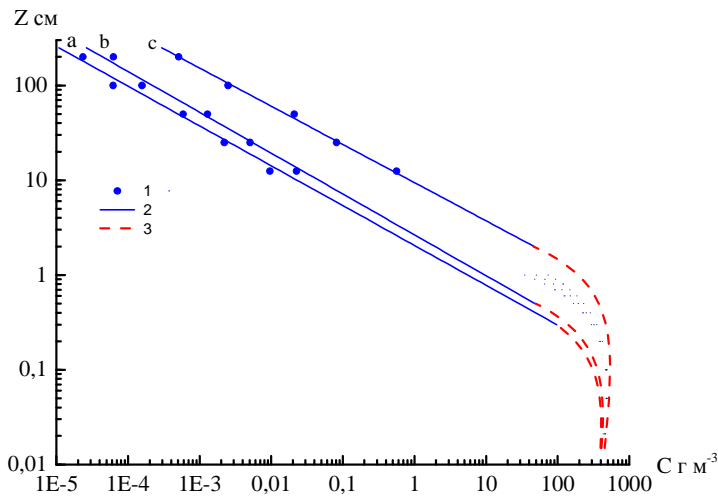


Рис. 10. Полные профили массовой концентрации песка в ПрСА над песком  $x_0 = 210$  мкм и  $\sigma_{lg,x} = 0,14$ . **a** –  $u_* = 0,35$  м/с; **b** –  $u_* = 0,41$  м/с; **c** –  $u_* = 0,48$  м/с. Усл. обозн. см. рис. 9.

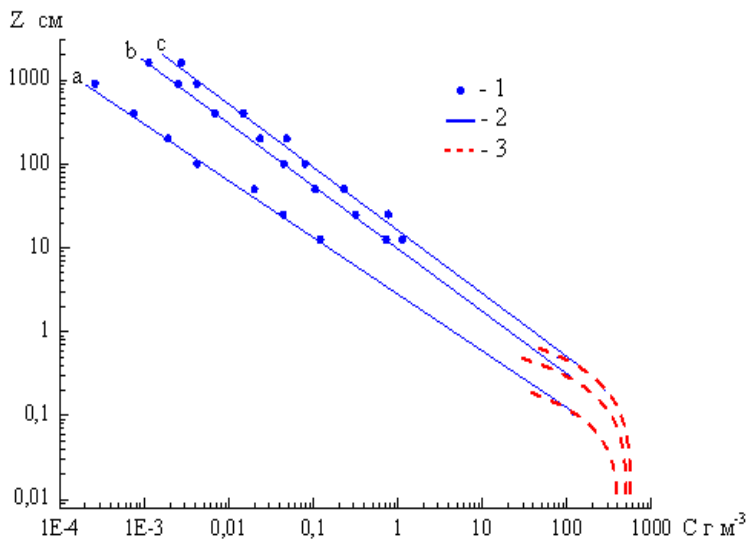


Рис. 11. Полный профиль массовой концентрации песка в ПрСА над песком с  $x_0 = 120$  мкм и  $\sigma_{lg,x} = 0,11$ . **a** –  $u_* = 0,31$  м/с; **b** –  $u_* = 0,50$  м/с; **c** –  $u_* = 0,60$  м/с. Усл. обозн. см. рис. 9.

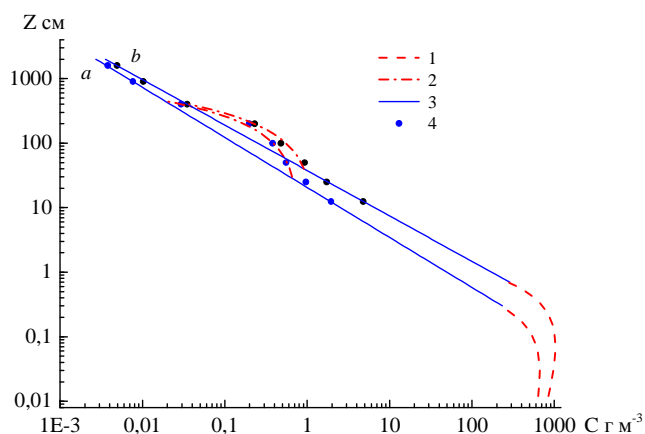


Рис. 12. Сложные профили массовой концентрации песка при наличии струй песка с близкого бархана: **a** –  $u_* = 0,70$  м/с; **b** –  $u_* = 0,80$  м/с.  
 1 – линия функции (17), 2 – линия функции (21), линия функции (8),  
 4 – результаты измерений.

$$C(z) = \begin{cases} 5,5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{z}{100}\right)^{-1,47} & \text{для } z \geq 0,1 \text{ см} \\ 467 \cdot \left(\frac{z}{0,012}\right)^{0,139} \exp\left(-0,185 \frac{z}{0,012}\right) & \text{для } z \leq 0,1 \text{ см} \end{cases} \quad (20a)$$

$$C(z) = \begin{cases} 4,4 \cdot 10^{-3} \left(\frac{z}{100}\right)^{-1,34} & \text{для } z \geq 0,3 \text{ см} \\ 540 \cdot \left(\frac{z}{0,012}\right)^{0,086} \exp\left(-0,08 \frac{z}{0,012}\right) & \text{для } z \leq 0,3 \text{ см} \end{cases} \quad (20b)$$

$$C(z) = \begin{cases} 8,8 \cdot 10^{-2} \left(\frac{z}{100}\right)^{-1,33} & \text{для } z \geq 0,4 \text{ см} \\ 584 \cdot \left(\frac{z}{0,012}\right)^{0,072} \exp\left(-0,053 \frac{z}{0,012}\right) & \text{для } z \leq 0,4 \text{ см} \end{cases} \quad (20c)$$

Особенностью профилей 19...23, полученных во время сильной песчаной бури, является их более сложное строение. Причиной нарушения профиля явился близко подошедший к мачте с пескоуловителями бархан высотой около одного метра. Струя песка с вершины бархана не успевала рассеиваться турбулентными вихрями. В интервале высот от 25...40 см до 400...450 см струя хорошо видна на профиле концентрации. На рис. 12 приведены 19 и 21 профили таблицы. Уравнение, описывающее эту струю, можно записать в следующем виде



$$C(z) = C_{opt} \left( \frac{z + z_1}{100} \right)^\delta \exp \left( -\gamma \frac{z + z_1}{100} \right), \quad (21)$$

где  $z_1$  – это нижний уровень струи на графике. Неизвестные параметры этой функции  $C_{opt}$ ,  $\delta$  и  $\gamma$ , к сожалению, пришлось определять подбором, замечу, что  $C_{opt}$  близко к значению концентрации на высоте  $z_1$ .

Ниже приведены две системы уравнений, описывающие эти сложные профили концентрации песка в ветропесчаном потоке приземного слоя атмосферы.

$$C(z) = \begin{cases} 1,4 \cdot 10^{-1} \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-1,29} & \text{для } z \geq 0,3 \text{ см} \\ 680 \left( \frac{z}{0,012} \right)^{0,15} \exp \left( -0,06 \frac{z}{0,012} \right) & z \leq 0,3 \text{ см} \\ 1,2 \left( \frac{z + 30}{100} \right)^{0,12} \exp \left( -0,9 \frac{z + 30}{100} \right) & 30 \leq z \leq 400 \text{ см} \end{cases} \quad (22a)$$

$$C(z) = \begin{cases} 2,5 \cdot 10^{-1} \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-1,42} & \text{для } z \geq 0,6 \text{ см} \\ 880 \left( \frac{z}{0,012} \right)^{0,2} \exp \left( -0,034 \frac{z}{0,012} \right) & z \leq 0,6 \text{ см} \\ 2 \left( \frac{z + 40}{100} \right)^{0,12} \exp \left( -0,95 \frac{z + 40}{100} \right) & 40 \leq z \leq 400 \text{ см} \end{cases} \quad (22b)$$

На рис. 12 видно, что удалось хорошо описать полный профиль концентрации в приземном слое и для сложных условий переноса песка предложенной системой уравнений.

**Заключение.** По результатам измерений переноса масс песка во время бурь на мачтах над подвижными песками трех размеров получены профили массовой концентрации песка  $C(z)$  в ПрСА. Найдено их аналитическое описание в слое от 0,125 до 16 м формулой (8). По измерениям в аэродинамическом канале в пограничном слое ветропесчаного потока над дном перенос частиц идет в тонкой струе. Концентрация песка в струе описана функцией (17).

Путем введения редуцированного коэффициента к числовому множителю в показателе степени экспоненты этой формулы удалось получить склейку двух функций (8) и (17) на уровнях 1...8 мм над мелким песком и 0,3...6 см над крупным песком. Этими двумя функциями описан полный профиль массовой концентрации песка в приземном слое атмосферы.

Удалось описать полный профиль концентрации в приземном слое атмосферы и для сложных условий переноса песка предложенной системой уравнений из трех функций (8), (17) и (21). Функцией (21) описывается вторая струя песка с близко подошедшего к измерительной мачте с приборами бархана, которая не успевает рассеиваться в потоке и может нарушать вид профиля (8).

Получена возможность описания профиля массовой концентрации песка в ветропесчаном потоке при песчаных бурях по ограниченной информации о скорости ветра и размерах песка на поверхности. Интегрирование профиля  $C(z)$  позволяет получить массу песка в потоке в пределах приземного слоя атмосферы.

Более сложной и нерешенной задачей является получение аналогичного полного профиля твердого расхода песка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баренблатт Г.И., Голицын Г.С. Локальная структура развитых пыльных бурь. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 44 с.
2. Бютнер Э.К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 158 с.
3. Волеваха В.А., Бабенко В.И., Ганюгина Н.Ф. О состоянии нижней тропосферы во время сильных пыльных бурь на Украине // Тр. УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 160. – С. 47-58
4. Горчаков Г.И., Титов А.А., Бунтов Д.В. Параметры нижнего слоя сальтации на опустыненной территории // Докл. АН. 2009. Т. 424, № 1. С. 103–106.
5. Прандтль Л. Гидроаэромеханика / Пер. с нем. – 2-ое изд. – М.: Изд-во иностр. лит., 1951. – 575 с.
6. Семенов О.Е. Введение в экспериментальную метеорологию и климатологию песчаных бурь – Алматы: изд. «Волкова Н.И.», 2011.– 580 с.
7. Семенов О.Е. О массовой концентрации частиц в пограничном слое ветропесчаного потока // Гидрометеорология и экология. – 2009. – № 2 – С. 7-27.

8. Семенов О.Е. О распределении песчаных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов // Тр. КазНИГМИ. – 1970. – Вып. 36. – С. 153-165.
9. Семенов О.Е. О физическом содержании параметров профилей массовой концентрации частиц в пограничном слое ветропесчаного потока // Гидрометеорология и экология. – 2010. – № 1 – С. 7-27.
10. Семенов О.Е., Каипов И.В., Шапов А.П. Песчано-солевые бури в Приаралье // Гидрометеорологические проблемы Приаралья. / Под ред. Г.Н. Чичасова – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 276 с.
11. Anderson R.S., Sorensen M., Welletts B.B. A review of recent progress in our understanding of aeolian sediment / Aeolian Grain Transport 1. Mechanics. // Eds: O.E. Barndorf-Nielsen & B.B. Willetts – SpringerVerlag – Wien – New York – 1991 – P. 1-20.
12. Barenblatt G.I., Golitsyn G.S. Local structure of Matyre Dust Storms // *J. Atmos Sci.*– 1974 – Vol. 31, №7. – P. 1917-1933.
13. Butterfield G.R. Near-bed mass flux profiles in aeolian sand transport: High-resolution measurements in wind tunnel // *Earth Surface Processes and Landforms.* – V. 24. – 1999. – P. 393-412.
14. Hrenya C. and Sinclair J. Effects of Particle-Phase Turbulence in Gas-Solid Flows, 1997. – *AIChE Journal* 43. – P. 853–869.
15. Liu X., Dong Z. Vertical profiles of Aeolian sand mass flux // *Geomorphology.* – 2004 – No 59. – P. 205-218.
16. Marval J.P., Rojas-Solórzano L.R., Curtis J.S. Two-dimensional numerical simulation of saltating particles using granular kinetic theory/ *Proceedings of FEDSM 2007 ASME/JSME Fluids Engineering Division Summer Meeting.* July 30 – August 2, 2007, San Diego, California USA. – P. 1-11.
17. Pasini J.M. and Jenkins, J.T. 2005, «Aeolian Transport with Collisional Suspension», *Phil. Trans. R Soc. A.* 363, P. 1625-1646.
18. Rasmussen K.R., Sorensen M. The vertical variation of particile speed and flux density in aeolian saltation: Measurement and modeling. – *J.Geophys.Res.* – 2008. – 113(F2), F02S12, doi:10.1029/2007 JF000774.

Поступила 2.09.2017

Физ.-мат. ғылымд. канд. О.Е. Семенов

**ДАУЛ КЕЗІНДЕГІ АТМОСФЕРАНЫҢ ЖЕР БЕТІНДЕГІ  
ҚАБАТЫНДАҒЫ ҚҰМ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНЫҢ ПРОФИЛІ**

**Түйінді сөздер:** жер бетіндегі, шекаралық, қабаты, атмосфера, құмды, ағын, масса, концентрация профилі, даул

Діңгектегі өлшеулер бойынша даул кезіндегі атмосфераның жер бетіндегі қабатындағы құм концентрациясының профилі

$$C(z) = C_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-\alpha \frac{w_g}{u_*}} \quad (1) \text{ көрінісіне ие. Құмды жел ағынының}$$

шекаралық қабатының түбкі бетінде бөлшектердің тасымалдануы  
жсіңішке ағыспен жүреді. Аэродинамикалық өзекпен өлшеу бойынша  
ағыстағы құм концентрациясы

$$C(z) = C_{\max} \cdot \left( \frac{z}{x_0} \right)^{0,045 \frac{w_g}{u_*}} \cdot \exp \left( -0,015 \frac{w_g}{u_*} \cdot \frac{z}{x_0} \right) \quad (2) \text{ функциясымен}$$

суреттелген. (2) формуладағы экспонента дәрежесі көрсеткішіндегі сандық көбейткішке редуциялық коэффициент енгізу жолымен, 1...8 мм ұсақ және 0,3...6 см ірі құмдардың үстіндегі деңгейлердегі екі функцияны біріктіру мүмкін болды. Осы екі функциямен атмосфераның жер бетіндегі қабатындағы жаппай концентрациялардың профилі толығымен жазылған.

Semenov O.E.

### THE MASS PROFILE CONCENTRATION OF SAND IN THE ATMOSPHERIC LAYER NEAR GROUND SURFACE IN STORM

**Key words:** surface, boundary, layer, atmosphere, sand, flow, mass, concentration profile, storm

According to measurements on masts during storms, the mass profile of the sand concentration  $C(z)$  in the surface layer of the atmosphere

has the form  $C(z) = C_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-\alpha \frac{w_g}{u_*}} \quad (1)$ . In the boundary layer of

the wind-sandy stream above the bottom, the transport of particles proceeds in a thin jet. According to measurements in the aerodynamic channel, the concentration of sand in the jet is described by the function

$$C(z) = C_{\max} \cdot \left( \frac{z}{x_0} \right)^{0,045 \frac{w_g}{u_*}} \cdot \exp \left( -0,015 \frac{w_g}{u_*} \cdot \frac{z}{x_0} \right) \quad (2).$$
 By introducing

the reduction coefficient to the numerical factor in the power exponent of formula (2), it possible to obtain a gluing of both functions at levels of 1...8 mm above fine sand and 0,3...6 cm above coarse sand. These two functions describe the complete profile of mass concentration in the surface layer of the atmosphere.

УДК 910.3

Доктор геогр. наук

Ф.Ж. Акиянова<sup>1</sup>К.А. Ткач<sup>1</sup>

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО АНАЛИЗУ ВЕГЕТАЦИОННОГО  
ИНДЕКСА SAVI В ПРЕДЕЛАХ МЕЖДУНАРОДНОГО  
ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА НА КАЗАХСТАНСКОМ УЧАСТКЕ  
«КОРГАС, ДОСТЫК – ПОРТ АКТАУ»**

**Ключевые слова:** транспортный коридор, проективное покрытие, вегетационный индекс SAVI

*В статье изложены результаты изучения растительного покрова в пределах буферной 50-км зоны казахстанского участка международного транспортного коридора от г. Коргас (Хоргос) до порта Актау. Проведен анализ сезонных и многолетних изменений проективного покрытия растительности за последние пять лет на основе использования данных космической съемки. Выявлено, что применение индекса SAVI позволяет оперативно и для больших территорий оценить сезонные и годовые изменения проективного покрытия растительности, что важно как для устойчивой организации территории, так и для формирования благоприятной и безопасной среды для функционирования транспортного коридора.*

**Введение.** Выгодное географическое положение Казахстана создает благоприятные условия для использования транзитного потенциала. В настоящее время по территории республики проходит пять международных транспортных коридоров: Северный, Центральный и Южный коридоры Трансазиатской железнодорожной магистрали, Север – Юг, ТРАСЕКА. Они связывают основные макроэкономические рынки мира – Китай и страны Азиатско-Тихоокеанского региона со странами Европейского Союза и СНГ. По территории республики они представлены шестью железнодорожными и шестью автомобильными транспортными путями [1]. Одним из них является международный мультимодальный транзитный коридор, проходящий по территории Казахстана от «восточных» (Коргас, Достык) до «западных» (порт Актау) ворот республики. Это важный сухо-

---

<sup>1</sup> Филиал ТОО «Институт географии», г. Астана, Казахстан

путный мост, который значительно сокращает сроки доставки грузов и усиливает потенциал транзитных возможностей и внешнеторгового баланса всех участников. Мультимодальный транспортный коридор, проходящий на территории Казахстана через Коргас, Достык до порта Актау, включает участки различного вида транспорта – железнодорожного, автомобильного, трубопроводного, а также их сочетаний. Общая протяженность коридора составляет 5410 км, площадь исследуемой 50-ти километровой буферной зоны – 522 840,6 км<sup>2</sup>.

Выявлено, что физико-географические условия транзитного коридора оказывают влияние на стабильность, безопасность и эффективность его функционирования. Одним из условий, способствующих созданию благоприятной и безопасной среды для деятельности транспортного коридора и влияющих на формирование микроклимата, активность развития экзогенных процессов и степень аттрактивности ландшафтов, является растительный покров. Рассматривая влияние транспортного коридора на окружающую среду, можно выделить следующие типы воздействий: ингрессионное (привнесение в среду веществ и/или соединений, чуждых естественным биогеоценозам); параметрическое (изменение качественных параметров окружающей среды); биоценотическое (воздействие на живые организмы) и стационально-деструкционное (изменение ландшафтов и экологических систем, их структуры и целостности) [5]. Все эти типы воздействий в той или иной степени влияют на одну из наиболее чувствительных компонент природной среды – растительный покров.

При строительстве и функционировании транспортного коридора выявлены следующие виды воздействий на растительный покров:

- полное или частичное сведение растительности при прокладке дорожного полотна (разрушение техникой, вытаптывание, захламливание, загрязнение);
- изменение условий естественного стока и увлажнения грунтов посредством изменения рельефа, формирования протяженных насыпных форм и придорожных выемок;
- изменение микроклимата в зоне транспортного коридора;
- физическое шумовое, электромагнитное и вибрационное воздействия, создаваемые работающей техникой и транспортом;
- загрязнение нефтепродуктами, тяжелыми металлами;
- усиление пожароопасной обстановки в результате воздействия антропогенных и природных факторов.

Стремительно увеличивающиеся грузопотоки по транспортному коридору больше всего влияют на деградацию и загрязнение растительного покрова, расположенного в непосредственной близости к дорогам. Большая часть загрязняющих веществ поступает в систему «почва – растение» при транспортировке грузов. Все указанные виды воздействий отражаются на состоянии и проективном покрытии растительности.

Оценка современного состояния, картографирование и мониторинг деградационных процессов растительного покрова на значительных площадях возможны на основе изучения данных дистанционного зондирования Земли, которые в дальнейшем могут дополняться и детализироваться на основе наземных исследований. Причем одним из доступных и информативных показателей является оценка проективного покрытия растительного покрова на основе индекса *SAVI*.

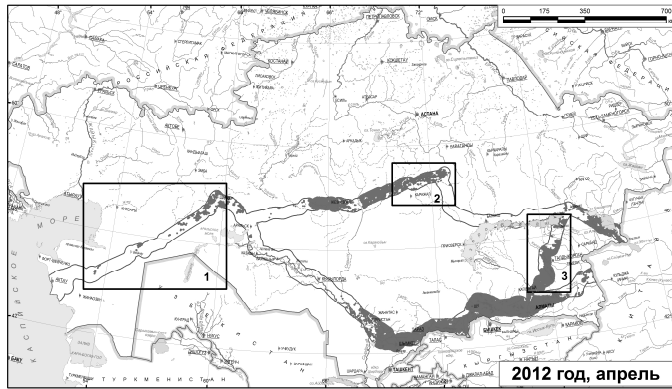
**Опыт применения индекса *SAVI* для изучения состояния растительного покрова.** Для оценки состояния и определения динамики проективного покрытия, т.е. показателя обилия растений в фитоценозе, использован вегетационный индекс *SAVI*. Индекс скорректирован с учетом разновидностей почв и разработан для сведения к минимуму их влияния на спектры. *SAVI* разработан как модификация Normalized Difference Vegetation Index (*NDVI*), структурирован аналогично, но с добавлением «коэффициента коррекции яркости почвы» [8].

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{(NIR + RED + L)} \cdot (1 + L),$$

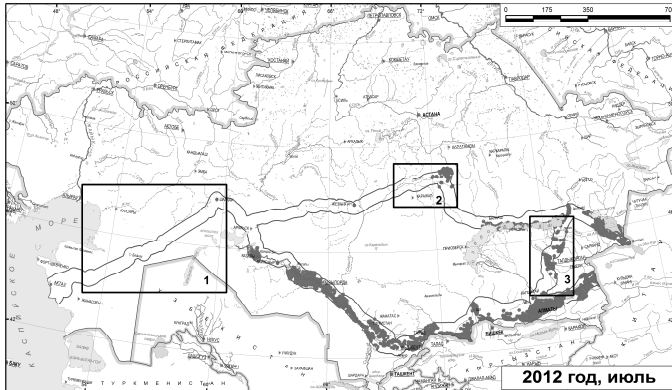
где *NIR* – коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра, *RED* – коэффициент отражения в красной области спектра, *L* – коэффициент коррекции яркости почвы.

Величина *L* зависит от количества или покрытия зеленой растительностью, с высоким проективным покрытием *L* = 0; с низким *L* = 1. Индекс *SAVI* рассчитан в геоинформационной программе ArcGIS 10.2 с использованием пространственного анализа. Обработанный снимок *SAVI* сохранялся в виде слоя изображения со значениями от -1 до +1, при этом наблюдалась прямая зависимость между значением и проективным покрытием.

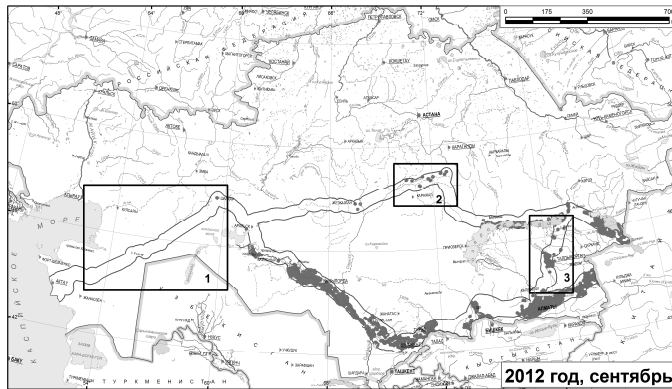
Для анализа сезонных изменений проективного покрытия растительности проанализированы весенние (апрель), летние (июль) и осенние (сентябрь) снимки, для анализа ряда лет проведен сравнительный анализ снимков с 2012 по 2016 гг. (рис. 1). В связи с большой площадью исследуемого транспортного коридора использованы снимки MODIS (MOD09A1) с разрешением 500 м.



*а*



*б*



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

буферная зона казахстанского участка международного транспортного коридора «Коргас и Достык - порт Актау»	территория, покрытая растительностью
ключевые участки: 1 - Западный	2 - Центральный
	3 - Юго-Восточный

*в*

*Рис. 1. Карты сезонной (а – весна, б – лето, в – осень) динамики растительного покрова в течение 2012 г. в пределах международного транспортного коридора на казахстанском участке «Коргас, Достык – порт Актау».*



В результате анализа индекса *SAVI* выделен диапазон, который идентифицировал растительность. Для получения более корректных результатов диапазон значений разных сезонов определялся отдельно, для апреля он находится в пределах 0,4...1,0, для июля – 0,7...1,1, для сентября – 0,6...1,0. На основе конвертации файлов в векторный формат получена возможность создания карт, определения площадей распространения растительного покрова и расчёта проективного покрытия (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Сводная таблица расчета показателя проективного покрытия территории транспортного коридора по индексу *SAVI*

Год	Месяц	Площадь растительного покрова, км <sup>2</sup>	Проективное покрытие растительного покрова, %
2012	апрель	54154,7	18,61
	июль	10792,4	3,71
	сентябрь	6062,4	2,08
2013	апрель	92171,4	31,67
	июль	13906,2	4,78
	сентябрь	9164,9	3,15
2014	апрель	42342,2	14,55
	июль	10180,4	3,5
	сентябрь	4906,3	1,69
2015	апрель	67832,2	23,31
	июль	10468,2	3,6
	сентябрь	7862,9	2,7
2016	апрель	118405,1	40,68
	июль	17974,4	6,18
	сентябрь	7162,4	2,46

Анализ сезонных изменений проективного покрытия растительности за последние годы свидетельствует о наличии единой тенденции: максимум проективного покрытия весной и его значительное уменьшение летом, минимальное значение для осени. Это связано с обилием растительности аридных зон в весенний период, когда происходит наиболее благоприятное сочетание тепла и влаги. Условия способствуют росту эфемеров, максимум которых приходится на март – апрель. В летний и осенний периоды растительный покров представлен типичной зональной растительностью пустынь, значительно деградированной на отдельных участках под воздействием антропогенного фактора.

В целом казахстанский участок международного транспортного коридора пересекает территории трёх физико-географических стран, девяти областей, двенадцати провинций, двадцати четырех округов, пятидесяти четы-

рех районов [4]. В пределах транспортного коридора преобладает равнинный рельеф, в тоже время наблюдаются участки расчленённых предгорных и межгорных равнин, мелкосопочника, а также крутых уступов (чинков). Западная часть транспортного коридора проходит по южной подзоне пустынь с эфемерово-полынной растительностью в пределах структурно-денудационного плато Мангыстау и Устирт [3]. Далее трасса пересекает северную подзону пустынь с полынно-солянковой растительностью в пределах пластово-денудационных и аккумулятивных равнин Северного Приаралья и столовых денудационных плато Торгая. Северная ветвь транспортного коридора проходит по разноволнистым цокольным равнинам с участками мелкосопочника в пределах южного ската Сарыарки. Растительный покров сменяется с севера на юг от полынно-ковыльных степей до комплексных злаково-боялычевых, биюргуновых и тасбиюргуновых северных пустынь Прибалкашья. Южная ветвь транзитного коридора следует по аллювиальным равнинам долины р. Сырдарии с черносаксауловой, еркеково-полынной и биюргуновой растительностью, а также кустарниково-ивово-лоховыми тугаями, тростниковыми и луговыми сообществами вдоль русел реки. Далее транспортный коридор проходит по предгорным и межгорным равнинам юга и юго-востока республики. Растительный покров представлен преимущественно предгорными эфемероидно- и псаммофитно-полынными сообществами, межгорно-котловинными петрофитно-многолетнесолянковыми и осоково-полынно-смешанносаксауловыми сообществами.

Для детального анализа определены три ключевых участка вдоль транспортного коридора, которые расположены в различных физико-географических условиях (рис. 1). Общим критерием для их выделения послужило их местоположение на границах физико-географических районов, для них характерен тип местообитания со сложной экологической структурой и биологическим разнообразием. Выделены следующие ключевые участки:

1. Западный. Включает Мангыстау-Устиртский район. Характерна галофитная пустынная растительность. Наблюдаются сарзановые, бюргуновые, местами в комплексе с белоземельно-полынными, и многолетнесолянковые растительные сообщества [2].
2. Центральный. Включает юго-западную часть Казахского мелкосопочника в пределах долины Сарысу. Представлен степной растительностью, местами с распространением галофитных сообществ. Наблюдается типчаково-ковыльная, тонковатополынно-тырсиковая, кустарниково-петрофитно-разнотравная растительность [2].
3. Юго-восточный. Территория участка простирается от оз. Балкаш, западные отроги Жетысу Алатау на юг до северных отрогов

Иле Алатау. В пределы участка входят пески Таукум и Сарыесик Атырау. Для территории характерны криофитные высокогорные луга, горные леса, горные разнотравно-ковыльные и сухие типчаково-ковыльные степи, предгорная растительность мелкосопочников и псаммофитная растительность песчаных массивов [2].

Для ключевых участков проанализированы климатические данные (температура и осадки) за 2012...2016 гг. в зависимости от сезона (апрель, июль, сентябрь) [6, 7, 9]. Данные сведены в таблицы для каждого участка (табл. 2).

Таблица 2

Климатические данные и показатели проективного покрытия по центральному ключевому участку.

Год	Месяц	Средняя температура за месяц	Общее количество осадков за месяц, мм	Проективное покрытие растительностью, %
2012	апрель	13,4	8,3	5,8
	июль	24,6	38	0,3
	сентябрь	13,7	5,3	0,05
2013	апрель	10	28	10,1
	июль	18,5	10	2,2
	сентябрь	17,2	1,8	-
2014	апрель	6,1	21,4	0,9
	июль	20,3	6	0,5
	сентябрь	13,1	10,6	0,01
2015	апрель	8,8	16	5,4
	июль	24,5	23,8	1,8
	сентябрь	14,1	10,3	0,02
2016	апрель	10,2	24,3	29,4
	июль	21,4	8	3,4
	сентябрь	16,1	15	0,03

Ключевые участки имеют разную степень увлажнения и температурный режим, в тоже время наблюдаются некоторые тенденции, которые отражаются на обилии растительности всех участков. Например, на всех ключевых участках максимум проективного покрытия наблюдался в апреле 2013 и 2016 гг., минимум в сентябре 2012 и 2014 гг.

Изучена зависимость площади проективного покрытия растительности от температуры и осадков. Для этого, сделан корреляционный анализ имеющихся данных в различных модификациях.

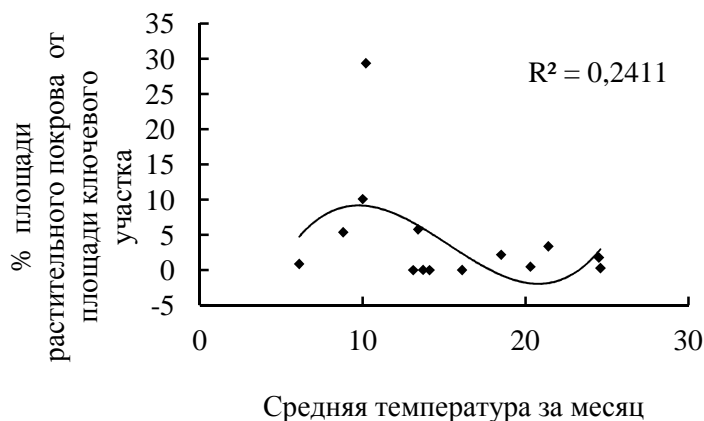
Проведена корреляция данных каждого ключевого участка за весь период по температуре и осадкам. Полученные коэффициенты корреляции

сведены в табл. 3, в качестве примера приведены графики для центрального ключевого участка (рис. 2).

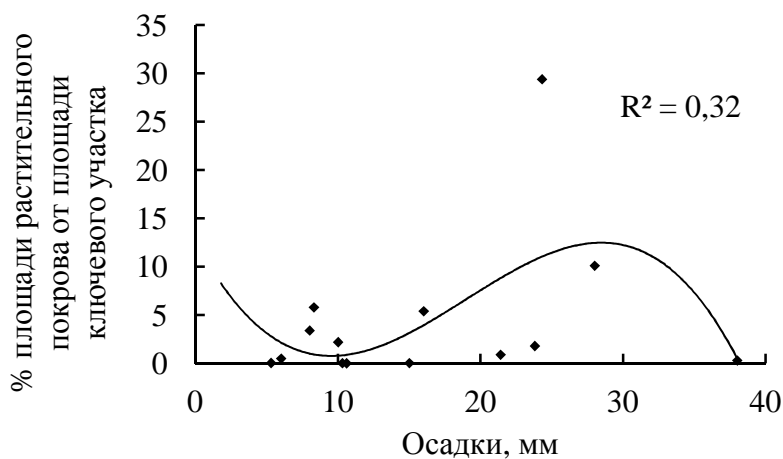
Таблица 3

Средние значения коэффициента корреляции ( $R^2$ ) для температуры и осадков для трех ключевых участков (2012...2016 гг.)

Ключевой участок	$R^2$ температуры	$R^2$ осадков
Западный	0,42	0,55
Центральный	0,24	0,32
Юго-восточный	0,25	0,1



а



б

Рис. 2. График зависимости площади проективного покрытия от средней температуры (а) и осадков (б) по центральному ключевому участку.

По полученным данным наибольшая корреляция, по температуре и осадкам, наблюдается на западном (коэффициенты  $R^2 = 0,42$  и  $0,55$ ), в

меньшей степени на центральном ключевом участке. Сравнивая коэффициенты по температуре и осадкам на участках, максимально приближены к 1 коэффициенты по осадкам. Исключением является юго-восточный ключевой участок, корреляция по температуре здесь выше. Это может быть связано с другими факторами, такими как рельеф, обводненность территории, наличие грунтовых вод, состав растительного покрова.

Также проведена корреляция данных проективного покрытия по температуре и осадкам за каждый год (2012...2016) отдельно. Полученные коэффициенты корреляции сведены в табл. 4, в качестве примера приведены графики за 2015 г. (рис. 3).

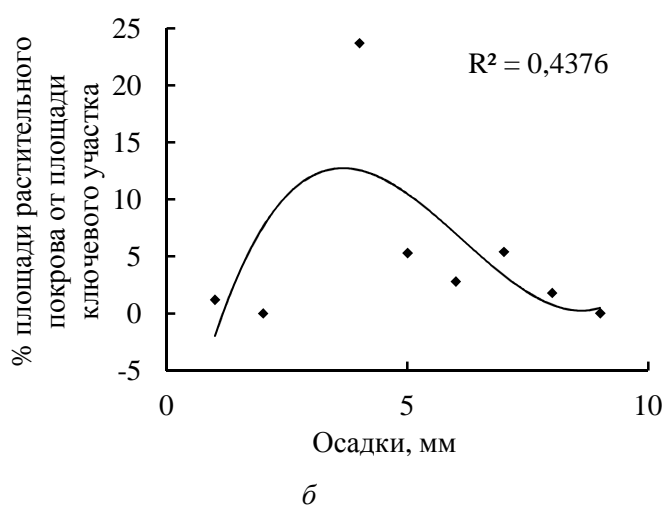
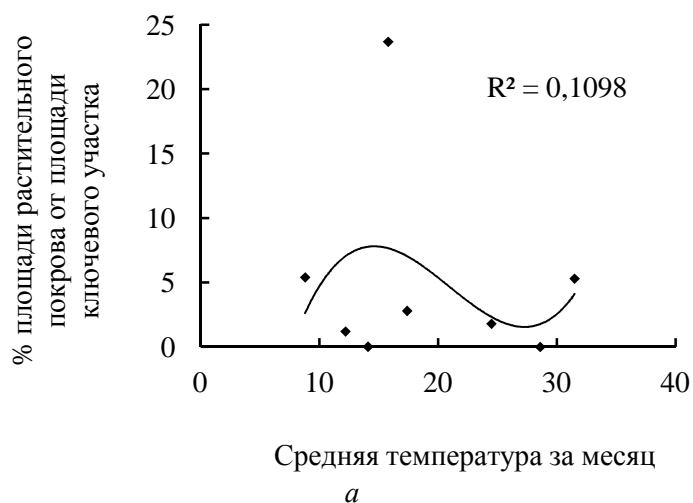


Рис. 3. График зависимости площади проективного покрытия от средней температуры (а) и осадков (б) за 2015 год.

Значения коэффициента корреляции ( $R^2$ ) для температуры и осадков за 2012...2016 гг. для трех ключевых участков

Год	$R^2$ температуры	$R^2$ осадков
2012	0,50	0,91
2013	0,27	0,34
2014	0,06	0,58
2015	0,10	0,43
2016	0,55	0,09

Проанализировав полученные коэффициенты корреляции, явной тенденции не выдвинулось. Сравнивая коэффициенты по температуре между собой, максимумы выдвинулись в 2012 и 2016 гг., по осадкам максимум характерен для 2012 года. Минимальные коэффициенты корреляции по температуре наблюдались в 2014...2015 гг., по осадкам – в 2016 г. Сравнивая коэффициенты по температуре и осадкам по годам, большие значения принадлежат коэффициентам по осадкам, за исключением 2016 г. В 2016 г. наблюдалась большая корреляция по температуре.

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что применение индекса *SAVI* позволяет оперативно и для больших территорий оценить состояние и изменения проективного покрытия растительного покрова с получением количественных параметров. Индекс *SAVI* позволяет оценить особенности сезонных и годовых изменений проективного покрытия, что важно для функционального анализа и устойчивой организации территории. В рамках исследований выявлена корреляционная связь основных климатических параметров (температуры и осадков) с проективным покрытием растительного покрова. Анализ указанных связей позволяет разработать рекомендации для развития растительного покрова вдоль транспортных коридоров в целях улучшения микроклиматических условий и усиления аттрактивных функций ландшафтов. Анализ количественных параметров проективного покрытия, их сезонная и многолетняя динамика должны учитываться при оценке риска воздействия опасных экзогенных процессов, что будет способствовать безопасному и эффективному функционированию транспортного коридора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад Министерства Транспорта и коммуникаций Республики Казахстан по проекту «Западная Европа – Западный Китай». [Электрон. ресурс] – URL: <http://transport.mid.gov.kz/ru> (дата обращения: 10.05.2017).



*Мақалада «Қорғас» (Хоргос) халықаралық көлік дәлізінің Қазақстандық учаскесінің Ақтау портына дейінгі аралық буферінде орналасқан өсімдік жамылғысының зерттеу нәтижелері келтірілген. Соңғы 5 жылда өсімдіктерді жобалық қамтуда маусымдық және көпжылдық өзгерістерді талдау мақсатымен гарьш зерттеу деректерін пайдаланды. SAVI индексінің қолданылуы өсімдік жамылғысының жобалық жамылғысында маусымдық және жыл сайынғы өзгерістерді жылдам және үлкен аумақтарға бағалауға мүмкіндік беретіндігі анықталды, бұл аумақты тұрақты ұйымдастыру үшін және көлік дәлізінің жұмыс істеуі үшін қолайлы және қауіпсіз ортаны құру үшін маңызды.*

Akiynova F.Zh., Tkach K.A.

#### **FEATURES OF VEGETATIVE COVER CHANGES ANALYZING ON SAVI WITHIN KAZAKHSTAN SECTION (FROM KHORGAS AND DOSTYK TO AKTAU) OF THE INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDOR**

**Keyword:** transport corridor, vegetative cover, vegetation index SAVI

*The article presents the results of studying the vegetation cover within the buffer 50-km zone of the Kazakhstan section of the international transport corridor from Korgas (Khorgos) to the port of Aktau. The analysis of seasonal and long-term changes in projective coverage of vegetation over the past five years is based on the use of space survey data. It has been revealed that the use of the SAVI index allows the seasonal and annual changes in the projective cover of vegetation to be evaluated quickly and for large areas, which is important both for the sustainable organization of the territory and for creating an enabling and secure environment for functioning of the transport corridor.*



УДК 551.582.3

Н.Н. Абаев<sup>1</sup>

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЙОНОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

**Ключевые слова:** суммарная солнечная радиация, прямая солнечная радиация, теоретический потенциал, географический потенциал

*В статье на основе Атласа солнечных ресурсов Республики Казахстан приведены результаты работ по идентификации перспективных районов развития солнечной энергетики. Идентификация перспективных районов основывалась на методике разработанной и используемой крупными международными лабораториями в области возобновляемой энергетики NREL и IRENA. В статье были определены теоретический и географический потенциал солнечных ресурсов Казахстана. Ранжирование территории показало, что целесообразно использовать солнечную радиацию как альтернативный источник энергии для развития солнечных электростанций.*

В настоящее время в нашей Республике отсутствует приемлемая для практических целей оценка потенциала солнечной энергии, результаты которой могут быть использованы при разработке предложений по внесению изменений в средне- и долгосрочные планы территориального развития до 2030 г. перспективных регионов для развития солнечной энергетики регионов / областей РК. Оценка этого потенциала в дальнейшем может быть основой для привлечения инвестиций в регионы РК, имеющие высокий природный солнечный потенциал.

Целью данной работы является выполнить идентификацию перспективных регионов, на основе разработанного компанией «Sara Pro&Tech» Атласа солнечных ресурсов Республики Казахстан.

Для оценки возобновляемых источников энергии используют различные данные, методологии и граничные условия, что затрудняет их сравнение. Эта проблема и другие общие проблемы, связанные с оценкой региональных различий (учет географических особенностей) на современном этапе решаются с помощью глобальных и региональных наборов Гео-

---

<sup>1</sup> Научно-исследовательский центр, РГП «Казгидромет», г. Алматы, Казахстан

информационных (ГИС) данных и карт, которые являются полезным инструментом для анализа распределения ресурсов.

**Исходный материал и методы исследования.** Основой для анализа природного потенциала явился Атлас солнечных ресурсов Республики Казахстан, разработанный компанией «Sara Pro&Tech» в рамках Проекта Министерства энергетики Республики Казахстан и Программы развития ООН «Оказание поддержки Правительству Республики Казахстан в реализации Концепции перехода к зеленой экономике и институционализации Программы Партнерства «Зеленый Мост»».

При разработке интерактивного атласа солнечных ресурсов РК, одной из рекомендованных баз, опубликованной в открытом доступе только в июне 2016 г., явилась климатическая база данных SARAH-E. (Surface Solar Radiation Data Set – Heliosat, East). База была сформирована при тесном сотрудничестве Европейского космического агентства (EUMETSAT CM SAF) и Объединённого исследовательского центра Европейской комиссии (г. Испра, Италия). SARAH-E основана на базе данных спутников METEOSAT EAST. Климатическая база данных SARAH-E предоставляет интерес, так как содержит данные за последние десятилетия и покрывает всю территорию Казахстана.

Данная база была использована как для изучения ресурсного (теоретического) потенциала территории Казахстана, так и для оценки географического потенциала возобновляемых источников энергии, применяя подход ГИС, а также составления карт пригодности территории для размещения крупных солнечных электростанции (СЭС).

Районирование территории по обеспеченности солнечными энергетическими ресурсами было основано на выборе показателей, которые отражали бы средний многолетний режим солнечной радиации.

В качестве основных показателей гелиоресурсов были выбраны суммарная радиация и годовая сумма прямой радиации, поступающей на перпендикулярную поверхность, которые широко используются для оценки работы солнечных тепловых коллекторов и фотоэлектрических станций.

**Результаты и обсуждение.** При изучении потенциала источников возобновляемой энергии, рассматриваются различные «категории потенциалов»: теоретический, географический, технический и экономический [2]. При идентификации перспективных районов РК для развития солнечной энергетики были рассмотрены первые две категории.

Оценку солнечного потенциала на основе теоретического и географического потенциала можно представить в виде блок-схемы (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема оценки теоретического и географического потенциала территории.

**Теоретический потенциал** описывает объем доступного ресурса без учета эффективности и потерь. Он равен максимальному количеству энергии, которая физически доступна из определенного источника.

На основании методик IRENA, NREL был определен класс пригодности территории для PV-систем и CSP-систем (табл. 1) [2, 3].

Для развития солнечной энергетики и размещения крупных солнечных электростанций (PV-систем), необходимы данные о суммарной солнечной радиации, падающей на оцениваемую поверхность (GHI).

Для концентрированных солнечных электростанций (CSP-систем), используется прямая солнечная радиация (DNI). Чтобы сосредоточить большую площадь солнечных лучей, или солнечной тепловой энергии, на небольшой площади – используются зеркала или линзы.

Используя вышеуказанные методики и параметры была проведена идентификация территории Республики Казахстан для развития солнечной энергетики в целом.

С целью анализа теоретического потенциала в программе ArcGIS, на основе климатической базы данных SARAH-E были построены карты

годового распределения суммарной и прямой радиации при средних условиях облачности для территории Казахстана (рис. 2, 3).

Таблица 1

Класс пригодности территории по теоретическому потенциалу солнечной радиации [2]

Значение радиации, кВт·ч/м <sup>2</sup>	Класс пригодности	Характеристика
<b><i>Суммарная солнечная радиация</i></b>		
> 1500	Наиболее пригодный	Обеспечивают стабильную эксплуатацию гелиосистем
1001...1500	Пригодный	Удовлетворяет требованиям эксплуатации малых и средних гелиосистем
< 1000	Малопригодный	Условия неблагоприятны для использования крупных и средних гелиосистем
<b><i>Прямая солнечная радиация</i></b>		
> 2000	Наиболее пригодный	Обеспечивают стабильную эксплуатацию гелиосистем.
1801...2000	Пригодный	Удовлетворяет требованиям эксплуатации малых и средних гелиосистем.
< 1800	Малопригодный	Условия неблагоприятны для использования крупных и средних гелиосистем

Потенциальный приход солнечной радиации на земную поверхность определяется географической широтой места. Можно видеть, что по мере продвижения с севера на юг происходит существенное возрастание солнечной радиации. Эта величина изменяется в полтора раза, причем к югу ее возрастание становится более интенсивным. Самые высокие значения суммарной солнечной радиации, наблюдаемые на крайнем юге, превышают 1600 кВтч/м<sup>2</sup>·год (рис. 2).

На рис. 3 приведено распределение годовых сумм прямой солнечной радиации, поступающей на единицу поверхности. Следует отметить, что и на севере и в центральной части республики суммы прямой радиации значительны и составляют 800...1200 кВтч/м<sup>2</sup>·год. Наибольшее количество прямой солнечной энергии наблюдается на юге республики.

По приведенной выше классификации, вся территория Казахстана по теоретическому потенциалу пригодна для развития солнечной энергетики и крупных гелиосистем, а наиболее пригодными являются районы южнее

48° с.ш. Для концентрированных солнечных электростанций (CSP) территория классифицируется как малопригодная и пригодная. Пригодными территориями являются Кызылординская, Жамбылская, Южно-Казахстанская и юго-восточная часть Алматинской области.

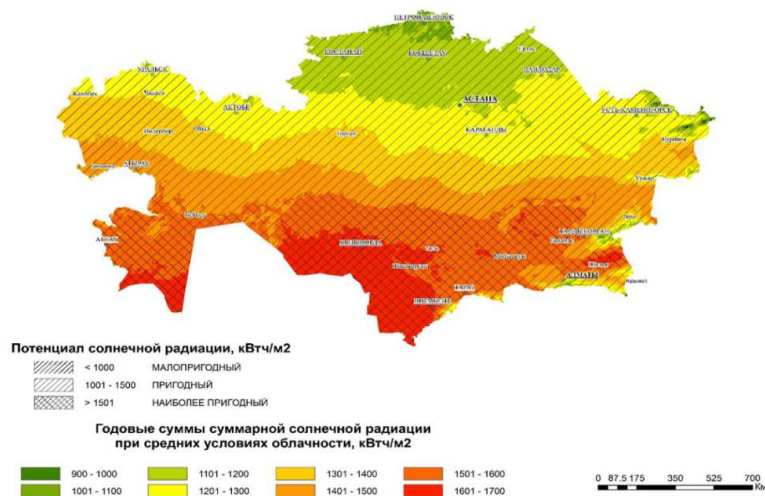


Рис. 2. Карта теоретического потенциала суммарной солнечной радиации Республики Казахстан.

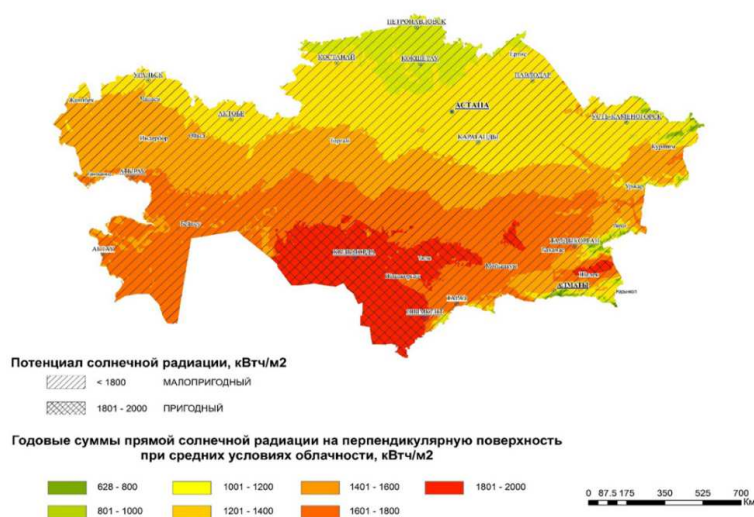


Рис. 3. Карта теоретического потенциала прямой солнечной радиации Республики Казахстан.

**Географический потенциал** можно рассматривать как промежуточный шаг к расчету технического потенциала возобновляемых источников энергии. Географический потенциал учитывает области, которые яв-

ляются подходящими и пригодными для использования в конкретных областях возобновляемой энергии. В зависимости от природно-географических ресурсов, на основании вышеуказанной методики IRENA, были составлены карты географического потенциала территории Казахстана (рис. 4, 5), где были исключены следующие факторы: все наклонные участки со склонами, превышающими  $10^\circ$ , водные объекты, особо охраняемые территории (ООПТ), сельскохозяйственные земли.

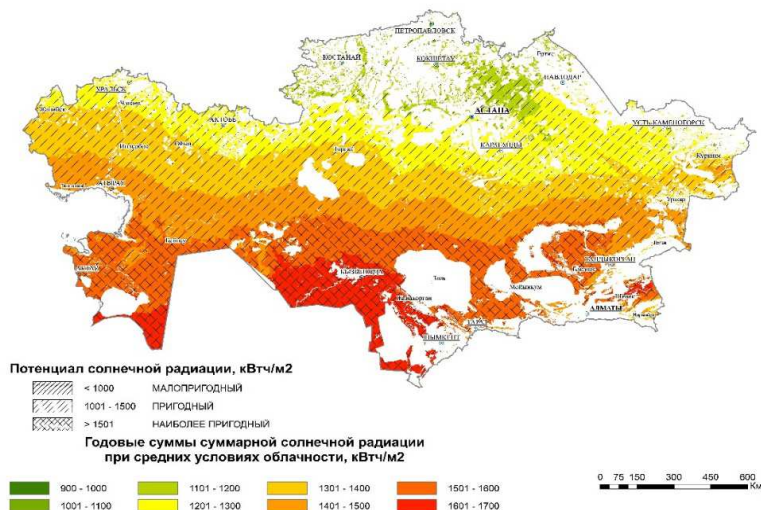


Рис. 4. Карта географического потенциала суммарной солнечной радиации Республики Казахстан.

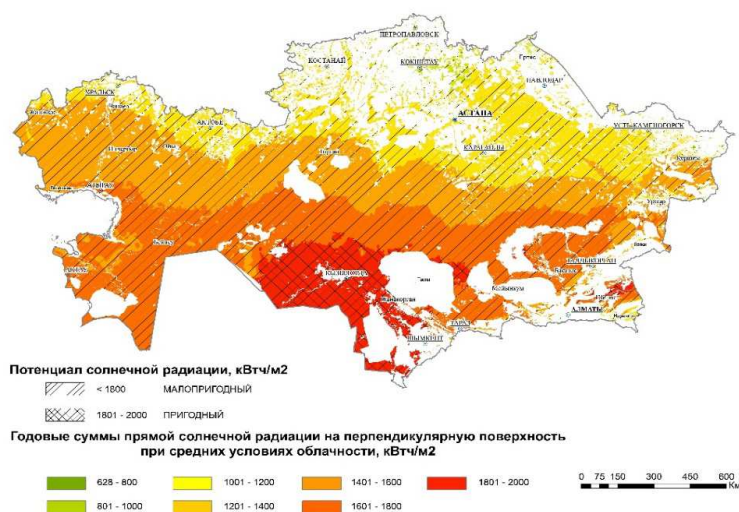


Рис. 5. Карта географического потенциала прямой солнечной радиации Республики Казахстан.

Республика Казахстан характеризуется невысокими темпами внедрения альтернативных источников энергии, но в последние годы можно наблюдать растущий интерес отдельных регионов, особенно южных, к развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Однако, для развития солнечной энергетики и оценки её доступного потенциала, для практических целей и разработки предложений по внесению изменений в средне- и долгосрочные планы территориального развития регионов, необходимо реально оценить площади перспективных районов.

В работе на основе теоретического и географического потенциала, были рассчитаны площади малопригодных, пригодных и наиболее пригодных территорий для развития солнечной энергетики (табл. 2).

**Выводы:**

1. Распределение потенциальных гелиоэнергетических ресурсов на территории Республики Казахстан носит в целом зональный характер, что связано с радиационными и циркуляционными процессами;

2. На основании методик IRENA, NREL определен класс пригодности территории Республики Казахстан для развития солнечной энергетики (PV-систем) и концентрированных солнечных электростанций (CSP-систем);

3. Составлены карты теоретического и географического потенциала и определены площади по классу пригодности;

4. Получено, что по теоретическому потенциалу для развития солнечной энергетики и крупных гелиосистем, вся территория Республики классифицируется как пригодная и наиболее пригодная;

5. Для концентрированных солнечных электростанций – как малопригодная и пригодная. Пригодными территориями являются Кызылординская, Жамбылская, Южно-Казахстанская и юго-восточная часть Алматинской области;

6. По оцененному географическому потенциалу, рассчитаны площади пригодных и наиболее пригодных территорий для развития солнечной энергетики;

7. Ранжирование территории Республики Казахстан по приоритету потенциала солнечной радиации (по обеспеченности гелиоресурсами) показало, что целесообразно использовать солнечную радиацию как альтернативный источник энергии для развития солнечных электростанций и для дополнительного источника энергии населению.





## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас солнечных ресурсов Республики Казахстан [Электрон. ресурс]. 2017 – URL: <http://atlassolar.kz/> (дата обращения 7.12.2017)
2. Hermann S., Miketa A., Fichaux N. Estimating the Renewable Energy Potential in Africa A GIS-based approach, IRENA-KTH working paper – International Renewable Energy Agency. – Abu Dhabi: 2014. – 74 p.
3. Lopez A., Roberts B., Heimiller D., Blair N., Porro G. Renewable Energy Technical Potentials: A GIS-Based Analysis, Technical Report, National Renewable Energy Laboratory /TP-6A20-51946 – Colorado: 2012. – 40 p.

Поступила 22.12.2017

Н.Н. Абаев

### ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА КҮН ЭНЕРГЕТИКАСЫН ДАМУҒА ҚОЛАЙЛЫ АУДАНДАРДЫ АНЫҚТАУ

**Түйінді сөздер:** жалпы күн радиациясы, тікелей күн радиациясы, теориялық әлеует, географиялық әлеует

*Мақалада Қазақстан Республикасының күн ресурстарының Атласы негізінде ҚР аумағында күн энергетикасын дамытуға қолайлы аудандарды анықтау бойынша жүргізілген жұмыстардың нәтижелері келтірілген. Қолайлы аудандарды анықтау жанданатын энергетика саласында жұмыс атқаратын халықаралық ірі NREL және IRENA мекемелерінде дайындалып, пайдаланылатын әдістемелер бойынша жүргізілді. Мақалада Қазақстан Республикасының күн ресурстарының теоретикалық және географиялық потенциалы анықталған. Аймақтың рейтингісі күн электр станцияларын дамыту үшін баламалы энергия көзі ретінде күн радиациясын пайдалану ұсынылғанын көрсетті.*

Abayev N.N.

### THE IDENTIFICATION OF PROMISING AREAS FOR THE DEVELOPMENT OF SOLAR ENERGY IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Key words:** total solar radiation, direct solar radiation, theoretical potential, geographical potential

*In the article, based on the Atlas of Solar Resources of the Republic of Kazakhstan, promising areas for the development of solar energy in the Republic of Kazakhstan are presented. The identification of promising areas was based on the methodology developed and used by major international*

*laboratories in the field of renewable energy NREL and IRENA. The theoretical and geographical potential of solar resources of the Republic of Kazakhstan was determined in the article. The ranking of the territory showed that it is advisable to use solar radiation as an alternative source of energy for the development of solar power plants.*

УДК 504.064.37; 556.16

Канд. техн. наук А.Г. Терехов<sup>1</sup>**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНОГО КАНАЛА  
КАРА-ЕРТИС – КАРАМАЙ: СПУТНИКОВЫЕ ОЦЕНКИ**

**Ключевые слова:** спутниковые снимки, спутниковый мониторинг, бассейн трансграничной реки, водный канал, технические характеристики водного канала

*На основе 32 спутниковых снимков LANDSAT-5, 7, 8 (разрешение 30 м) периода 1989...2017 годов и съёмки спутника QuickBird-2 (разрешение 0,6 м) (21 залёт в течение 2003...2013 гг.) проведена инвентаризация водного канала р. Кара-Ертис – г. Карамай, расположенного на территории Синьцзян-Уйгурского автономного района (СУАР) КНР. Канал используется для переброски воды из трансграничной реки Кара-Ертис в Джунгарскую равнину (внутренняя засушливая территория СУАР). Технические характеристики: самотечный канал, с 8 тоннельными переходами; период строительства около 2 лет, с сентября 1997 по октябрь 1999 гг.; перепад высот 270 м (632...362 м над уровнем моря [БС]); длина – 460,67 км; ширина от 9 до 33 м (в зависимости от уклона). Канал функционирует с апреля по октябрь, период максимальной нагрузки: июнь – июль. Основной задачей канала является обеспечение водой сельскохозяйственных угодий в вегетационный период.*

**Введение.** Одними из самых крупных трансграничных рек в Казахстане, являются реки Или (11,8 км<sup>3</sup> средний годовой сток на границе Казахстана) и Кара-Ертис (Черный Иртыш) (9,8 км<sup>3</sup>) [1], которые приходят с территории Синьцзян-Уйгурского автономного района (СУАР) КНР. В настоящий момент разрабатывается межгосударственное соглашение по регламентации использования трансграничных (Казахстан – КНР) водных ресурсов. В связи с этим, объективная гидрологическая информация о параметрах водопользования в бассейнах трансграничных рек на территории КНР, особенно в аспекте водотранспортной инфраструктуры, направленной на безвозвратное изъятие воды трансграничного речного стока для обводнения внутренних районов КНР, представляет значительный интерес.

---

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

Полная оперативная гидрологическая информация по территории СУАР недоступна для казахстанских экспертов. Поэтому спутниковые данные являются важнейшим источником информации о состоянии воднотранспортной инфраструктуре в СУАР КНР. Водные каналы и водохранилища масштабные объекты. Они могут регистрироваться на спутниковой съёмке с 30 м пространственным разрешением, которые доступны с 1983 года, когда была запущена в эксплуатацию американская спутниковая миссия LANDSAT-[TM]; [ETM+]; [OLI/TIRS] (три природоресурсных аппарата – LANDSAT-5, 7, 8) [3]. На сайте US Geological Survey [<https://glovis.usgs.gov>] архив этих данных доступен на свободной основе. Детальная техническая информация о водном канале р. Кара-Ертис – г. Карамай может быть получена с помощью снимков сверхвысокого пространственного разрешения. Наиболее доступны данные со спутника QuickBird-2 (разрешение от 0,6 м) [5].

**Территория мониторинга.** В работе рассматривались фрагменты территории СУАР КНР, включающие части трансграничного бассейна реки Кара-Ертис, а также внутренние территории: бассейны озёр Улюнгур, Бага-Нур, Дям, Манас; бассейны рек Урунгу, Кубук, Баянхэ, Дарбуты, Манас; расположенные на Джунгарской равнине по пути маршрута водного канала р. Кара-Ертис – г. Карамай.

Территория СУАР КНР отличается засушливостью. Годовое количество осадков невелико и составляет около 150 мм [4]. Сельскохозяйственное освоение земель Джунгарской равнины возможно только при их ирригации. Таким образом, экономическое развитие этих территорий требует водных ресурсов, основная часть которых сосредоточена в речном стоке двух крупнейших рек СУАР, реках Или и Кара-Ертис, которые являются трансграничными и уходят на территорию Казахстана.

Долина р. Или на территории КНР с трёх сторон окружена высокими горными хребтами Восточного Тянь-Шаня, с вершинами 4...5 тыс. м над уровнем (хребты Боро-Хоро, высшая точка 4359 м, Ирен-Хабырга (5248 м), Халык-Тау (4553 м), Борго-Ула (5445 м)) и не имеет прямого выхода к соседним территориям Джунгарской равнины и Тарима, пригодным для сельскохозяйственного использования. С другой стороны, Джунгарская равнина с юга примыкает к бассейну р. Кара-Ертис. Отделённый незначительными возвышенностями бассейн р. Кара-Ертис через систему небольших тоннельных переходов, относительно легко, может быть связан самотечными водными каналами с Джунгарской равниной.

В последние 20 лет такая водная инфраструктура в СУАР была создана. Обычно, эту систему представляют, как два канала: р. Кара-Ертис – г. Карамай и р. Кара-Ертис – г. Урумчи. Однако, эти водные каналы не являются полностью самостоятельными и независимыми. Они имеют одно общее плечо, длиной 135 км, которое идёт от реки Кара-Ертис, огибает с юго-востока озеро Улюнгур и переходит (акведук) через реку Урунгу, затем происходит раздвоение канала. Поэтому, корректней говорить о воднотранспортном инфраструктурном объекте р. Кара-Ертис – Джунгарская равнина, состоящем из трёх частей. После первой, 135 км части от реки Кара-Ертис в глубь Джунгарской равнины за р. Урунгу до развилки, расположена вторая часть, длиной 325 км, которая идет от развилки до центра региональной нефтедобычи – г. Карамай (население свыше 200 тыс. человек). В сумме, это условно, формирует 460-километровый водный канал р. Кара-Ертис – г. Карамай. Третья часть, длиной 457 км, идёт от развилки в район регионального административного центра – г. Урумчи (население свыше 2 млн. человек), с формальным образованием 592 километровой водного канала: р. Кара-Ертис – г. Урумчи. Оба канала заканчиваются в бассейне озера Манас.

**Цель работы.** Целью данной работы являлась спутниковая инвентаризация водного канала р. Кара-Ертис – г. Карамай.

**Исходная информация.** Снимок LANDSAT представляет собой мультиспектральную съёмку подстилающей поверхности Земли в оптических и инфракрасных спектральных каналах с пространственным разрешением 30 м (панхроматический канал с разрешением 15 м) [3]. Для решения поставленных задач использовались спутниковые снимки LANDSAT-5, 7, 8 периода 1989...2017 годов по сеновым позициям WRS-2: 143×27; 143×28; 144×28. Всего было привлечено 32 снимка. Использовались снимки следующих календарных дат залёта спутника [год, месяц, число], по сеновой позиции WRS-2 144×28: 1989 (8.09); 1997 (4.01); 1998 (8.26); 1999 (7.04, 10.08, 11.25); 2000 (3.16, 6.20, 7.06, 8.07, 9.24, 11.11); 2001 (3.19, 5.22, 9.27); 2002 (9.14); 2003 (7.31); 2010 (7.02); 2011 (7.05); 2012 (8.24); 2013 (7.02); 2014 (7.21); 2015 (7.24); 2016 (6.24); 2017 (7.29); по сеновой позиции WRS-2 143×27: 1996 (9.14); 1997 (9.01, 10.03); 1998 (5.31); 1999 (10.25); 2017 (7.22); по сеновой позиции WRS-2 143×28: 2017 (7.22).

Детальная информация по техническим характеристикам канала р. Кара-Ертис – г. Карамай и режимам его работы основывалась на анализе спутниковой съёмки сверхвысокого пространственного разрешения –

QuickBird-2 (разрешение 0,6 м) [5]. Спутник QuickBird-2, работал на орбите с 2001 по 2015 год и снимал земную поверхность с пространственным разрешением 61 см в надир в панхроматическом режиме и от 1,63 до 2,44 м, (в зависимости от угла сканирования) в мультиспектральном режиме. В работе использовалась информация по 21 залёту этого спутника в период 2003...2013 гг. [год, месяц, число]: 2003 (8.31); 2005 (5.06; 5.11; 6.11; 8.04; 9.27); 2010 (6.26; 7.21; 10.17); 2011 (6.04); 2013 (3.27; 4.07; 4.21; 5.28; 6.13; 6.23; 7.26; 8.20; 9.08; 11.02).

Гипсометрическое описание профиля канала базировалось на спутниковой 3-D модели рельефа местности GOOGLE-Earth Elevation [4].

**Методика обработки данных.** Тематические задачи работы включали: распознавание признаков строительства канала (начало – окончание); календарные даты и степень заполнения технических водоёмов, связанных с работой канала; оценку ширины канала и степень его наполнения водой. Решение этих задач базировалось на экспертном дешифрировании спутниковых изображений, с последующей оцифровкой и численной оценкой технических параметров выделенных целевых объектов.

**Полученные результаты.** Картирование водного канала р. Кара-Ертис – г. Каратай, позволило определить маршрут канала, его длину, гипсометрический профиль, схему взаимодействия с другим водным каналом р. Кара-Ертис – г. Урумчи, рис. 1.

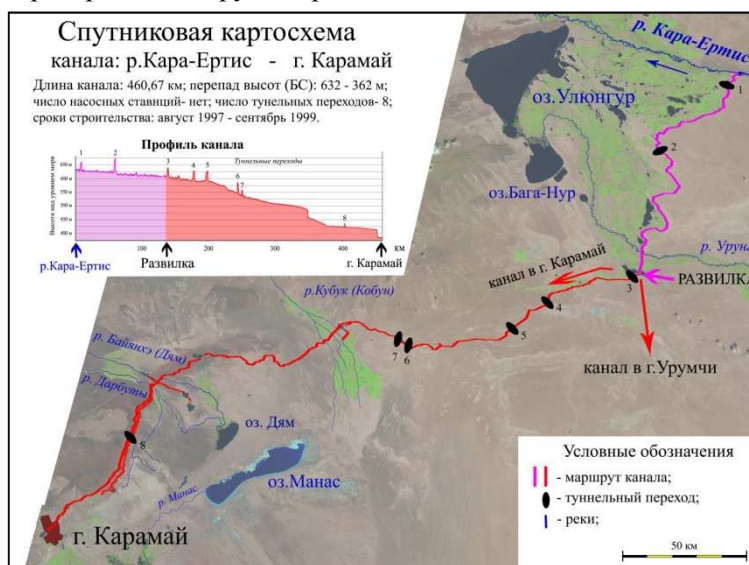


Рис. 1. Картосхема фрагмента водотранспортной инфраструктуры р. Кара-Ертис – Джунгарская равнина; плечо – «канал р. Кара-Ертис – г. Каратай». Спутниковая основа – снимки LANDSAT-8 за июль 2017 г.

По данным спутниковой съёмки в СУАР КНР функционирует единая воднотранспортная инфраструктура р. Кара-Ертис – Джунгарская равнина, условно включающая два водных канала р. Кара-Ертис – г. Карамай и р. Кара-Ертис – г. Урумчи. Оба канала имеют общую часть длиной 135 км, которая идёт от р. Кара-Ертис, на юго-запад, через р. Урунгу (акведук). Затем происходит раздвоение канала, одна часть уходит в г. Карамай, другая в г. Урумчи, рис. 1.

Анализ исторической спутниковой съёмки LANDSAT позволил определить даты строительства воднотранспортной инфраструктуры. Начало работ (земляные работы) на р. Кара-Ертис относится к сентябрю 1997 г. (рис. 2). Окончание работ, примерно, к сентябрю-октябрю 1999 г. (рис. 3). Дата прихода воды в г. Карамай, оценивалась по времени начала заполнения технических водоёмов в районе г. Карамай, связанных с работой водного канала (рис. 3в).

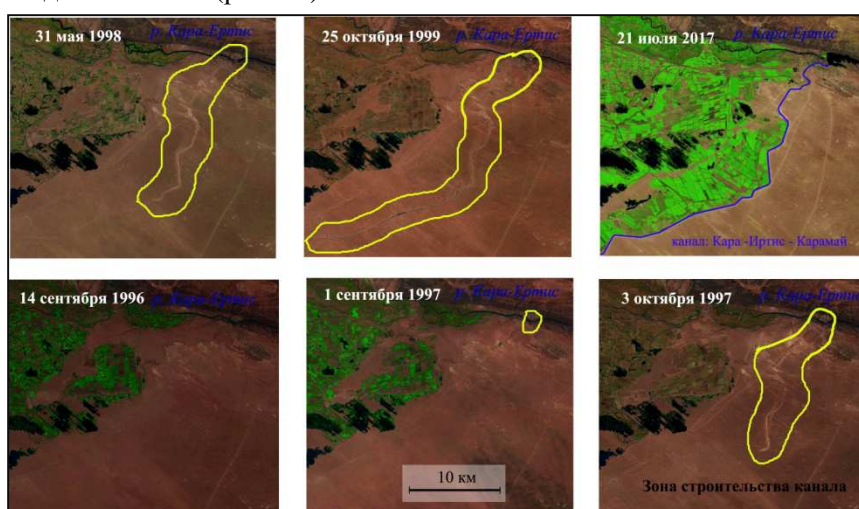


Рис. 2. Фрагменты снимков LANDSAT периода 1997...2017 гг. за различные календарные даты, иллюстрирующие начало строительства воднотранспортной инфраструктуры р. Кара-Ертис – Джунгарская равнина (район р. Кара-Ертис). Зона строительства обведена желтой линией.

Таким образом, первая очередь воднотранспортной инфраструктуры р. Кара-Ертис – Джунгарская равнина, до г. Карамай, строилась, около 2-х лет, с 1997 по 1999 год (рис. 2, 3).

Технические характеристики водного канала (акведуки, туннельные переходы), ширина и степень заполнения водой, сезонный режим загрузки определялись по данным спутниковой съёмки сверхвысокого пространственного разрешения. По маршруту р. Кара-Ертис – г. Карамай, за-

регистрировано 8 туннельных переходов, с соответствующей длиной: №1 – 1838 м; №2 – 2361 м; №3 – 2027 м; №4 – 2404 м; №5 – 3423 м; №6 – 1510 м; №7 – 700 м; №8 – 132 м; и общей суммарной длиной 14395 м (рис. 1). Сам канал представляет собой гидроизолированное бетонное сооружение различного профиля и ширины. С ростом уклона ширина водного канала уменьшалась, варьируя по маршруту от 9 до 33 м (рис. 4).

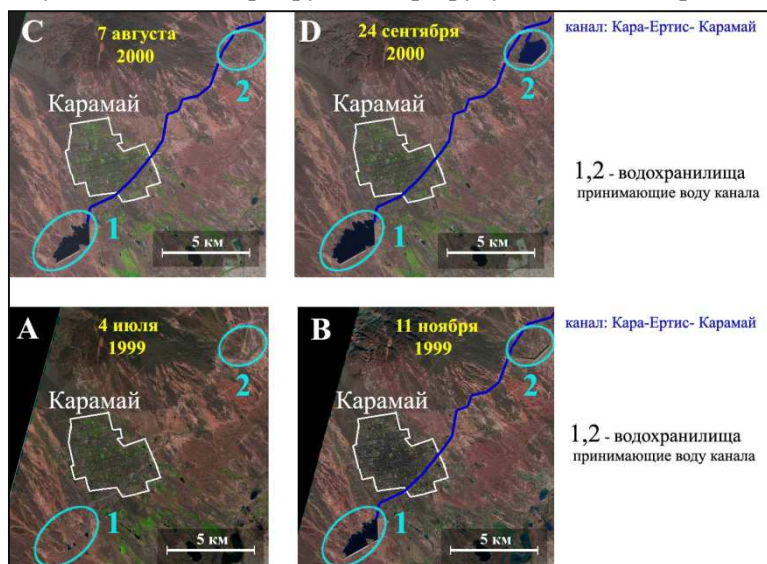


Рис. 3. Фрагменты снимков LANDSAT периода 1999...2000 гг. даты (А, В, С, D), иллюстрирующие календарные даты прихода воды р. Кара-Ертис в г. Карамай, по заполнению технических водоёмов (1, 2).

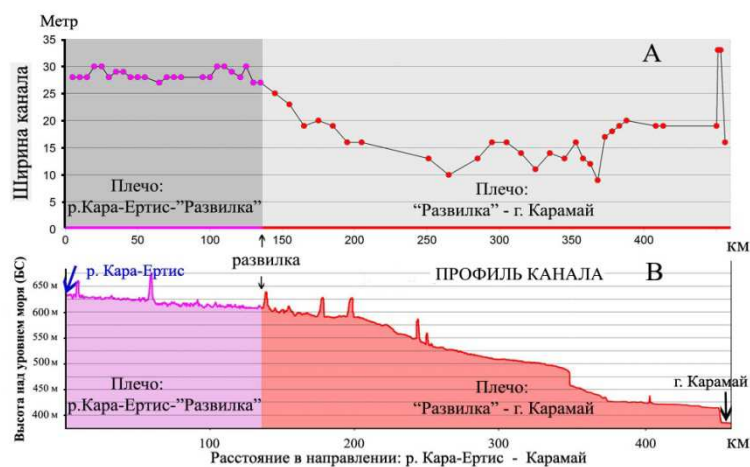


Рис. 4. Водный канал р. Кара-Ертис – г. Карамай: А – спутниковые оценки ширины канала (по ходу маршрута [1...467 км]); В – гипсометрический профиль маршрута канала.



После развилки, ширина канала заметно снижается, в среднем с 28 до 18 м, что является следствием уменьшения расхода воды, часть которого уходит по отдельному каналу в направлении г. Урумчи.

На большей части маршрута водный канал представлял собой конусовидное бетонное ложе (за исключением частей, траверсирующих крутые горные склоны, где он имеет П-образный профиль), что давало возможность диагностировать степень его заполнения водой, через долю проективного покрытия водой створа канала. Отнесение степени наполненности водой канала к календарной дате залёта спутника позволило восстановить сезонный режим его загрузки (рис. 5).

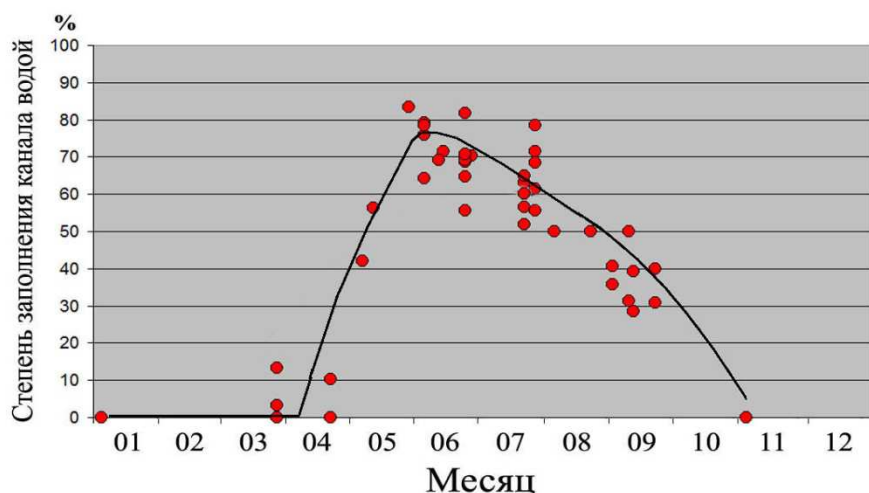


Рис. 5. Диагностика режима сезонной загрузки водного канала р. Кара-Ертис – г. Карамай. Построено на основе спутниковых данных QuickBird-2 (разрешение 0,6 м) в сезонах 2003, 2005, 2010, 2011, 2013 гг.

Канал не заполнен водой в течение ноября – марта. Понятно, что температура воздуха в период декабрь – февраль довольно низка, что может приводить к образованию льда и затруднять транспортировку воды. Но загрузка резко уменьшается, начиная уже со второй половины августа. Причина наблюдаемой сезонности, очевидно, связана с потребителями воды, которых в холодный период гораздо меньше. Основная нагрузка на канал приходится на июнь – июль, что точно синхронизировано с сельскохозяйственными потребностями (поливная пашня). Таким образом, можно заключить, что основной потребитель воды канала р. Кара-Ертис – г. Карамай это сельскохозяйственные земли. А промышленные (нефтедобыча) или коммунальные (городское хозяйство) потребители играют второстепенную роль.

**Выводы.** Спутниковые данные среднего пространственного разрешения LANDSAT-5, 7, 8 (30 м), с архивом (с 1989 г.); и сверхвысокого пространственного разрешения QuickBird-2 (0,6 м), с архивом (2003...2013 гг.) дают возможность проводить инвентаризацию и диагностику некоторых характеристик водных каналов, расположенных на сопредельных территориях, для которых отсутствует доступ к наземной информации. Применительно к каналу р. Кара-Ертіс – г. Карамай, спутниковая информация позволила не только восстановить маршрут канала и основные технические характеристики (длина, ширина, перепад высот), но и диагностировать параметры сезонной загрузки и соответственно определять круг основных потребителей воды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов Казахстана // Астана. 2015. – 143 с. [Электрон. ресурс]. – URL: <http://mgov.kz/wp-content/uploads/2016/01/rus.doc> (дата обращения: 16.10. 2017).
2. Climatological Atlas of the People's Republic of China // China Meteorological Press. Zhonghua Renmin. Gongheguo Qihou Tuji – 2002. – 250 p.
3. Landsat Mission [Электрон. ресурс]. – URL: <http://landsat.usgs.gov/landsat-project-description> (дата обращения: 16.10. 2017)
4. Measure distance & elevation [Электрон. ресурс]. – URL: <http://support.google.com/earth/answer/148134?hl=en> (дата обращения: 16.10. 2017).
5. QuickBird Mission [Электрон. ресурс]. – URL: <http://www.spaceimagingme.com/downloads/sensors/datasheets/QuickBird-DS-QB-Web.pdf> (дата обращения: 16.10. 2017)

Поступила 23.10.2017

Техн. ғылымд. канд. А.Г. Терехов

#### **ҚАРА-ЕРТІС – ҚАРАМАЙ СУ КАНАЛЫНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ: ЖЕРСЕРІКТІК БАҒАЛАУ**

*Түйінді сөздер:* жерсеріктік суреттер, жерсеріктік мониторинг, трансшекаралық өзендердің бассейні, су каналы, су каналының техникалық сипаттамасы

*ҚХР Синьцзян-Уйгур автономиялық ауданында (СУАА) орналасқан Қара-Ертіс – Қарамай қаласының су каналының инвентаризациясы 1989...2017 жылдар аралығындағы LANDSAT-5,*

7, 8 32 жерсеріктік суреттердің (30 м көрсетілімі) және 2003...2016 жылдар аралығындағы 21 QuickBird-2 жерсеріктік суреттердің (0,6 м көрсетілімі) арқасында жасалған. Су каналы трансшекаралық Қара-Ертіс өзенінен Жонғар жазықтығына (СУАА-ның ішкі аудандары) суды аудару үшін қолданылады. Техникалық сипаттама: 8 тоннельдік өткелі бар су ағатын канал; салынған жылдары 2 жыл (1997 жылдың қыркүйегі – 1999 қазан айы); биіктіктің айырмасы 270 м (теңіз деңгейінен 632...362 м [БС]); ұзындығы – 460,67 км; кеңдігі – 9 метірден 33 метірге дейін (ылдига байланысты). Канал сәуірден бастап қазанға дейін жұмыс істейді, максималды жұмыс салмағы маусым-шілде айларына келеді. Каналдың бастапқы мақсаты вегетациялық мезгілде ауыл шаруашылық жерлерді сумен қамтамасыз ету.

Terekhov A.G.

### **TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE KARA-ERTIS – KARAMAY WATER CANAL: SATELLITE ESTIMATIONS**

**Keywords:** satellite images, satellite monitoring, transboundary river basin, water canal, technical characteristics of the water canal

*Based on 32 images of LANDSAT-5, 7, 8 (resolution 30 m) during 1989...2017 years and 21 passing of QuickBird-2 (resolution 0,6 m) during 2003...2015 years, an inventory of the water canal: River Kara-Ertis – city Karamay, located in the Xinjiang Uygur autonomous rayon (XUAR) of the China, was made. The canal is used to transfer water from the trans-boundary Kara-Ertis River to the Dzungar Plain (the internal dry territory of the XUAR). The technical canal's characteristics: the gravity water canal, with 8 tunnel passages; the construction period is about 2 years (September 1997 – October 1999); the altitude difference is 270 m (from 632 to 362 meters above sea level [Baltic System]); length is 460,67 km; width are from 9 to 33 meters (depending on the slope steepness). The canal operates from April to October, the period of maximum load is June-July. The main task of the canal is to provide water to the arable lands of XUAR during the vegetation season.*

УДК 551.461 (476)

Доктор техн. наук	М.Ж. Бурлибаев <sup>1</sup>
Доктор геогр. наук	А.А. Волчек <sup>2</sup>
Канд. техн. наук	С.И. Парфомук <sup>2</sup>
PhD	Д.М. Бурлибаева <sup>3</sup>

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ОЗЕРА БАЛКАШ**

**Ключевые слова:** водный режим, колебания, моделирование, траектория, уровень воды

*Средние годовые значения уровня воды в озере Балкаш (Балхаш) с 1879 по 2010 гг. разложены на 3 составляющие: полиномиальную регрессию 7-го порядка, периодическую составляющую синусоидального характера и остаточную последовательность независимых случайных величин. С их применением проведено моделирование траектории колебания уровня озера. Смоделированная траектория длиной 200 значений продемонстрировала низкую вероятность снижения уровня воды в озере ниже 341 м над уровнем моря, равную 1,5 %.*

**Введение.** Особенностью природных водных ресурсов в современных условиях является то, что вода участвует не только в естественном, но и в антропогенном круговороте, а это может оказать существенное влияние на установившееся в природной среде экологическое равновесие [8].

В настоящее время Казахстан начинает испытывать нехватку водных ресурсов и по прогнозам к 2040 году может столкнуться с существенным дефицитом водных ресурсов в объеме 50 % от потребности. Как было отмечено в Государственной программе управления водными ресурсами Казахстана на 2014...2020 гг., крайне важно укреплять принципы и практики интегрированного управления водными ресурсами [5].

Балкаш-Алакольский бассейн (рис. 1) является одним из крупнейших озерных экосистем планеты и представляет собой уникальный природный комплекс, по площади превышающий размеры многих государств [13]. В бассейне проживает пятая часть населения Казахстана, половину

<sup>1</sup> Казахское агентство прикладной экологии, г. Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> Брестский государственный технический университет, Беларусь;

<sup>3</sup> Институт географии МОН РК, г. Алматы, Казахстан

которой составляют сельские жители. Бассейн занимает обширную территорию на Юго-востоке Казахстана и Китая, его площадь составляет 450 тыс. км<sup>2</sup>. В казахстанскую часть Балкашского бассейна попадает территория Алматинской области, Мобынкумского, Кордайского и Шуского районов Жамбылской области, Актогайского, Шетского и Каркаралинского районов, городов Приозерск, Балкаш Карагандинской области, Урджарского, Аягозского районов Восточно-Казахстанской области, а также северо-западная часть Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая. В бассейне расположен крупный мегаполис – г. Алматы. Озеро Балкаш является третьим по величине в Казахстане бессточным водоемом. Котловина озера вытянута и расчленена. Сужением котловины и подводным порогом озеро делится на Западную и Восточную части, соединенные узким проливом Узунарал (шириной до 1970 г. около 12 км, а в настоящее время – около 3,5...4,0 км). В Западном Балкаше вода слабо солоноватая, а в восточной части – соленая, с высоким уровнем минерализации [3].



Рис. 1. Балкаш-Алакольский бассейн.

Основным потребителем водных ресурсов в Казахстане, как и в других странах Центрально-Азиатского региона, является сельское хозяйство (орошение), на долю которого приходится свыше 90 % всего потен-

циала поверхностного стока. На орошаемых землях широко распространен ручной способ полива воды по полосам и бороздам, не всегда соблюдаются севооборот, нормы и режим поливов. Особенно велик водозабор на выращивание риса. Например, на Акдалинском орошаемом массиве фактический водозабор достигал в среднем 70 тыс. м<sup>3</sup>/га. Применение прогрессивных методов полива (дождевание, капельное и почвенное орошение) затрудняется неправильной формой и мелкоконтурностью участков, плохой спланированностью поверхности [9].

При этом главными факторами негативного воздействия на водные ресурсы являются нерациональное использование воды, а также загрязнение и разрушение экосистем бассейна. Для решения проблем необходимо совершенствовать систему управления водными ресурсами и принимать совместные решения по оптимизации водопользования в регионе. Помимо этого, в мировой практике особенно остро ставятся вопросы о трансграничном переносе загрязняющих веществ по речным системам, как в свете оценки роли отдельных регионов и водопользователей в загрязнении трансграничных рек, так и в смысле общих вопросов урегулирования межгосударственных интересов и проблем в области использования и охраны поверхностных вод [4].

В настоящее время основными проблемами двухсторонних отношений Республики Казахстан и Китайской Народной Республики в плане совместного использования водных ресурсов является вопрос увеличения водозаборов на территории КНР из трансграничных рек Или (Иле) и Иртыша (Ертыс) [12]. Река Или является крупнейшей водной артерией озера Балкаш и обеспечивает около 80 % притока свежих речных вод, благодаря чему уровень озера находился в экологически устойчивом состоянии и предотвращал процессы опустынивания в этом регионе Центральной Азии. Однако дальнейший, постоянно увеличивающийся водозабор китайской стороной и ухудшение качества воды в реке может привести к экологической катастрофе в Балкаш-Алакольском бассейне. В связи с этим вопросы, связанные с рациональным использованием земельных и водных ресурсов, защиты подземных и поверхностных вод от истощения и загрязнения являются весьма актуальными [2].

Целью настоящей работы является моделирование возможных колебаний среднего годового уровня воды озера Балкаш.

**Методика расчета.** Если рассматривать колебания уровня озера в плоскости (приращение уровня), то исключается явная зависимость коле-

баний уровня от времени, так как исходные данные на плоскости представляются множеством точек [6]. Для этого множества точек можно построить выборочную регрессию, показывающую меру разброса экспериментальных точек вокруг некоторой функции  $g(x)$ , называемой регрессией. Чаще всего мера разброса для непрерывной на заданном отрезке функции  $g(x)$  определяется формулой

$$Q(g) = \sum_{j=1}^n (y_j - g(x_j))^2, \quad (1)$$

где  $y_j$  – ордината;  $x_j$  – абсцисса экспериментальных наблюдений.

Теорема Вейерштрасса гласит, что любая непрерывная на конечном отрезке функция может быть приближена алгебраическим полиномом с любой заданной точностью, поэтому ее можно применять для анализа колебаний уровня воды с применением параметрической модели вида [6]:

$$\Delta H = \Phi(H) + \gamma(t), \quad (2)$$

где  $H$  – уровень водоема;  $\Delta H$  – его приращения;  $\gamma(t)$  – случайная возмущающая сила;  $\Phi(H)$  – алгебраический полином, называемый автономной (не зависящей от времени) регрессией.

В автономное уравнение или систему автономных уравнений явно не входит независимая переменная (время), что означает, что закон изменения неизвестных функций, описываемых автономным уравнением или системой автономных уравнений, не меняется с течением времени [10]. Поэтому, полученное решение этого уравнения дает возможность проводить моделирование уровня воды за пределами рассматриваемого отрезка времени.

Для проведения расчетов и последующего моделирования исходные данные наблюдений нормируются с помощью преобразования:

$$Z(t) = \frac{2H(t) - H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}}, \quad (3)$$

где  $Z(t)$  – нормированная величина уровня водоема;  $H(t)$  – исходный уровень в момент времени  $t = 1, \dots, N$ ;  $H_{\max} = \max_{1 \leq t \leq N} H(t)$  – максимальный уровень;  $H_{\min} = \min_{1 \leq t \leq N} H(t)$  – минимальный уровень водоема.

Метод построения параметрической регрессии основан на использовании следующей линейной относительно параметров дифференциально-разностной модели [1]:

$$Z(t+1) - Z(t) = \Phi(Z(t)) + \gamma^{(k)}(t), \quad (4)$$

где  $\gamma^{(k)}(t)$  – остаточная последовательность модели регрессии порядка  $k$ , а  $\Phi(Z(t))$  определяется из соотношения:

$$\Phi(Z(t)) = \sum_{i=0}^k a_i Z^i(t).$$

Будем предполагать, что эта последовательность имеет постоянное математическое ожидание и дисперсию, а ее значения некоррелированы. Оценки параметров  $a_i$  определяются из условия минимума функции  $Q$  методом наименьших квадратов:

$$Q(a_0, a_1, \dots, a_k) = \sum_{t=1}^{N-1} \left[ Z(t+1) - Z(t) - \sum_{i=0}^k a_i Z^i(t) \right]^2, \quad (5)$$

где  $k$  – степень полинома;  $N$  – число статистических данных наблюдений.

Функция  $Q(a_0, a_1, \dots, a_k)$  достигает минимума в точках, где производные по соответствующим переменным обращаются в ноль. Полученные уравнения являются линейными относительно параметров и решаются обычным способом. Степень полинома  $k$  выбирается при условии стабилизации суммы квадратов остаточной последовательности.

При решении уравнения  $\Phi(Z(t)) = 0$  получают равновесные положения уровня для нормированных данных, а соответствующие им равновесные абсолютные положения уровня при рассмотрении производной в полученных точках означают устойчивое (знак « $\leftarrow$ ») или неустойчивое (знак « $\rightarrow$ ») состояние [10]. Для наглядности движения идеальной точки под действием случайной вынуждающей силы рассматривают потенциал

$$U(H) = \int \Phi(H) dH. \quad (6)$$

Минимумы потенциала соответствуют устойчивым состояниям равновесия, а максимумы – неустойчивым.

Для моделирования траектории исследуется остаточная последовательность. Если исследуемая функция  $Y(t)$  есть сумма периодической функции  $f_p(t)$  с периодом  $P_0$  и шума  $\varepsilon(t)$ , то при наложении отрезков ряда  $Y_k$  длиной  $P_0$  друг на друга выявляется вид периодической функции  $f_p(t)$ . Для этого необходимо свернуть временной ряд с периодом  $P_0$  и рассмотреть фазовую диаграмму этого периода. Фазовая диаграмма пред-



ставляет собой зависимость  $Y_k$  от  $X_k$ , где абсцисса  $X_k$  определяется следующим выражением [11]:

$$X_k = fr \left( \frac{t_k - t_*}{P_0} \right), \quad k = 1, \dots, N, \quad (7)$$

где  $fr$  – дробная часть числа;  $t_k$  – моменты времени наблюдений;  $t_*$  – произвольно выбранный момент времени.

**Исходные данные и результаты исследований.** В основу исследования положены материалы наблюдений с 1879 по 2010 гг. за средним годовым значением уровня воды в оз. Балкаш. Для проведения анализа имеющегося ряда данных наблюдений построен график колебаний уровня воды оз. Балкаш на исследуемом интервале на высоте 340 м над уровнем моря, изображенный на рис. 2.

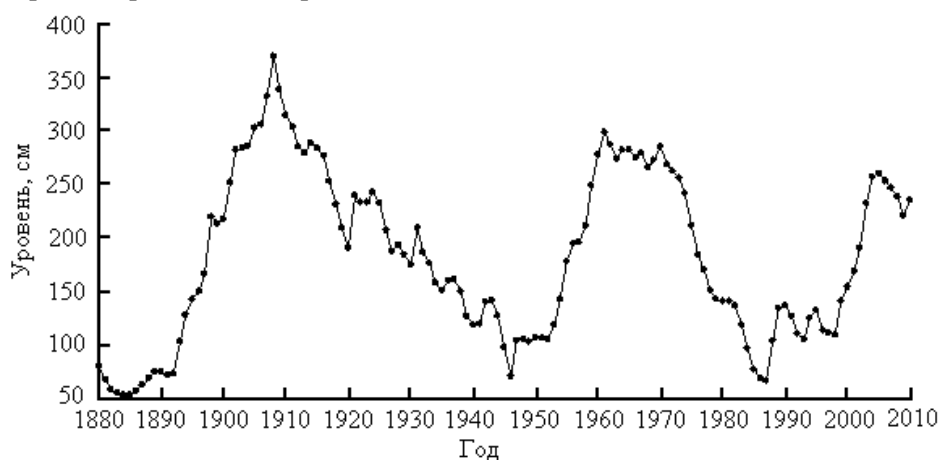


Рис. 2. Колебания уровня озера Балкаш, 1879...2010 гг.

Для моделирования колебаний уровня во избежание ошибок при округлении в вычислениях, исходные данные были нормированы с помощью преобразования (3). При использовании нормированных данных для модели (4)...(5) были рассчитаны суммы квадратов остаточной последовательности  $\gamma^{(k)}(t)$  для степени полинома  $k$ , равной числам от 3 до 9 включительно. Полученные результаты свидетельствуют о стабилизации остаточной суммы квадратов нормированных данных при  $k = 7$ , поэтому дальнейшего увеличения порядка регрессии не требуется (рис. 3).

Далее методом наименьших квадратов была рассчитана функция  $\Phi(Z(t))$ , описывающая колебания нормированных данных наблюдений и представленная в виде полиномиальной регрессии 7-й степени:

$$\Phi(Z(t)) = 0,6751Z^7(t) - 0,6185Z^6(t) - 1,5607Z^5(t) + 0,6909Z^4(t) + 0,9412Z^3(t) - 0,1869Z^2(t) - 0,1588Z(t) + 0,0147 \quad (8)$$



Рис. 3. Зависимость суммы квадратов остаточной последовательности от степени полинома.

Равновесные положения уровня являются корнями уравнения  $\Phi(Z(t)) = 0$  и принимают для нормированных данных значения  $Z_1 = 0,088$ ,  $Z_2 = 0,522$ , что соответствует двум значениям уровня  $H_1 = 225,461$  см,  $H_2 = 294,806$  см, являющихся положениями равновесия (рис. 4).

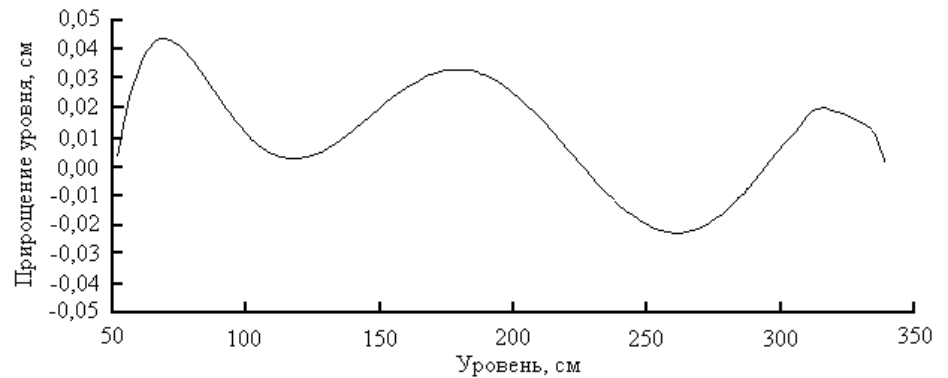


Рис. 4. Полиномиальная регрессия 7-го порядка в абсолютном масштабе.

Используя выражение (6), исследован потенциал уровня оз. Балкаш (рис. 5). Точки экстремумов потенциала совпадают с корнями уравнения  $\Phi(Z(t)) = 0$ . При этом для оз. Балкаш характерно наличие одного минимума  $H_1 = 225,461$  см (устойчивое состояние равновесия) и одного максимума  $H_2 = 294,806$  см (неустойчивый уровень).

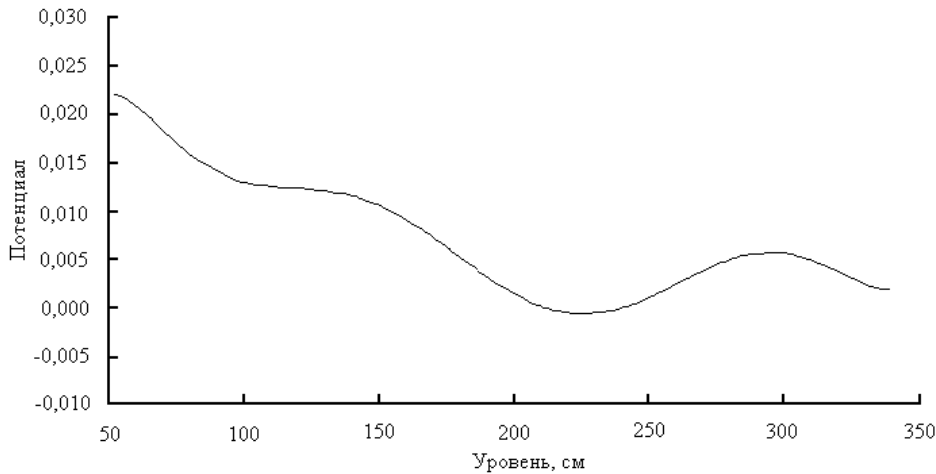


Рис. 5. Потенциал регрессии 7-го порядка.

Для моделирования траектории колебания уровня была исследована остаточная последовательность. Период  $P_0$  остаточной последовательности определен с применением спектрально-временного анализа, в основу которого положено вычисление спектров вариации на скользящих временных отрезках [7]. Для уровня оз. Балкаш выявлен 2-летний цикл, что положено в основу построения фазовой диаграммы на основании соотношения (7), изображенной на рис. 6.

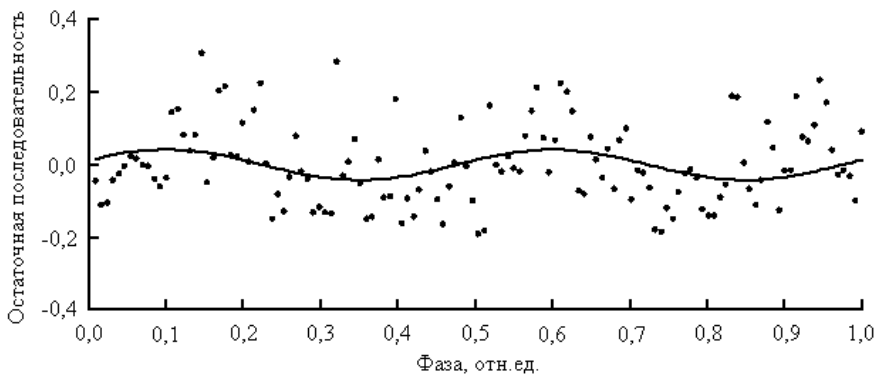


Рис. 6. Фазовая диаграмма остаточной последовательности

Предположим, что фазовая диаграмма остаточной последовательности имеет характерную для сезонных колебаний синусоидальную форму, тогда ее можно представить следующим образом:

$$\gamma^{(7)}(t) = A_0 + A_1 \sin 4\pi t + A_2 \cos 4\pi t + \varepsilon(t), \quad t = 1, 2, \dots, N, \quad (9)$$

где  $\varepsilon(t)$  – последовательность независимых одинаково распределенных случайных величин.

Значения неизвестных параметров выражения (9) получены методом наименьших квадратов и имеют следующие значения:  $A_0 = 0$ ,  $A_1 = 0,04010$ ,  $A_2 = 0,01327$ . После удаления из остаточной последовательности периодической составляющей рассчитаны параметры последовательности  $\mathcal{E}(t)$ , имеющие следующие значения: математическое ожидание  $M_k = 0$  и стандартное отклонение  $\sqrt{D_k} = 0,1073$ .

Для моделирования траектории колебания уровня озера выражение (9) преобразуется к следующему выражению:

$$Z(t+1) = 0,6751Z^7(t) - 0,6185Z^6(t) - 1,5607Z^5(t) + 0,6909Z^4(t) + 0,9412Z^3(t) - 0,1869Z^2(t) - 0,8412Z(t) + 0,0147 + A_0 + A_1 \sin 4\pi t + A_2 \cos 4\pi t + \mathcal{E}(t), \quad (10)$$

где  $\mathcal{E}(t)$  – остаточная последовательность, имеющая нормальное распределение с параметрами  $N(0; 0,1073)$ .

На рис. 7 представлена траектория, смоделированная с помощью автономного дифференциально-разностного уравнения и периодической составляющей. Траектория демонстрирует переходы от верхнего уровня к нижнему, резкие либо постепенные подъемы и падения. Такая траектория позволяет получить вероятностный прогноз методом математического моделирования – построения достаточно большого числа траекторий и расчета на их основе вероятностей достижения того или иного уровня.

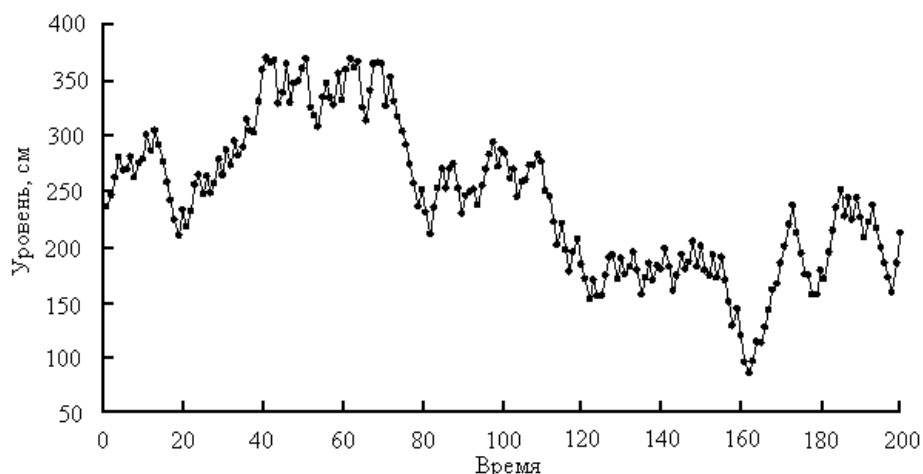


Рис. 7. Смоделированная траектория колебаний уровня озера Балкаш.

Моделирование по формуле (10) траектории длиной 200 значений показало, что ниже предела 100 см, что в абсолютном выражении соответствует 341 м над уровнем моря, выходят 3 значения или 1,5%. Это позво-

ляет говорить о том, что вероятность достижения минимального годового уровня озера Балкаш маловероятна.

**Заключение.** В результате проведенных исследований исходные данные разложены на 3 составляющие: полиномиальную регрессию, позволяющую определить не зависящий от времени закон траектории; периодическую составляющую синусоидального характера и остаточную последовательность независимых случайных величин. Моделирование основано на детерминированной части, состоящей из регрессии 7-го порядка и периодической составляющей, а также случайной части, состоящей из независимых одинаково распределенных величин.

С применением предложенной модели можно рассчитывать траектории колебаний уровня озера Балкаш. Смоделированная траектория длиной 200 значений продемонстрировала низкую вероятность снижения уровня воды в озере ниже 341 м над уровнем моря, равную 1,5 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Исследование зависимостей / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 487 с.
2. Бурлибаев М.Ж. О проблемах использования и загрязнения поверхностных вод в экосистеме озера Балхаш // Современные проблемы геоэкологии и созологии: Доклады междунар. науч.-практ. конф. – Алматы: Шартарап, 2001. – С. 308-311.
3. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Скольский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Смирнова Д.А., Ефименко А.В., Милюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. – Алматы: Қағанат, 2014. – Т. 1. – 742 с.
4. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Николаенко А., Турсунов Э.А. Современное экологическое состояние экосистем Или-Балкашского бассейна. – Алматы: ОО «OST-XXI век», 2009. – 130 с.
5. Джабасов М.Х., Карагодин П.Ф., Ошлаков Г.Г. Геолого-гидрогеологические условия Южно-Прибалхашской впадины в свете новых данных / В кн. «Региональные гидрогеологические исследования в Казахстане». – Алма-Ата: Наука, 1971. – С. 51-57.
6. Информационный бюллетень: Материалы 18-го заседания Балкаш-Алакольского Бассейнового Совета и тренингов по водосберегающим технологиям (25-26 июня 2014 г., г. Алматы)/ Сост. Жакенова С.А., Хон О.В. – Алматы: 2014. – 116 с.

7. Кожевникова И.А., Швейкина В.И. Моделирование колебаний уровня озера Кинерет // Водные ресурсы. – 2014. – Том 41. – № 1. – С. 565-572.
8. Логинов В.Ф., Иконников В.Ф. Спектрально-временной анализ уровенно-го режима озер и колебаний расходов воды крупных рек Беларуси / Природопользование: сб. научн. тр. – Минск: 2003. – Вып. 9. – С. 25-33.
9. Оганесян К., Тадевосян Г. К проблеме использования трансграничных водных ресурсов. – ЭКВАТЭК-2004. – Ч. 1. – 52 с.
10. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения – М.: Наука, 1965. – 331 с.
11. Теребиж В.Ю. Анализ временных рядов в астрофизике – М.: Наука, 1992. – 389 с.
12. Трансграничные воды в Казахстане: наш ограниченный ресурс. // ЭкоВести. – № 2-3 (40-41), февраль 2005. – С. 2-5.
13. Турсунова А.А., Мырзахметов А.Б. Водные ресурсы Иле-Балкашского бассейна с учетом международных принципов совместного использования // Европейская наука XXI века: Матер. междуна. науч. конф., Пшемьсль, Польша. – 2012 – С. 23-34.

Поступила 10.11.2017

Техн. ғылымд. докторы	М.Ж. Бурлибаев
Геогр. ғылымд. докторы	А.А. Волчек
Техн. ғылымд. канд.	С.И. Парфомук
PhD	Д.М. Бурлибаева

#### **БАЛҚАШ КӨЛІ ДЕҢГЕЙІНІҢ АУЫТҚУЫН МОДЕЛДЕУ**

**Түйінді сөздер:** су режимі, ауытқуы (тербелуі), моделдеу, траектория, су деңгейі

*Балқаш көлі су деңгейінің 1879 жылдан 2010 жыл аралығындағы орташа жылдық мәндері 3 құрамдастырылымдарда орналасқан: 7 кезектегі полиномиалді регрессияда, кезеңдік қалыптасқан синусоидты сипатта және қалған жүйелік тәуелсіз кездейсоқ шамада. Оларды қолданумен көл деңгейінің ауытқу траекториясын моделдеу жүргізілді. Ұзындығы 200 шамадағы моделденген траектория көл деңгейінің төмендеуі 341 м теңіз деңгейінен, 1,5 % құрайтын елеусіз мүмкіндікті көрсетті.*

Burlibayev M.Zh., Volchak A.A., Parfomuk S.I., Burlibayeva D.M.

#### **MODELLING FLUCTUATIONS IN THE LEVEL OF LAKE BALKASH**

**Key words:** water regime, fluctuations, modelling, trajectory, water level

*The average annual values of the water levels in the Balkhash Lake for the period 1879...2010 are divided into 3 components: a polynomial regression of 7-th order, the periodic component of sinusoidal type and the residual sequence of independent random values. Their application is used for modelling fluctuations of the Balkhash Lake. Simulated trajectory with a length of 200 values showed a low probability (equal to 1,5 %) of lowering of the water level in the lake below 341 m above sea level.*

УДК 556.11:639.3

О.А. Шарипова<sup>1</sup>**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ  
КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ  
ПОКАЗАТЕЛЯМ**

**Ключевые слова:** кислородный режим, биогены, органическое вещество, минерализация воды

*В статье представлены результаты гидрохимических исследований 2016...2017 гг. водоемов, расположенных в Нуринском районе Карагандинской области. Дана оценка состояния водоемов по химическим показателям с целью определения их рыбохозяйственного статуса.*

На территории Центрального Казахстана водоемы распределены неравномерно. Наибольшей «плотностью» водных объектов отличается Нуринский район Карагандинской области, на площади которого расположена одна пятая часть всех естественных водоемов данного региона [2]. Хозяйственная деятельность человека по освоению аридной зоны потребовала большого количества пресной воды, что способствовало строительству копаней, прудов, каналов и водохранилищ. В сложившейся ситуации необходимо не только учитывать все водные ресурсы, но и проводить комплексное изучение состояния экосистем водоемов с целью решения проблемы их рационального использования.

Цель работы заключается в оценке современного состояния отдельных водоемов Нура-Сарысуского бассейна Карагандинской области по гидрохимическим показателям для определения их рыбохозяйственного статуса.

Материалом послужили результаты исследований 2016...2017 гг. 16 водоемов, расположенных на территории Нуринского района. В сравнительном анализе использовались данные по химическому составу вод из литературных источников.

Исследуемые водоемы значительно различаются по основным гидрохимическим параметрам среды, что связано с особенностями гидрогеологических условий (табл.).

---

<sup>1</sup> Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, Казахстан



Таблица

Гидрохимические показатели воды исследуемых водоемов  
(средние значения)

pH	Растворенные газы, мг/дм <sup>3</sup>		Биогенные соединения, мг/дм <sup>3</sup>				Органическое вещество, мО/дм <sup>3</sup>	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	P		
8,21	-	8,9	<i>Амантау Жалтырыс</i>				11,4	588
7,60	9,2	6,7	<i>Кошербай</i>				8,4	174
7,97	5,3	5,9	<i>Камал</i>				14,1	953
8,21	-	6,8	<i>Западный Косарал</i>				10,6	286
8,20	3,1	4,4	<i>Саржантобе</i>				7,2	247
7,97	2,2	3,3	<i>Шолтан</i>				6,8	512
8,60	-	4,0	<i>вдхр. Мусатоган</i>				17,4	121
8,30	-	6,1	<i>вдхр. Пайз</i>				11,0	999
8,21	-	8,9	<i>Шишовская</i>				11,8	605
7,60	5,1	7,0	<i>Каракаска</i>				7,2	571
7,90	4,0	6,8	<i>Шахтерская</i>				6,0	650
7,90	2,6	6,6	<i>Карасай</i>				9,0	202
7,60	3,5	7,7	<i>Кудабай</i>				9,4	211
8,60	-	4,4	<i>оз. Курен-ала</i>				12,8	502
8,50	-	4,3	<i>оз. Сары-ала</i>				12,0	508
8,40	-	2,7	<i>Шолоксай</i>				11,2	720

Водородный показатель (pH) является одним из важнейших абиотических факторов внешней среды, который регулирует интенсивность обмена веществ у водных организмов, тем самым влияя не только на видовой состав, но и на численность гидробионтов водоема. В нашем случае, слабощелочная реакция водной среды, с величиной водородного показате-

ля 7,60...8,60, способствует нормальному функционированию жизненных процессов гидробионтов.

При большом различии водоемов по морфометрии, гидролого-гидрохимическому режиму, степени зарастания и биомассе водных организмов слагаемые кислородного баланса непостоянны и отличаются высокой вариабельностью в пространственно-временной динамике. Водоёмы Шолоксай, Шолпан, Саржантобе, вдхр. Мусатоган, озера Курен-ала и Сары-ала характеризуются неблагоприятным для жизнедеятельности гидробионтов кислородным режимом. Концентрации кислорода меняются в пределах 2,7...4,4 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что соответствует при определенной температуре воды 32,7...55,3 % насыщения. В остальных водоемах в летний период насыщение кислородом было оптимальным – 74...111 %, что по абсолютным значениям составляет 5,9...8,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

При исследовании озер Курен-ала и Сары-ала донные отложения имели запах сероводорода, присутствие которого губительно действует на донные организмы. Появление сероводорода в придонных слоях служит признаком дефицита кислорода и развития заморных явлений в водоеме.

Содержание углекислого газа зависит от интенсивности процессов фотосинтеза и поэтому закономерно уменьшается летом. В водной среде половины исследованных водоемов диоксид углерода отсутствовал, в остальных объектах его количество не превышало 9,2 мг/дм<sup>3</sup>, что существенно ниже допустимых значений (44 мг/дм<sup>3</sup>) для рыбохозяйственных водоемов.

Концентрации биогенных элементов подвержены сезонным колебаниям. Рост их количества происходит зимой в результате деструкции органического вещества в иловых отложениях на фоне практически полного прекращения фотосинтеза. Наименьшее содержание биогенов наблюдается в вегетационный период, особенно это проявляется в пресных водоемах с интенсивно протекающими биохимическими процессами.

В период исследований биогенные элементы присутствовали в большинстве водоемов в количествах, не превышающих рыбохозяйственные ПДК и не лимитирующих развитие фитопланктона и высшей водной растительности [3]. Аммоний, с концентрациями 0,59...0,91 мг/дм<sup>3</sup>, превышает допустимые значения в 1,2...1,8 раза в водной среде водоема Карасай. Нитриты в количествах 0,190...0,294 мг/дм<sup>3</sup> (2,4...3,7 ПДК) обнаружены в оз. Курен-ала, вдхр. Мусатоган, Саржантобе. Повышенные концентрации нитритов обусловлены интенсивным разложением органических остатков в условиях замедления процесса нитрификации, что харак-

терно для водоемов с дефицитом кислорода. Максимальное содержание нитратов  $1,04...1,60$  мг/дм<sup>3</sup> зафиксировано в озерах Курен-ала и Сары-ала, водоеме Шолоксай.

Минеральный растворенный фосфор в воде содержится в небольших количествах, с максимумом ( $0,025$  мг/дм<sup>3</sup>) в вдхр. Мусатоган.

Распределение общего железа по акватории водоемов равномерное –  $0,02...0,06$  мг/дм<sup>3</sup>. Режим кремния в поверхностных водах практически сходен с режимом соединений азота и фосфора, однако кремний никогда не лимитирует развитие растительности [1]. Максимальные показатели ( $4,5...5,6$  мг/дм<sup>3</sup>) отмечались в водоеме Саржантобе, озерах Курен-ала и Сары-ала. Содержание кремния в остальных водоемах варьировало в диапазоне  $1,0...3,1$  мг/дм<sup>3</sup>.

Количество органического вещества, определяемое по перманганатной окисляемости, характеризуется высокой динамичностью. Диапазон значений окисляемости составляет  $6,0...17,4$  мгО/дм<sup>3</sup>, максимум зафиксирован в водной среде вдхр. Мусатоган.

Ионно-солевой состав воды в рассматриваемых водоемах обусловлен комплексом физико-географических и гидрологических условий бассейна, а также особенностями внутриводоемных процессов.

По техническим свойствам вода вдхр. Мусатоган, водоемов Кошербай, Карасай и Кудабай относится к категории очень мягкая, с общей жесткостью  $0,80...1,50$  мг-экв/дм<sup>3</sup>. Вода в озерах Курен-ала, Сары-ала, водоемах Шолоксай, Западный Косарал, Саржантобе является мягкой, с суммарным содержанием кальция и магния  $1,88...2,80$  мг-экв/дм<sup>3</sup>. В остальных водоемах вода умеренно жесткая, общая жесткость составляет  $3,18...5,38$  мг-экв/дм<sup>3</sup>. Максимальные показатели жесткости ( $5,32...5,38$  мг-экв/дм<sup>3</sup>) характерны для вод вдхр. Пайз и водоема плотина Шахтерская.

Результаты исследований 2016...2017 гг. показали, что по содержанию растворенных в воде солей все водоемы относятся к пресным, величина минерализации меняется в широком диапазоне  $121...999$  мг/дм<sup>3</sup>.

В катионном составе доминируют, независимо от величины солености, ионы натрия (рис. 1 и 2). В анионном составе вод с низкой минерализацией  $121...247$  мг/дм<sup>3</sup> (вдхр. Мусатоган, водоемы Кошербай, Саржантобе, Карасай, Кудабай) преобладают ионы гидрокарбонатов (рис. 1).

С ростом минерализации происходит метаморфизация анионного состава в сторону увеличения хлоридов на фоне снижения гидрокарбона-

тов (рис. 2). Класс воды переходит в смешанный гидрокарбонатно-хлоридный, при дальнейшем росте солесодержания – в хлоридный.

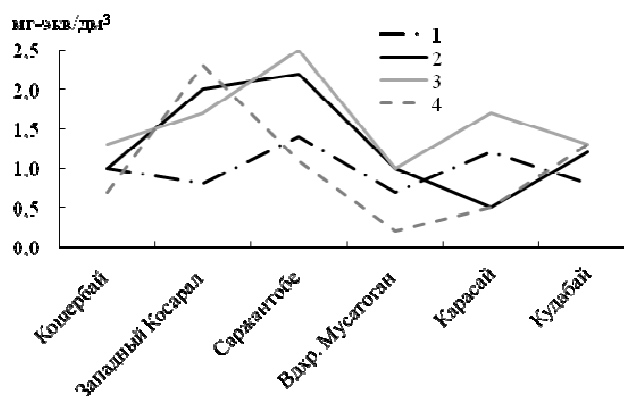


Рис. 1. Содержание отдельных ионов в водах с минерализацией менее 300 мг/дм<sup>3</sup>. 1 – кальций, 2 – натрий, 3 – гидрокарбонаты, 4 – хлориды.

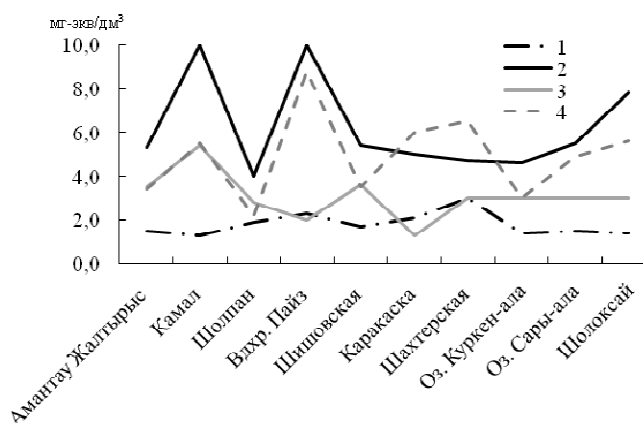


Рис. 2. Содержание отдельных ионов в водах с минерализацией от 502 до 999 мг/дм<sup>3</sup>. 1 – кальций, 2 – натрий, 3 – гидрокарбонаты, 4 – хлориды.

В многолетнем аспекте водоемы характеризуются широким диапазоном колебаний степени минерализации и непостоянством химического состава воды, что непосредственно связано с циклическим ходом изменений гидрологических параметров. В годы с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями минерализация воды в водоемах возрастает. Напротив, в годы повышенной влажности с большими снегозапасами, относительно малой повторяемостью атмосферных засух минерализация воды уменьшается нередко в несколько раз. Для сравнения, в засушливый период (1963 г.) вода оз. Курен-ала была солоноватая, минерализация достигала 2500 мг/дм<sup>3</sup>. Доминирующими ионами являлись натрий (30 %), хлори-

ды (21,7 %), сульфаты (18,5 %), низкий процент содержания соответствовал ионам кальция (5,1 %) (рис. 1). Согласно классификации О.А. Алекина [1], класс воды при повышенной солености – хлоридно-сульфатный. В многоводные и средние по водности годы минерализация колеблется от 500 до 1000 мг/дм<sup>3</sup> [2]. В текущем году при снижении минерализации (502 мг/дм<sup>3</sup>) в ионном составе наблюдается рост процентного содержания гидрокарбонатов (21,4 %), кальция (10 %), значительно снизился процент сульфатов (4,6 %). Класс воды переходит в гидрокарбонатно-хлоридный.

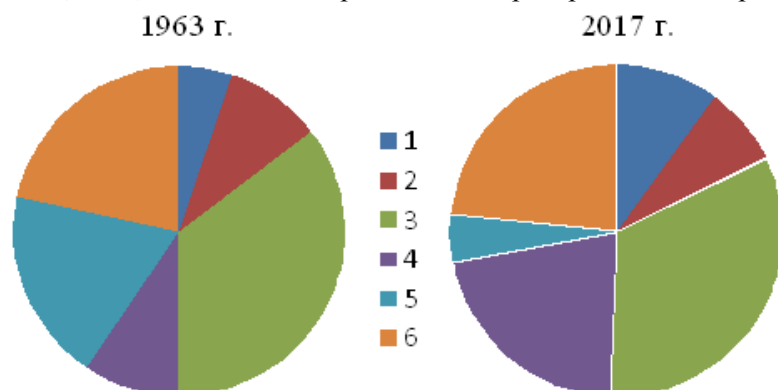


Рис. 3. Процентное соотношение главных ионов при различной величине минерализации воды оз. Курен-ала. 1 – кальций, 2 – магний, 3 – натрий+калий, 4 – гидрокарбонаты, 5 – сульфаты, 6 – хлориды.

На основании вышеизложенного материала, правомерно сделать следующие выводы:

- водные объекты Амантау Жалтырыс, Кошербай, Шишовская, Каракаска, Шахтерская, Карасай, Кудабай по всем гидрохимическим показателям соответствуют водоемам рыбохозяйственного значения;

- водохранилище Пайз и водоем Камал пригодны для использования в рыбохозяйственных целях, но необходимо контролировать содержание растворенного кислорода. В маловодные годы при понижении уровня воды возможны заморные явления в зимний период и в ночное время летом;

- озера Курен-ала и Сары-ала, отличающиеся нестабильным кислородным режимом, присутствием сероводорода в придонных слоях и донных отложениях, высокой степенью зарастания, большим количеством органики, в маловодные годы можно отнести к замороопасным. В современный период при удовлетворительных гидрологических условиях водная среда благоприятна для рыб, приспособленных к обитанию с невысоким содержанием кислорода (например, карась);

- водохранилище Мусатоган, водоемы Западный Косарал, Саржантобе, Шолпан, Шолоксай мелководные, с площадью акватории всего 2,0...8,9 га, с высокой степенью зарастаемости до 80 %, повышенным количеством органики, низким содержанием кислорода, следует отнести к неблагоприятным для использования в рыбохозяйственных целях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
2. Лезин В.А. Озера Центрального Казахстана. – Алма-Ата: Наука. 1982. – 188 с.
3. 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.

Поступила 14.11.2017

О.А. Шарипова

#### ҚАРАҒАНДЫ ОБЛЫСЫ СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНІҢ ҚАЗІРГІ КЕЗДЕГІ БАҒАЛАНУЫ

**Түйінді сөздер:** оттегі режимі, биогендер, органикалық заттар, судың минералдануы

*Мақалада 2016...2017 жылдардағы гидрохимиялық зерттеулердің нәтижелері келтірілген су қоймалар Қарағанды облысының Нұра ауданында орналасқан. Балық аулау статусын анықтау мақсатында су қоймаларының жай-күйін химиялық көрсеткіштер бойынша бағалау жасалды.*

Sharipova O.A.

#### ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF RESERVOIRS IN THE KARAGANDA REGION ON HYDROCHEMICAL INDICATORS

**Keywords:** oxygen regime, biogenes, organic matter, water mineralization

*The article presents the results of hydrochemical studies in 2016..2017 years reservoirs located in the Nurinsk district of the Karaganda region. An assessment of the state of reservoirs by chemical indicators is made with a view to determining their fishery status.*

УДК 556.114

Канд. хим. наук Н.Г. Верещагина<sup>1</sup>  
А.А. Щетинников<sup>1</sup>  
А.М. Мухаметзянова<sup>1</sup>

### О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ВОДЫ КОЛЛЕКТОРОВ И ИХ РОЛИ В РАССОЛЕНИИ ЗЕМЕЛЬ В НИЗОВЬЕ АМУДАРЬИ

**Ключевые слова:** низовье Амударьи, коллектор, дренажная сеть, минерализация, качество воды, водно-солевой баланс, орошаемые земли, засоление

*В статье характеризуются особенности химического состава воды коллекторов в низовье Амударьи. По результатам составленного авторами водно-солевого баланса территории оценена роль коллекторов в рассолении земель.*

При неблагоприятных условиях аридного климата, интенсивном испарении поверхностных и особенно минерализованных подземных вод, неправильном орошении, неэффективной эксплуатации оросительных систем (несоблюдение оросительных норм, высокая фильтрация из каналов) на значительных площадях ухудшаются гидроэкологические условия. При этом активизируются процессы засоления, подтопления, осолонцевания земель, которые деградируют и приходят в негодность. Одним из методов борьбы с деградацией земель является борьба с фильтрацией воды из каналов, т.е. повышение КПД систем и соблюдение режима орошения (оросительных норм) и, следовательно, уменьшение питания грунтовых вод при поливах. Если указанные мероприятия не приводят к снижению уровня грунтовых вод, то осуществляют инженерные мероприятия по борьбе с фильтрацией воды из каналов (бетонирование магистральных и межхозяйственных), промывки засоленных земель и, самое действенное – устройство коллекторно-дренажной сети. Для успешной промывки засоленных земель необходимо отведение излишних грунтовых вод в водотоки, озера, понижения рельефа с помощью коллекторов.

В условиях постоянного дефицита водных ресурсов, особенно осязаемого в маловодные годы, на территории Приаралья следует более полно использовать воду магистральных коллекторов для орошения зе-

---

<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт при Узгидромете, г. Ташкент, Узбекистан

мель, но с учетом ее минерализации и химического состава. В системе Минсельводхоза Республики Узбекистан нерегулярно измеряется минерализация воды и содержание в ней легкорастворимых ионов хлора и иногда сульфатных. По этим данным минерализация воды в коллекторах, в среднем по водности 2015 г., менялась по месяцам от 1,57 до 6,37 г/дм<sup>3</sup>, а сток от 0,33 (коллектор ГЮКК) до 33,3 м<sup>3</sup>/с (табл. 1).

Таблица 1  
Пределы изменения расходов и минерализации воды в коллекторах в 2015 г.

Коллектор	Минерализация, г/м <sup>3</sup>		Расходы воды, м <sup>3</sup> /с	
	минимум	максимум	минимум	максимум
КС-1	2,15	4,13	3,8	18,87
КС-3	3,17	6,22	5,3	14,47
КС-4	1,51	3,48	1,5	7,13
ККС	2,07	3,6	7,8	18,7
ГЮКК (Берунийский)	3,64	5,34	14,2	33,3
Право-Мангитский	3,0	4,75	2,44	21,4
Устюртский	1,57	4,11	0,33	3,17
КС-5	3,06	6,37	1,0	4,93

В период 2008...2015 гг. максимальная среднегодовая минерализация отмечена в самом маловодном 2008 г. в коллекторе КС-4 – наименее водоносном, а минимальная в коллекторе КС-1 – в многоводном 2010 г.

Существенное отличие бассейна Амударьи от бассейна Сырдарьи в том, что коллекторно-дренажные воды в первом водосборе сбрасываются в озера и понижения рельефа, а не в русла реки Сырдарьи и ее притоков, что отмечалось рядом исследователей еще в 80-х годах прошлого века. В современных условиях в низовьях Амударьи все магистральные коллекторы уходят в озера, а в русло поступают лишь небольшие коллекторы, не оказывающие существенного влияния на минерализацию воды в реке [2].

Во внутригодовом изменении минерализации воды в магистральных коллекторах прослеживается зависимость от режима поливов сельскохозяйственных культур. Так, в Кунградском коллекторном сбросе (ККС) минимальная минерализация (до 2 г/дм<sup>3</sup>) отмечалась в феврале – марте 2015 г. – после запасных и промывных поливов, когда в коллекторе очень высокие расходы, и в июле – сентябре после вегетационных увлажнительных поливов сельскохозяйственных культур (рис. 1а).

Такой же внутригодовой ход минерализации наблюдался в крупнейшем из коллекторов низовья Амударьи – ГЮКК (Берунийском) (рис. 1б). Учитывая этот факт, именно в феврале – марте можно использо-



вать воду дрен для предпосевных поливов весной яровой, а в июле – сентябре – озимой пшеницы и для последнего увлажнительного полива хлопка.

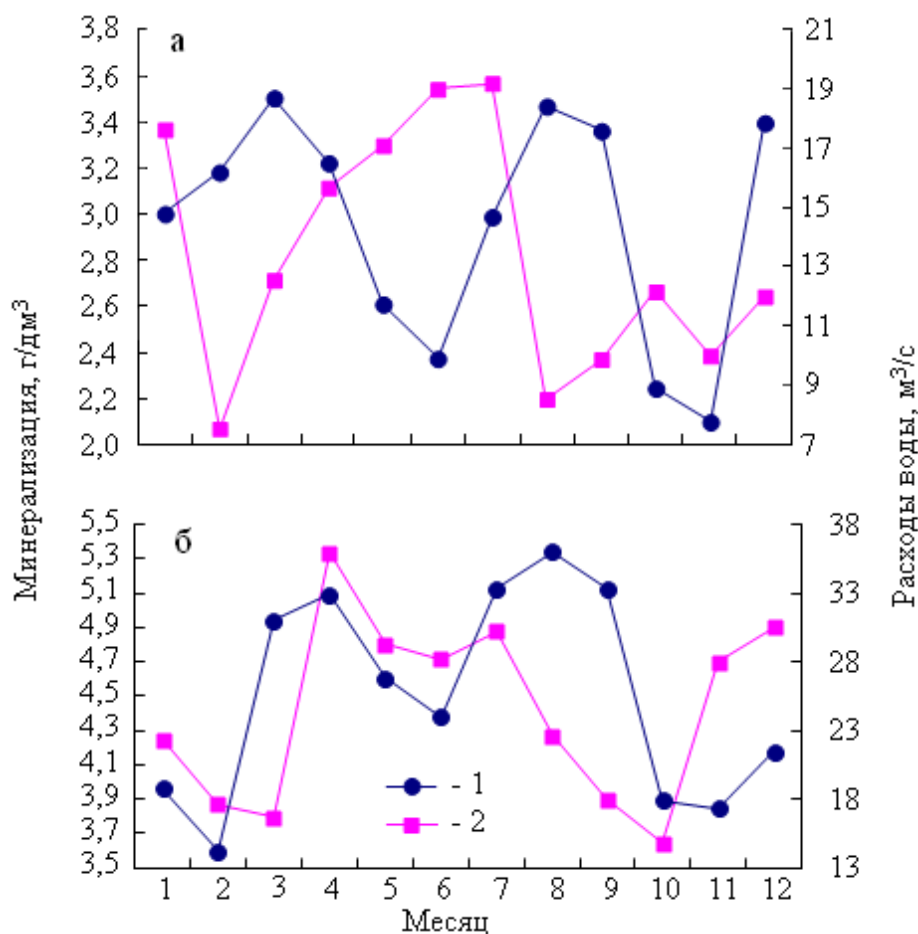


Рис. 1. Внутригодовой ход минерализации и расходов воды коллекторов. а – ККС, б – ГЮКК. 1 – расходы воды, 2 – минерализация.

Среднегодовые величины минерализации в период 2008...2015 гг. колебались от 2,07 (в коллекторе КС-1) до 4,46 г/дм<sup>3</sup> (в коллекторе ГЮКК (Берунийском)).

Была сделана попытка выявить, зависит ли минерализация воды в коллекторах от стока воды в реке Амударье в разные по водности годы. Сравнивалась, например, минерализация воды в Кунградском коллекторном сбросе (ККС) с расходами воды Амударьи у ближайшего к этому сбросу гидростата Кзылджар за период 2008...2015 годы. В указанный период, 2010 г. был многоводным, а 2015 – несколько выше среднего, и именно в эти годы

минерализация воды в ККС оказалась низкой, а в маловодных 2008 и 2014 гг. – очень высокой и превышала  $4 \text{ г/дм}^3$  (рис. 2).

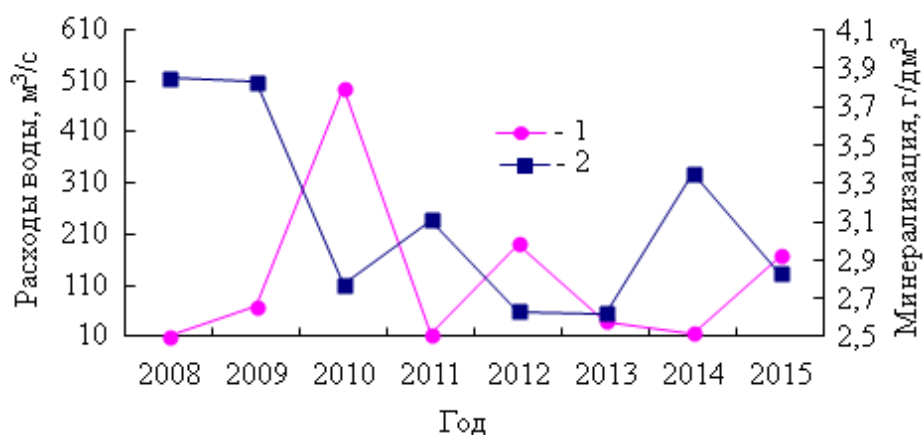


Рис. 2. Хронологический ход расходов воды Амударьи у Кзылджара и минерализации воды в Кунградском коллекторном сбросе (ККС).  
1 – расход воды, 2 – минерализация.

Из рассматриваемых нами магистральных дрен самой многоводной является Берунийская, в которой максимальный расход воды в 2015 г. достигал  $33,3 \text{ м}^3/\text{с}$ , самый маловодный коллектор – Устюртский с расходом  $3,17 \text{ м}^3/\text{с}$  (табл. 1). Следует отметить, что в середине 70-х годов расходы воды в коллекторах были в 1,5...2,0 раза ниже, чем сейчас, а минерализация существенно выше: например, в КС-4 – в 3 раза, в ККС – в 1,5, в Берунийском – в 2 раза [3]. В то время процесс рассоления орошаемых земель только начинался и был более интенсивным, а земли – больше засолены, чем сейчас после многих лет с промывными поливами.

Чтобы оценить качество воды коллекторов для ирригации с помощью конкретных предложенных разными авторами коэффициентов, нужно знать химический состав воды этих водотоков. Поскольку таких данных, измеряемых систематически, нет, то, исходя из величин минерализации, коллекторную воду можно использовать в периоды промывных поливов (февраль – март) в смеси с водой из каналов.

У коллекторов в низовьях Амударьи две главные функции: 1) дренирование поливных земель с целью их промывки, т.е. рассоления, и 2) сброс собранных вод в дельтовые озера с целью их пополнения. Большинство из этих озер – места постоянного проживания многих птиц и временного отдыха перелетных, во время осенних и весенних миграций. Поэтому высокая минерализация и неблагоприятный химический состав воды коллекторов не может

способствовать нормальной жизнедеятельности птиц. Кроме того, по берегам озер скашивают камыш и другие прибрежные растения на корм скоту. При высокой минерализации дренажных вод и насыщенности их остатками пестицидов урожай указанной растительности падает.

Минерализация воды в коллекторах измеряется в системе Минсельводхоза гораздо реже, чем расходы. Поэтому нами предпринята попытка найти зависимости ее от среднемесячных расходов для коллектора ККС – третьего по величине стока среди дрен и коллектора КС-4 – маловодного (в период 1991...2000 гг.). (ККС впадает в озеро Судочье, а КС-4 – в озеро Атпетки).

Для коллектора ККС зависимости нет – поле точек, где можно лишь отметить, что наименьшие величины минерализации соответствуют наибольшим расходам воды. Для маловодного коллектора КС-4 получена слабая обратная зависимость минерализации от расходов. Вероятно, сток более многоводного коллектора ККС, имеющего большие глубины, более значимо зависит от глубоких грунтовых вод с высокой минерализацией [2], чем от расходов воды. Маловодный и менее глубокий КС-4 имеет гидравлическую связь с менее глубокими горизонтами грунтовых вод, которые меньше минерализованы, и поэтому, вероятно, для минерализации воды этого коллектора более значима его водоносность.

В системе Минсельводхоза Узбекистана измеряется минерализация воды и содержание в ней ионов хлора, так как они обладают высокой миграционной способностью. Растворимость хлоридных солей натрия, магния и кальция очень высокая. Они присутствуют во всех природных водах и оказывают неблагоприятное влияние на большинство сельхозкультур при поливах такими водами, и поэтому один из самых часто используемых коэффициентов оценки качества воды для орошения – Стеблера – учитывает содержание ионов хлора в ней [3].

Химический состав воды коллекторов периодически изучается некоторыми исследователями [1], согласно данным которых, вода по составу хлоридно-сульфатного или сульфатно-хлоридного класса, натриевой группы, т.е. крайне неблагоприятная для орошения сельхозкультур (табл. 2).

Поскольку содержание ионов хлора в воде дрен меряется реже, чем ее минерализация, сделана попытка найти зависимость этих ионов от минерализации. Зависимость оказалась тесной с коэффициентом корреляции равным 0,98, так как ион хлора часто доминирующий. Зависимость вполне может быть расчетной (рис. 3).

Химический состав воды некоторых магистральных коллекторов  
Каракалпакстана, мг/дм<sup>3</sup>

Коллектор	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$N^+ + K^+$	Сумма ионов
КС-1	224	2189	2357	456	336	1620	7182
КС-3	244	1382	781	280	322	350	3359
КС-4	372	1440	1300	340	240	832	4524
ККС	254	1632	1243	180	396	780	4185

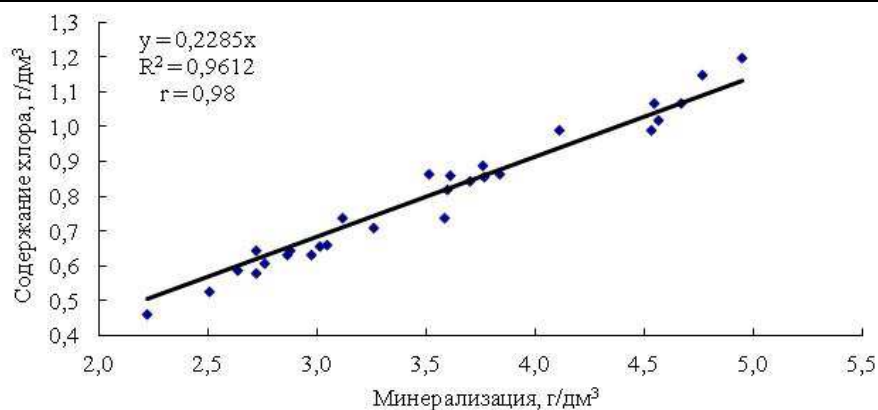


Рис. 3. Зависимость содержания ионов хлора от минерализации в воде коллекторов Каракалпакстана в 2014...2015 гг.

Опыт строительства и эксплуатации коллекторно-дренажной сети в Узбекистане и в других странах мира (Индия, Китай, США) свидетельствует о целесообразности применения дренажа для улучшения гидроэкологических условий орошаемых земель.

Для Каракалпакстана характерна развитая сеть коллекторов. Шесть крупнейших из них обслуживают 486,7 тыс. га при общей длине 645,7 км [2]. Судить об эффективности работы коллекторно-дренажной сети можно по результатам водно-солевого баланса дренируемой территории. По результатам такого баланса для 14 районов Каракалпакстана за два года (2014 и 2015), по данным Минсельводхоза Республики Узбекистан, сделан вывод, что в целом в очень маловодном 2014 г. коллекторно-дренажная сеть работала не эффективно. В почвах отложилось 394 т солей, да и водозабор в каналы был на 805 млн. м<sup>3</sup> меньше, чем в 2015 г. Необходимо также отметить, что в 13 из 14 районах минерализация воды в каналах в маловодном 2014 г. была существенно выше, чем в многоводном 2015 г. Причем, высокой она оказалась в самом северном Муйнакском районе –

1,314 г/дм<sup>3</sup> и в Кегейлийском – 1,112 г/дм<sup>3</sup>. Максимальное поступление солей в почву зафиксировано в маловодном 2014 г. и составило 371,5 т.

В шести районах из 14 и в 2014 и в 2015 годах коллекторы выносили меньше солей, чем поступило их на поля с поливными водами, т.е. часть их отложилась в почвах. В восьми районах коллекторно-дренажная сеть работала более эффективно, и вынос солей с их территорий был больше, чем привнос с оросительными водами. Максимальный вынос солей, равный 1015 т, был отмечен авторами в Берунийском районе, где расположен один из крупных коллекторов Каракалпакстана – Берунийский. В нем максимальные расходы воды могут превышать 20 м<sup>3</sup>/с, а воду он с 2009 г. сбрасывает в озеро Аязколь в Кызылкумах. До 2009 г. он приносил возвратные воды в реку Амударью. Кроме Берунийского, на участке от Туямуюнского водохранилища до гидропоста Саманбай суммарный сток коллекторов менялся от 15 до 22 млн. м<sup>3</sup> в период 2005...2010 гг. В эти шесть лет 2005 и 2010 гг. были многоводными, и именно тогда сток коллекторов был существенно больше, чем в маловодные, и вынос солей с орошаемых земель наибольший, т.е. в многоводные годы роль коллекторов в рассолении земель повышается.

Поскольку минерализация воды в коллекторах бывает минимальной в феврале – марте и в августе – сентябре, именно в эти месяцы их воду можно использовать на орошение желательно в смеси с речной водой. Именно в эти месяцы коллекторы наиболее многоводны и более интенсивно влияют на водно-солевой баланс орошаемых земель, вынося наибольшее количество солей из них. Следовательно, влияние коллекторов на водно-солевой баланс меняется не только в разные по водности годы, но и внутри года.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аденбаев Б.Е. Гидроэкологическое состояние поверхностных вод низовьев реки Амударьи. // Сборник научных трудов САНИИРИ. – Ташкент. – 2006. – С. 123-126.
2. Верещагина Н.Г., Щетинников А.А., Чуб В.Е., Мухаметзянова А.М. Гидрологический режим коллекторов в низовьях Амударьи и его связь с грунтовыми водами. // Вопросы географии и экологии. – Алматы. – 2015. – С. 8-12.
3. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Особенности влияния орошения на минерализацию речных вод бассейна Амударьи. – Нукус: «Каракалпакстан», – 1984. – 144 с.

Поступила 15.11.2017

Хим. ғылымд. канд.

Н.Г. Верещагина  
А.А. Щетинников  
А.М. Мухаметзянова

**КОЛЛЕКТОРЛАР СУЛАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН  
ОЛАРДЫҢ АМУДАРИЯ ТӨМЕНГІ АҒЫСЫНДАҒЫ ЖЕРЛЕРДІҢ  
ТҰЗДАНУЫНДАҒЫ РӨЛІ**

**Түйінді сөздер:** Амударияның төменгі ағысы, коллектор, құрғату желісі, минерализация, су сапасы, сулы-тұзды балансы, суармалы жерлер, тұздану

*Мақалада Амудария төменгі ағысындағы коллекторлар суларының химиялық құрамының ерекшеліктері сипатталады. Авторлармен құралған аумақтың сулы-тұзды баланс нәтижелерінен коллекторлардың жерлердің тұздануындағы рөлі бағаланған.*

Vereshagina N.G., Schetinnikov A.A., Mukhametzyanova A.M.

**ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER RESERVOIRS AND  
THEIR ROLE IN DESALINIZATION OF LAND IN THE LOWER  
REACHES OF THE AMU DARYA**

**Key words:** lower reaches of the Amu Darya river, collectors, drainage network, salinity, water quality, water-salt balance, irrigated lands, salinity

*The article deals with the peculiarities of the chemical composition of the water reservoirs in the lower reaches of the Amu Darya. According to the results compiled by the authors of water-salt balance of the area appreciated the role of collectors in the desalination of lands.*

УДК 574.52

А.Н. Анурьева<sup>1</sup>Б.К. Кенжебеков<sup>1</sup>**ИЗМЕНЕНИЯ АРЕАЛОВ АККЛИМАТИЗАНТОВ (ЗООБЕНТОС)  
ОЗЕРА БАЛХАШ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛЕБАНИЙ  
УРОВНЯ ВОДЫ**

**Ключевые слова:** акклиматизанты, зообентос, уровень воды, ареалы, минерализация воды, озеро Балхаш

*В статье описывается влияние гидрологического режима озера Балхаш на развитие и распространение организмов-вселенцев (двустворчатых моллюсков, полихет, мизид и корофиид). Мониторинг состояния основных мест обитания акклиматизантов показывает, что в условиях меняющегося гидролого-гидрохимического режима оз. Балхаш границы их ареалов непостоянны. Рассматриваются соответствующие изменения в ареалах бентонтов в связи с падением или повышением уровня воды в водоеме в пространственно-временном аспекте.*

Озеро Балхаш (Балкаш) бессточный водоем, расположенный в аридной зоне, на юго-востоке Казахстана. Оно имеет сильно вытянутую форму и при максимальной ширине 67 км длина составляет свыше 600 км. Полуостровом Сарыесик озеро делится на две половины – Западный и Восточный Балхаш. В Западный Балхаш впадает р. Или (Иле), приносящая ныне около 13,5 км<sup>3</sup> воды. В восточную половину озера впадают четыре водотока: реки Каратал, Аксу, Лепсы и Аягоз, общий приток воды которых составляет около 3,2 км<sup>3</sup> [4]. В результате такой разницы поступающей воды западная часть озера проточная и минерализация в ней колеблется от 1,0 до 2,0 г/дм<sup>3</sup>. В восточной половине минерализация воды составляет 2,5...5,5 г/дм<sup>3</sup>, постепенно повышаясь в восточном направлении.

За 20 век среднегодовой уровень воды в оз. Балхаш составил 341,9 м БС, при этом площадь зеркала воды равнялась 18,0 тыс. км<sup>2</sup>, объем – 104 км<sup>3</sup>. Начало 21 века совпало с началом очередной многоводной фазы в водоеме и уже в 2002 г. уровень воды превысил отметку 342,1 м БС. С тех пор горизонт воды в озере колеблется между отметками

---

<sup>1</sup> Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, Казахстан

342,1...342,7 м БС, составляя в среднем около 342,4 м БС. Это на 0,5 м выше средневекового уровня водоема, наблюдавшегося в прошлом столетии. Экологическое состояние озера в последние годы согласно шкале, разработанной в Балхашском филиале КазНИИРХ, равно  $\mathcal{E}_c = 1,08$ , т.е. оценивается как «хорошее» [3]. Для сравнения можно отметить, что этот балл равнялся в 1988...1998 гг. – 0,65, в 1999...2005 гг. – 0,93, т.е. в интервале «удовлетворительное» ( $0,5 \leq \mathcal{E}_c \leq 1,0$ ). А, в 1986...1987 гг., когда уровень воды в озере опускался ниже критической отметки, экологическое состояние ( $\mathcal{E}_c = 0,44$ ) оз. Балхаш находилось в интервале «неудовлетворительное» ( $0,2 \leq \mathcal{E}_c \leq 0,5$ ).

В результате повышения уровня воды в водоеме за последнее десятилетие минерализация воды снизилась, расширился ареал кормовых организмов-вселенцев, увеличились нерестовые площади рыб. Заметно нарастил свою численность сазан, численность которого хорошо коррелирует с уровнем воды.

Мониторинг за состоянием основных мест обитания бентосных организмов показал, что в условиях меняющегося гидрологического режима оз. Балхаш их ареалы распространения непостоянны.

Зообентос озера до середины прошлого века был представлен олигохетами, брюхоногими моллюсками и личинками насекомых. Основу составляли личинки хирономид (39 видов). Согласно исследованиям разных ученых в целом биомасса организмов была невелика и находилась в пределах  $1,08...1,30 \text{ г/м}^2$  [2, 6]. Для сравнения, в Аральском море, несмотря на значительную соленость воды в те годы (порядка  $10,0 \text{ г/дм}^3$ ), биомасса зообентоса составляла  $16...18 \text{ г/м}^2$ .

С целью повышения общей продуктивности водоема с 1958 по 1965 гг. проводились акклиматизационные работы. В результате интродукции зообентос пополнился двустворчатым моллюском *Monodacna colorata*, двумя видами полихет *Hypania invalida* и *Hypaniola kowalevskyi* и пятью видами ракообразных – мизидами *Paramysis intermedia*, *P. lacustris*, *P. baeri*, *P. ullskyi* и корофиидами *Corophium curvispinum*.

В те годы в бассейне оз. Балхаш наступил влажный период климатического цикла, и уровень воды в озере поднялся на  $1,5...2,0$  м выше, чем в предыдущие годы, минерализация воды значительно снизилась. Минерализация воды в озере в 1952...1957 гг. составляла в среднем  $2,91 \text{ г/дм}^3$ , а в 1960...1965 гг. –  $2,21 \text{ г/дм}^3$ .



Мизиды каспийского комплекса отлавливались из дельты р. Дон и в мае-июне 1958 г. были заселены в количестве 300 тыс. экземпляров в западную часть озера. Уже в конце 1959 г. мизиды расселились по всей акватории Западного Балхаша и до острова Коржын в Восточном Балхаше. А в 1963 г. они были обнаружены уже в 110 км восточнее, на южном побережье озера, где вода несколько более пресная под влиянием р. Каратал. В начале 70-х годов мизиды встречались на отдельных участках крайне восточного плеса, где минерализация составляла 4,0...4,2 г/дм<sup>3</sup> и глубины не превышали 8,0 м. Но в последующие годы, в связи с понижением уровня воды, ареалы мизид стали сокращаться, и в 1979 г., в крайне восточном плесе они не были обнаружены. Такое положение ареала этих рачков в озере сохранялось до конца прошлого века. В 1999 г., когда уровень воды в водоеме начал резко повышаться, мизиды были обнаружены уже во всех районах озера, и даже на тех участках, где минерализация воды составляла 5,0...5,6 г/дм<sup>3</sup>.

Исходя из этого, можно предположить, что за 40 лет они хорошо адаптировались к гидрохимическим условиям оз. Балхаш и стали встречаться на всех участках с песчаным и темно-серым илом в основном до глубин 8...10 м.

В 1962 г. КазНИИРХ, совместно с производственно-акклиматизационной станцией были перевезены из дельты р. Дон в оз. Балхаш 1 млн. полихет и 90 тыс. корофиид.

Впервые полихеты и корофииды были обнаружены в июле 1966 г. в Западном Балхаше в бухте Караузьяк на темно-серых илах с редкими зарослями тростника. Первые случаи попадания единичных экземпляров полихет в восточной части озера были зарегистрированы в 1986 г., а в июне – августе 1989 г. в районе песков около о. Ултархты численность полихет составляла 400...3660 экз./м<sup>2</sup>.

Полихеты и корофииды адаптировались значительно медленнее, чем мизиды и за 20 лет после вселения они едва преодолели солевой барьер в 3,0 г/дм<sup>3</sup>, двигаясь в восточном направлении. При этом восточная граница ареала более выносливых к солености корофиид достигла района острова Алгазы (Восточный Балхаш). Полихеты за это время распространились не далее острова Коржын.

Подъем уровня воды в 1988...1989 гг., после длительного падения с 1970 г., способствовал не только улучшению экологических условий в заливах озера, но и образованию новых обширных мелководий, моментально заросших осокой. В результате этого произошло некоторое расши-

рение ареалов полихет и корофиид. Летом 1989 г. корофииды найдены на 70 км восточнее на прибрежных песках о. Алгазы. Численность их была незначительная – 20 экз./м<sup>2</sup>, но это свидетельствовало скорее о начале адаптации корофиид к минерализации, превышающей 3,0 г/дм<sup>3</sup>.

В настоящее время полихеты и корофииды распространены достаточно равномерно там, где соленость воды не превышает 3,5 г/дм<sup>3</sup>, избегая только участки с пониженным содержанием кислорода и запахом сероводорода. Ныне они встречаются (но уже не равномерно и в единичных экземплярах) и там, где соленость воды достигает 4,5...5,0 г/дм<sup>3</sup>. При этом ареалы корофиид, как это ни парадоксально, сейчас несколько уже, чем ареалы полихет [1].

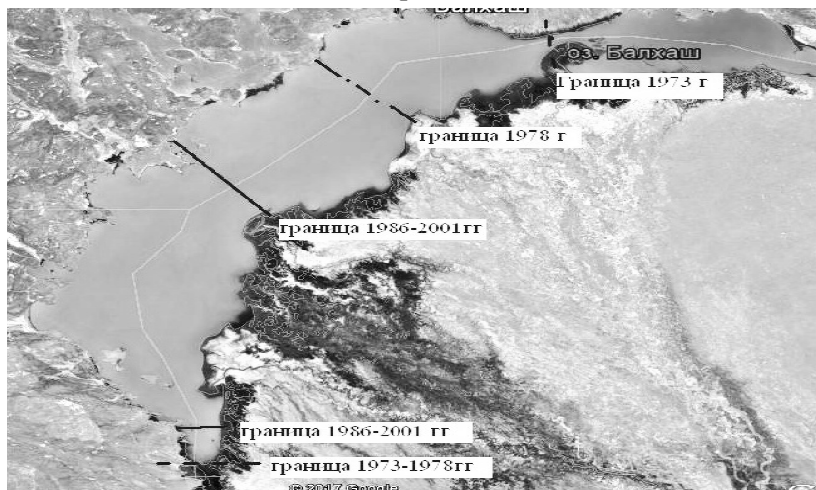
Двустворчатый моллюск *Monodacna colorata* был перевезен из Таганрогского залива (Азовское море) в оз. Балхаш в 1965 г. и выпущен в западной части озера. Нарастание численности и биомассы шло очень быстро и за пять лет (к 1970 г.) моллюски распространились по всему Западному Балхашу. Наибольшая плотность монодакны наблюдалась на серых илах – 157 экз./м<sup>2</sup> и 8,80 г/м<sup>2</sup>.

Однако период натурализации моллюска совпал с периодом ухудшения гидрологических и гидрохимических условий водоема в результате зарегулирования стока р. Или Капшагайской плотиной и увеличения забора воды на орошение в нижнем бьефе. Это отрицательно сказалось на развитии чувствительной к минерализации балхашской воды монодакны. В итоге в последующие годы (1972...1979 гг.) общая биомасса бентоса снизилась в 1,3...2,3 раза за счет снижения биомассы моллюска. В начале 1970-х годов уровень воды в озере, несмотря на ежегодное снижение горизонта, оставался еще достаточно высоким (выше 342,0 м БС). Минерализация воды в Западном Балхаше в 1970...1973 гг. колебалась в пределах 1,23...1,40 г/дм<sup>3</sup> и восточная граница ареала моллюска проходила по Узкости, а на юго-западе – через залив Бурылбайтал (рис. 1).

Следует отметить, что наибольшего развития цветная монодакна достигает вдоль северо-западного побережья западной части озера и литорали островов, где не нарушается поверхность донных отложений нижней подборой неводов во время лова рыбы, как это наблюдается вдоль юго-восточного побережья Западного Балхаша.

В последующие годы под прессом ряда антропогенных факторов (траление неводами мелководных зон, резкое снижение уровня воды, приведшее к росту минерализации по всем районам Западного Балхаша), чис-

ленность и биомасса моллюска заметно снижаются. Например, в 1970 г. биомасса монодакны в среднем была  $2,76 \text{ г/м}^2$ , а в 1978 г. – всего  $0,55 \text{ г/м}^2$ . В эти же годы среднее значение минерализации воды здесь (по Западному Балхашу) растет до  $1,70 \text{ г/дм}^3$ , составляя у его северо-восточной части до  $2,0 \text{ г/дм}^3$  и более. В результате восточная граница ареала монодакны переместилась на запад до линии мыс Корс – Балхаш-9.



*Рис. 1. Изменения границ ареала цветной монодакны в Западном Балхаше в конце прошлого и начале текущего века.*

Снижение уровня воды в озере продолжалось фактически до 1986 г. и минерализация воды Западного Балхаша составила уже в среднем  $2,1 \text{ г/дм}^3$ , оставаясь менее минерализованной лишь на участке от острова Тасарал до Лесных островов. Сюда же переместились и новые границы ареала монодакны и в таком положении оставались до 2002 г. (рис. 1). Однако сокращение ареала моллюска не сопровождалось, как следствие, уменьшением его биомассы на единицу площади, а, напротив, биомасса монодакны только возрастала. Например, в 1979 г. она составила  $1,38 \text{ г/м}^2$  (в 1973...1978 гг. –  $0,40 \text{ г/м}^2$ ), в 1985 г. –  $4,28 \text{ г/м}^2$ , в 1988 г. –  $2,62 \text{ г/м}^2$ , в 1996 г. –  $8,55 \text{ г/м}^2$ , а в 2000 г. –  $14,0 \text{ г/м}^2$ .

Причина такого роста биомассы моллюска связана с резким увеличением старшевозрастных групп, которые недоступны для основной массы рыб-бентофагов (а именно сазана). Уже в конце 1970-х годов из озера вылавливали менее 1000 т сазана, из которых особи длиной более 45 см (основные потребители крупных моллюсков размерами свыше 1,0 см) 10 % и менее. А шип в те годы стал редко встречаемой рыбой. Сейчас их в озере нет. Кроме сазана и шипа монодакной питаются лещ и вобла. Но им

доступны только мелкие особи моллюска. Вследствие этого огромная масса монодакны остается практически не использованной.

В настоящее время ареал *Monodacna colorata* вновь расширился благодаря повышению уровня воды и распреснению озера. На большей части акватории Западного Балхаша биомасса монодакны составляет от 40 до 100 г/м<sup>2</sup>, а на отдельных участках еще выше (рис. 2).

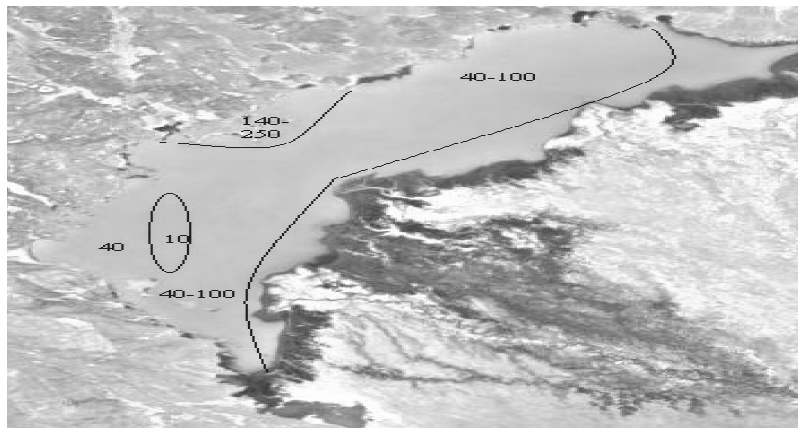


Рис. 2. Ареал *Monodacna colorata* в настоящее время (биомасса в г/м<sup>2</sup>).

Как видно на рис. 2, сейчас восточная граница ареала моллюска повторяет положение изогалины со значением  $\geq 2,0$  г/дм<sup>3</sup> (рис. 3).

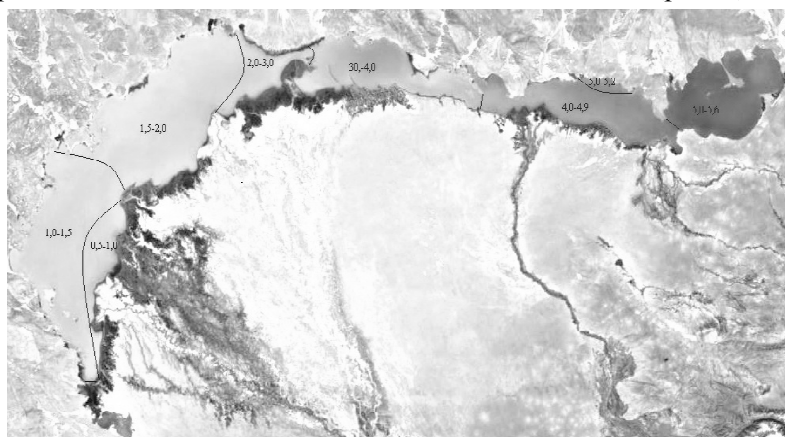


Рис. 3. Схема распределения солености в оз. Балхаш (лето 2016 г.).

Положения изогалин в озере меняется по сезонам года и в межгодовом аспекте (иногда очень сильно) в зависимости от конкретных гидрометеорологических условий (объемы притока, течение, температура воды и воздуха, ветер).

Однако, как показывают материалы авторов исследований прошлых лет [5], общая площадь пресных вод изменяется сравнительно меньше, чем

положения изогалин. Это объясняется наблюдающимся в западной широкой части озера более интенсивным перемещением отдельных водных масс (подобно адиабатическим процессам в атмосфере), под воздействием вышеуказанных гидрометеорологических факторов. В то же время общая схема направлений распределения минерализации воды в межгодовом аспекте остается стабильной: на юг, на запад и на север от линии Изенды (45°08' с.ш.; 74°08' в.д.) – Сарыкумей (45°55' с.ш.; 74°13' в.д.), т.е. во все стороны от устья рукавов дельты р. Или. Чем дальше точка от этой линии (по воде), тем больше минерализация воды (за исключением небольших отклонений в устьях восточных рек: Каратал, Лепсы, Аксу и Аягоз).

Таким образом, по результатам многолетних исследований сделан вывод о том, что передвижения границ ареала моллюска цветная монодакна хорошо согласуются с изменениями гидролого-гидрохимического режима в Западном Балхаше. В восточной половине водоема из-за повышенной минерализации воды монодакна отсутствует, но там обитают полихеты, мизиды и корофииды, ареалы которых тоже бывают непостоянными. В целом наблюдаются положительные тенденции в экологии озера в последнее десятилетие, что благоприятно сказывается на развитии акклиматизантов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьева А.Н. Современное состояние зообентоса озера Балхаш в зависимости от минерализации и уровня режима // Сохранение биологического разнообразия – основа устойчивого развития: Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием, Грозный, 19 мая 2016. – С. 99-106.
2. Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. – М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 432 с.
3. Кенжебеков Б.К. К оценке экологического состояния бессточных водоемов аридной зоны. // Гидрометеорология и экология. – 2012. – № 1. – С. 171-178.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн оз. Балхаш. Вып. 2, Т. 13 – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 646 с.
5. Тарасов М.Н. Гидрохимия оз. Балхаш. – М: Издательство Академии наук СССР, 1961. – 228 с.
6. Тютеньков С.К. Бентос оз. Балхаш и его значение в питании рыб // Сбор. работ по ихтиологии и гидробиологии. – 1959. – Вып. 2. – С. 45-79.

Поступила 12.12.2017

А.Н. Анурьева  
Б.К. Кенжебеков

**БАЛҚАШ КӨЛІ АККЛИМАТИЗАНТТАРЫННЫҢ  
АРЕАЛДАРЫНЫНЫҢ СУ ДЕҢГЕЙІ АУЫТҚҚЛАРЫНА  
БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗГЕРІСТЕРІ**

**Түйінді сөздер:** акклиматизанттар, зообентос, су деңгейі, ареал, су минералдығы, Балқаш көлі

*Бұл мақалада Балқаш көлі гидрологиялық режимінің оған жіберілген жәндіктердің (қосқақпақты улулар, полихеттер, мизидтер мен корофиидтер) дамуына, өсіп-өнуіне әсері баяндалады. Осы жәндіктердің өскен орталаына мониторинг жүргізу олардың ареалдарының шегі судың гидрология-гидрохимиялық өзгерістеріне байланысты ауытқып тұратынын көрсетеді. Мақалада осы өзгерістердің барсысы туралы сипаттама беріледі.*

Anurieva A.N., Kenzhebekov B.K.

**CHANGES IN THE AREA OF ACCLIMATES (ZOOBENTOS) OF  
BALHASH LAKE DEPENDING ON WAVE LEVEL VIBRATIONS**

**Keywords:** akclimatizants, zoobentos, water level, areals, water mineralization, Balchash lake

*The article describes the influence of the hydrological regime of Lake Balkhash on the development and distribution of invading organisms (bivalve mollusks, polychaetes, mysids and corofiids). Monitoring of the condition of the main habitats of acclimatites shows that under the conditions of the changing hydrological-hydrochemical regime of the lake. Balkhash borders their ranges are impermanent. Appropriate changes in the range of benthons are considered in connection with the fall or rise of the water level in the reservoir in the space-time aspect.*

УДК 502.521(574.31)

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

## СОДЕРЖАНИЯ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ БАССЕЙНА РЕКИ КЕНГИР

**Ключевые слова:** бассейн реки, геосистема, антропогенное воздействие, техногенез

*Приведена характеристика современного геоэкологического состояния геосистем на участках фоновых ключевых и расположенных в зоне сильного техногенного загрязнения. Установлено существенное увеличение концентраций Pb и Cu в почве по мере приближения к источнику выбросов.*

**Введение.** Река Кенгир (Кара-Кенгир) берет начало на южных и юго-восточных склонах Улытауских гор вблизи оз. Баракколь, впадает в р. Сарысу, в 384 км от ее устья, на северо-западном конце Голодной Степи (Бетпак-Дала). Длина 295 км, площадь водосбора 18400 км<sup>2</sup>, средняя высота водосбора 480 м, средневзвешенный уклон 1,07 ‰. Основными притоками Кенгира являются реки Сары-Кенгир, Жыланды, Жезды, а также еще 115 притоков общей протяженностью 840 км. Питание рек бассейна снеговое, с долей грунтового. Минерализация вод рек, как правило, возрастает с севера на юг, от весны к лету и от осени к зиме. В полупустыне весной воды гидрокарбонатно-кальциевого класса (пресные), летом они превращаются в хлоридно-натриевые (солончатые и даже горько-соленые). Рельеф северной и северо-восточной частей бассейна крупнохолмистый, высота холмов до 200 м. В среднем и нижнем течении это – мелкосопочник, переходящий в равнину. В нижнем течении бассейн расчленен овражно-балочной сетью. В верховьях почвы светло-каштановые солонцеватые, суглинистые, в низовьях бурые. В растительном покрове сочетаются злаково-полынные, полынь-

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

<sup>2</sup> Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Казахстан

ные и полинно-солянковые комплексы [1, 3, 7]. В 60 км от устья на реке расположено Кенгирское водохранилище, которое является основным источником хозяйственного и технического водоснабжения Жезказгана и его промышленного комплекса. Негативное воздействие на него оказывают Жезказганский ТЭЦ, используя водохранилище в качестве пруда охладителя, стоки обработанной воды Жезказганской обогатительной фабрики № 1, 2. В водохранилище также поступают воды р. Кара-Кенгир, загрязненные стоками животноводческих ферм и объектов сельского хозяйства.

Главной специализацией населенных пунктов бассейна р. Кенгир является цветная металлургия, представленная горно-обогатительным комбинатом, медеплавильным заводом, обогатительными фабриками, литейно-механическим заводом, шахтами с разработкой открытого типа. Таковыми предприятиями региона являются ПО «Жезказганцветмет», ТОО «Корпорация Казахмыс» и РГП «Жезказганредмет», сточные воды которых поступают непосредственно в Сарысу и являются основными источниками загрязнения.

Комплексное исследование геосистем бассейна обусловлено все возрастающим хозяйственным воздействием. Проведенные авторами в 2012...2013 гг. физико-географические полевые исследования позволяют оценить экологическое состояние геосистем бассейна р. Кенгир.

**Методика.** На основе обобщения картографического материала и стандартного инструментария Arc Map 10.1 составлена карта геосистем бассейна р. Кенгир масштаба 1:500000 (рис. 1).

Пространственно-временная изменчивость геосистем исследована на примере участков фоновых ключевых и расположенных в зоне сильного антропогенного воздействия (рис. 2, табл. 1).

Почвенные исследования проводились в 2013...2015 гг. согласно стандартным методическим рекомендациям [2, 4]. Анализ содержания отдельных ингредиентов загрязняющих веществ выполнены в сертифицированной лаборатории «КАЗГИДРОМЕТ» г. Астаны методом атомно-абсорбционной спектроскопии (МГА-915). Полученные экспериментальные данные обработаны методами вариационной статистики по Н.А. Плохинскому с использованием программы Microsoft Excel [5]. При обработке данных применялись следующие статистические показатели:  $\bar{X} \pm S\bar{X}$  – среднее  $\pm$  ошибка среднего;  $\text{lim}$  – размах лимитов;  $p$  – разность лимитов;  $\sigma$  – стандартное отклонение;  $C_v$  – коэффициент вариации, %;  $r$  – коэффициент корреляции;  $n$  – число проб.



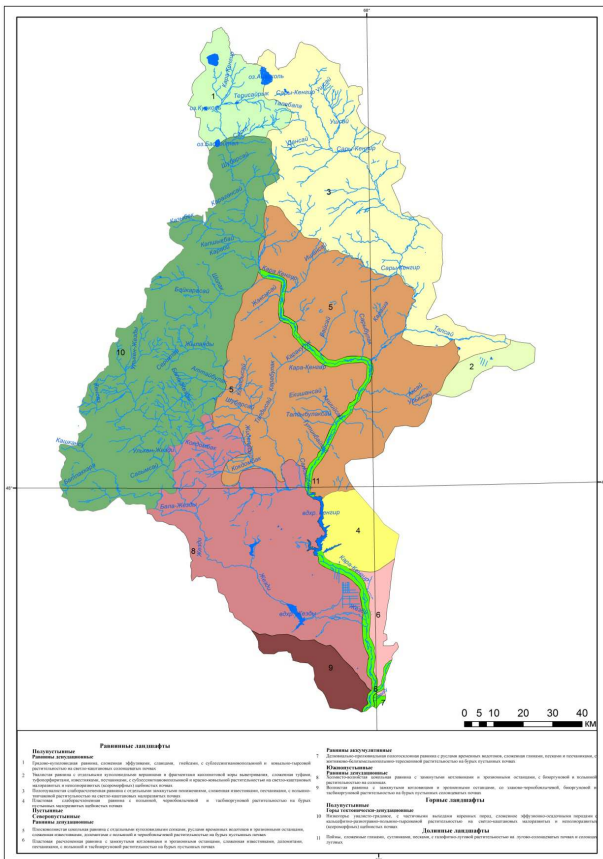


Рис. 1. Карта геосистем бассейна р. Кенгир.

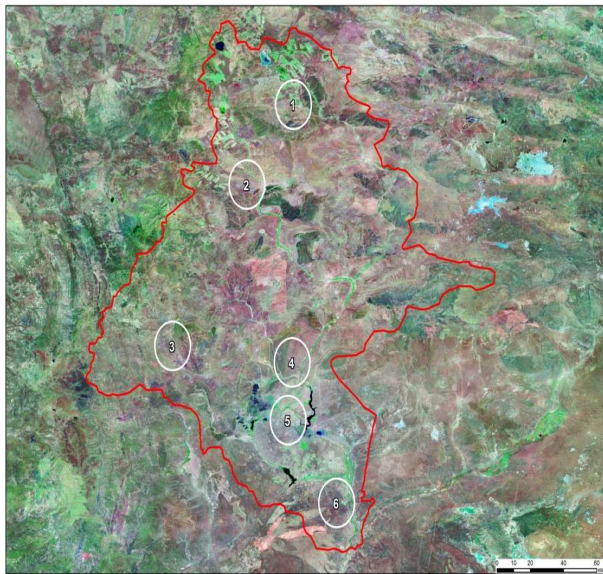


Рис. 2. Ключевые участки.

Таблица 1

Ключевые участки физико-географических исследований бассейна р. Кенгир

№ по карте (рис. 2)	Участок	Координаты	Местонахождение	Дата, время
1	Егиндинский	49°03'22" с.ш., 67°45'03" в.д.	5 км от села к югу; правый берег р. Сары-Кенгир	16.07.2013 11:10
2	Бозтумсыкский	48°45'31" с.ш., 67°30'49" в.д.	3 км от села к востоку; ле- вый берег р. Кара-Кенгир	11.07.2013 13:35
3	Жездинский	48°3'53" с.ш., 67°2'29" в.д.	0,2 км от поселка к западу; правый берег р. Жезды	02.07.2013 15:00
4	Сатпаевский	47°53'3" с.ш., 67°34'37" в.д.	12 км от города к югу; ле- вый берег р. Кара-Кенгир	03.07.2013 12:15
5	Жезказганский	47°48'12" с.ш., 67°43'13" в.д.	0,2 км от города к востоку; Кенгирское водохранилище	06.07.2013 16:05
6	Сургитинский	47°27'32" с.ш., 67°54'10" в.д.	25 км от села к западу; ле- вый берег р. Кара-Кенгир	03.07.2013 15:20

Влияние почвенного покрова на сток и другие элементы водного баланса осуществляется через процессы инфильтрации и испарения. Спецификой почвенного покрова региона можно считать широкое распространение полугидроморфных и гидроморфных почв. Их формирование вызвано перераспределением атмосферных осадков в условиях расчлененного мелкосопочного рельефа и близким залеганием минерализованных грунтовых вод в понижениях дневной поверхности. К специфике местных почв можно отнести также их частую солонцеватость и комплексность.

Комплексность почв выражается в частой смене почв разных типов и подтипов: на расстоянии нескольких метров можно наблюдать светло каштановые солонцеватые почвы и солонцы. На исследуемой территории развиваются солонцеватые почвы и типичные солонцы, приуроченные к выходам соленосных (чаще всего неогеновых) глин. Они встречаются обычно в комплексах с зональными почвами. Соленакпление и соответственно слабое выщелачивание почв обусловлены резко континентальным климатом территории бассейна. Комплексность почвенного покрова и широкое распространение солонцов создают большие трудности в использовании земель в сельскохозяйственном производстве.

Содержание тяжелых металлов и физико-химический состав почв бассейна р. Кенгир представлены в табл. 2. Как показали результаты исследования среднее содержание гумуса в горизонте А составляет 2,23 %. Содержа-

ние CO<sub>2</sub> в гумусовых горизонтах колеблется в пределах 0,7...9,6 %. Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах слабощелочная (рН в пределах 7,1...8,8). Среднее содержание илистой фракции по всему профилю почв составляет 24,7 % и колеблется в пределах 1,7...43,5 %.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов и физико-химический состав исследуемых почв

№ ключевых участков по карте (рис. 2)	Глубина, см	Гумус, %	Карбонаты, %	рН водной суспензии	Илистая фракция	Валовое содержание свинца, мг/кг	Валовое содержание меди, мг/кг	Валовое содержание цинка, мг/кг	Валовое содержание кадмия, мг/кг
<b>Светло-каштановые карбонатные легкосуглинистые почвы</b>									
1	0...10	2,6	1,8	8,1	35,53	9,36	0,78	9,43	0,11
	18...28	1,6	4,5	8,4	6,934	9,23	1,67	8,56	0,14
	40...50	1,2	5,9	8,2	2	8,56	0,45	7,98	0,10
	90...100	0,4	4,1	8,5	36,13	7,8	0,54	8,23	0,11
	150...160	0,2	3,7	8,7	7,3	4,8	0,34	5,65	0,09
<b>Светло-каштановые солонцеватые легкосуглинистые почвы</b>									
2	0...10	2,4	2,5	7,1	37,8	17,65	0,97	11,74	0,13
	13...23	2,0	3,8	7,9	41,1	17,13	0,67	10,56	0,12
	28...38	1,7	6,9	8,5	42,5	17,82	0,45	11,45	0,11
	43...53	1,3	5,3	8,6	43,5	14,54	0,34	8,98	0,12
	60...70	0,5	2,4	8,4	36,6	9,67	0,24	6,56	0,09
	92...102	-	-	8,1	38,8	7,56	0,11	4,62	0,07
<b>Бурые солонцеватые глинистые почвы</b>									
3	0...10	2,3	4,3	7,2	33,8	34,22	1,14	17,01	0,23
	17...27	0,9	5,3	7,7	33,7	34,07	1,45	16,45	0,21
	36...46	0,8	6,0	8,5	37,5	31,78	1,11	14,67	0,12
	78...86	-	4,9	8,7	34,4	13,54	1,09	15,34	0,16
	102...112	-	5,0	8,4	19,4	9,78	0,76	7,45	0,11
<b>Бурые нормальные суглинистые почвы</b>									
4	0...10	2,2	9,6	7,8	7,9	26,82	1,81	17,06	0,14
	13...23	1,4	9,6	7,9	13,9	28,45	1,67	17,02	0,14
	30...40	1,2	1,4	8,0	18,5	24,67	1,23	16,04	0,11
	62...72	1,0	-	8,1	3,9	11,65	1,56	16,01	0,12
	72...90	-	-	7,8	1,7	9,56	0,54	11,76	0,09
<b>Бурые нормальные тяжелосуглинистые почвы</b>									
5	0...8	2,1	0,7	8,7	16,2	25,29	4,01	13,42	0,27

№ ключевых участков по карте (рис. 2)	Глубина, см	Гумус, %	Карбонаты, %	pH водной суспензии	Илистая фракция	Валовое содержание свинца, мг/кг	Валовое содержание меди, мг/кг	Валовое содержание цинка, мг/кг	Валовое содержание кадмия, мг/кг
8...18		2,0	1,6	8,7	18,0	24,56	3,97	12,54	0,11
18...28		1,8	3,0	8,7	20,4	18,45	3,23	11,67	0,21
32...42		0,8	2,7	8,8	22,8	20,65	3,56	12,56	0,10
60...70		-	-	8,7	22,2	16,67	2,87	8,76	0,09
100...110		-	-	8,4	9,6	8,45	1,56	7,45	0,07
<b>Бурые нормальные тяжелосуглинистые почвы</b>									
6 0...10		1,8	-1,1	8,2	5,3	19,54	0,83	9,64	0,11
12...22		1,1	3,8	8,4	8,3	16,65	0,45	8,01	0,12
26...36		1,0	7,0	8,6	11,8	17,45	0,67	7,65	0,10
48...58		0,9	-	8,7	12,3	9,54	0,35	8,45	0,11
110...120		-	-	8,7	8,9	6,45	0,37	6,67	0,09
Предельно-допустимая концентрация, мг/кг						32,0	3,0	23,0	0,5

Среднее содержание валового свинца в почвах бассейна составляет  $16,64 \pm 1,49$  мг/кг (табл. 3), что близко к его кларку в земной коре, равному 16 мг/кг (по А.П. Виноградову). Наиболее высокие концентрации свинца (34,22 мг/кг), превышающие ПДК обнаружены в верхнем почвенном горизонте ключевого участка № 3 (Жездинский), где бурые солонцеватые почвы развиваются на глинах, прикрытых небольшим слоем (20...25 см) легкого суглинка или супеси [6]. О их сильной солонцеватости говорит характер растительности и наличие иллювиального уплотненного горизонта с повышенной щелочностью. Содержание элемента уменьшается по профилю, наблюдается положительная сильная корреляция с гумусом ( $r = 0,80$ ) и прямая слабая корреляция с карбонатами ( $r = 0,15$ ) (табл. 4).

Таблица 3

Вариационно-статистические показатели распределения тяжелых металлов в почвах бассейна р. Кенгир

Элемент	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	lim	p	$\sigma$	$C_v, \%$
	мг/кг				
Cu	1,27±0,19	0,11...4,01	3,9	1,10	86,53
Zn	10,92±0,66	4,62...17,06	12,44	3,72	34,10
Cd	0,13±0,01	0,07...0,27	0,2	0,05	36,46
Pb	16,64±1,49	4,8...34,22	29,42	8,42	50,62

Таблица 4

Корреляционные связи валового содержания свинца в почвах исследуемой территории с их основными физико-химическими показателями

Участок	Почва	Гумус	Карбонаты	Илистая фракция	рН среды
Егиндинский	светло-каштановые карбонатные легкосуглинистые	0,84	-0,03	0,03	0,06
Бозтумсыкский	светло-каштановые солонцеватые легкосуглинистые	0,96	0,72	0,48	-0,31
Жездинский	бурые солонцеватые глинистые	0,80	0,15	0,69	-0,68
Сатпаевский	бурые нормальные суглинистые	0,80	0,36	0,79	-0,19
Жезказганский	бурые нормальные тяжелосуглинистые	0,81	0,39	0,49	0,79
Сургутинский	бурые нормальные тяжелосуглинистые	0,88	-0,21	-0,41	-0,82

Валовое содержание меди в почвах бассейна изменяется от 0,11 до 4,01 мг/кг при средней величине коэффициента вариации 86,53 % (табл. 2). Превышение ПКД, валового содержания меди в верхнем почвенном горизонте (4,01 мг/кг) установлено для бурых нормальных тяжелосуглинистых почв г. Жезказгана (ключевой участок № 5), где они формируются на лессовидных суглинках. Наблюдается уменьшение содержания элемента вниз по профилю с 4,01 до 1,56 мг/кг, так же прослеживается взаимосвязь с уменьшением содержания гумуса от 2,1 до 0,8 %. На поведение меди в рассматриваемых почвах большое влияние оказывает гумус ( $r = 0,80$ ) и рН ( $r = 0,85$ ) (табл. 5).

Таблица 5

Корреляционные связи валового содержания меди в почвах исследуемой территории с их основными физико-химическими показателями

Участок	Почва	Гумус	Карбонаты	Илистая фракция	рН среды
Егиндинский	светло-каштановые карбонатные легкосуглинистые	0,49	-0,02	-0,29	0,33
Бозтумсыкский	светло-каштановые солонцеватые легкосуглинистые	0,93	0,20	-0,04	-0,79
Жездинский	бурые солонцеватые глинистые	0,41	0,14	0,72	-0,46
Сатпаевский	бурые нормальные суглинистые	0,91	-0,02	0,34	0,24

Участок	Почва	Гумус	Карбонаты	Илистая фракция	pH среды
Жезказганский	бурые нормальные тяжелосуглинистые	0,80	0,48	0,57	0,85
Сургитинский	бурые нормальные тяжелосуглинистые	0,77	-0,34	-0,52	-0,75

Содержание Zn и Cd не превышает ПДК (табл. 2). Среднее содержание цинка в почвах бассейна составила  $10,92 \pm 0,66$  мг/кг, при размахе лимитов 4,62...17,06 мг/кг (табл. 3). Минимальное среднее содержание валового цинка 7,97 мг/кг характерно для светло-каштановых карбонатных почв (ключевой участок № 1, Егиндинский), где они развиваются на продуктах выветривания известняков. Глубокое проникновение гумуса (табл. 2) связано с трещиноватостью почвы и, очевидно, с ее орошением. Повышение общей щелочности на глубине 20...50 см весьма характерно для всех карбонатных почв, что дает повод некоторым исследователям называть их карбонатно-солонцеватыми. Воднорастворимые соли до глубины 90 см содержатся в ничтожных количествах, но глубже количество их резко возрастает за счет хлористых и, особенно, сернокислых солей. Максимальные концентрации цинка характерны для бурых нормальных суглинистых почв (ключевой участок № 4, Сатпаевский). Цинк во всех почвенных образцах имеет сильные корреляционные связи с гумусом, в среднем ( $r = 0,85$ ) (табл. 6).

Таблица 6

Корреляционные связи валового содержания цинка в почвах исследуемой территории с их основными физико-химическими показателями

Участок	Почва	Гумус	Карбонаты	Илистая фракция	pH среды
Егиндинский	светло-каштановые карбонатные легкосуглинистые	0,84	-0,26	-0,18	0,05
Бозтумсыкский	светло-каштановые солонцеватые легкосуглинистые	0,97	0,69	0,39	-0,35
Жездинский	бурые солонцеватые глинистые	0,61	-0,10	0,90	-0,47
Сатпаевский	бурые нормальные суглинистые	0,90	0,25	0,58	0,32
Жезказганский	бурые нормальные тяжелосуглинистые	0,87	0,62	0,43	0,75
Сургитинский	бурые нормальные тяжелосуглинистые	0,93	0,06	-0,45	-0,75

Среднее содержание Cd в почвах бассейна составила  $0,13 \pm 0,01$  мг/кг, коэффициент вариации 36,46 % (табл. 7). Корреляционная зависимость между содержанием кадмия и pH разных типов почв в большинстве случаев отсутствует. Влияние карбонатов на содержание общего кадмия отчетливо проявляется в светло-каштановых солонцеватых легкосуглинистых почвах ( $r = 0,60$ ). В остальных типах почв связь низкая и зачастую имеет обратный характер (табл. 7).

Таблица 7

Корреляционные связи валового содержания кадмия в почвах исследуемой территории с их основными физико-химическими показателями

Участок	Почва	Гумус	Карбонаты	Илистая фракция	pH среды
Егиндинский	светло-каштановые карбонатные легкосуглинистые	0,47	0,02	-0,31	0,49
Бозтумсыкский	светло-каштановые солонцеватые легкосуглинистые	0,94	0,60	0,39	-0,37
Жездинский	бурые солонцеватые глинистые	0,75	-0,58	0,42	-0,85
Сатпаевский	бурые нормальные суглинистые	0,89	-0,13	0,34	6,27
Жезказганский	бурые нормальные тяжелосуглинистые	0,76	0,25	0,06	0,32
Сургитинский	бурые нормальные тяжелосуглинистые	0,69	0,15	-0,20	-0,57

В изученных почвах бассейна отмечается повышенное содержание тяжелых металлов в верхнем почвенном горизонте. Однако в профиле светло-каштановых солонцеватых и бурых нормальных почв наблюдается насыщение свинцом иллювиального горизонта (табл. 2). Причиной такого распределения является, дифференциация профиля по содержанию илистой фракции и карбонатов, более щелочной реакцией почвенного раствора и засоленностью данного горизонта. Основными факторами в накоплении и распределении валового содержания тяжелых металлов в профиле изученных почв является гумус.

По величине средней концентрации исследуемых тяжелых металлов (в мг/кг) почвы бассейна р. Кенгир располагаются в следующем убывающем порядке (табл. 2): Pb (16,64) > Zn (10,92) > Cu (1,27) > Cd (0,13).

Исследованиями установлено, что корреляционные связи между тяжелыми металлами сильные прямые, наибольшая сила корреляционной связи

в паре элементов Zn – Pb ( $r = 0,79$ ). В целом, необходимо отметить, что выявленные корреляционные связи между тяжелыми металлами в почве отражают многофакторность генезиса химического состава исследованных почв и, в какой-то степени, подверженность техногенному загрязнению.

**Заключение.** Геосистемы бассейна р. Кенгир относятся к полупустынным и пустынным типам ландшафта, который усиливает возникающие экологические напряженности. Недостаточное атмосферное увлажнение, резко выраженная континентальность, засушливость, интенсивное испарение, широкое распространение скалистых трещиноватых, а местами и закарстованных горных пород не способствуют формированию устойчивого поверхностного стока.

Изучение распределения валовых форм тяжелых металлов по генетическим горизонтам почв исследуемого региона позволило выявить закономерности накопления его в гумусово-аккумулятивном горизонте. Исследованиями установлено, что превышение ПДК валового свинца характерно для глинистых почв ключевого участка № 3 (Жездинский), превышение ПДК валового содержания меди для бурых нормальных почв ключевого участка № 5 (Жезказганский). Для большинства почв между гумусом и валовыми формами тяжелых металлов выявлена достоверная высокая корреляционная связь. Содержание и распределение валового свинца в почвах и корреляционная зависимость от илистой фракции, карбонатов, pH среды в большинстве случаев отсутствует или имеет связь слабой силы.

Полученные результаты создают основу для выработки подходов и критериев к оценке геоэкологического воздействия антропогенной деятельности на геосистемы бассейна р. Кенгир. Составленную среднемасштабную карту геосистем бассейна р. Кенгир целесообразно использовать для организации и проведения дальнейшего мониторинга окружающей среды в исследуемом регионе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин Р.И., Молдахметов М.М. Материалы по гидрографии Казахстана. – Алматы: 2003. – С. 83-85.
2. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – С. 13-15.
3. Калменова У.А. Физическая география Центрального Казахстана. – Жезказган, 2000. – С. 79-82.
4. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при контроле загрязнения окружающей среды ме-



- таллами / Под ред. Ю.М. Свирежева, В.В. Шакина. – М.: Гидрометеоздат, 1982. – С. 107-109.
5. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: МГУ, 1970. – С. 58-64.
  6. Совместный приказ Министерства здравоохранения РК от 30.01.2004 г. № 99 и Министерства охраны окружающей среды РК от 27.01.2004 г. № 21-п.
  7. Темереева Ф.М. Природа Жезказганского края. – Жезказган, 2002. – С. 105-109.

Поступила 20.05.2017

PhD	Ж.О. Озгелдинова
Геогр. ғылымд. докторы	К.М. Джаналеева
PhD	Ж.Т. Мукаев
	Г.Т. Оспан

### **КЕҢГІР ӨЗЕНІ АЛАБЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫНДА АУЫР МЕТАЛЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ КЕҢІСТІКТІК ТАРАЛУЫ**

**Түйінді сөздер:** өзен алабы, геожүйе, антропогендік әсер, техногенез

*Фондық кілттік учаскілердегі және техногендік тұрғыдан қатты ластанған зонадағы геожүйелердің қазіргі геоэкологиялық жағдайына сипаттама берілді Шығарындылар көзіне жақындаған сайын топырақтағы Pb және Cu мөлшерінің ұлғайғандығы анықталды.*

Ozgeldinova Zh.O., Dzhanaleeva K.M., Mukaev Zh.T., Ospan G.T.

### **CONTENTS AND SPATIAL DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN THE SOILS OF THE KENGIR RIVER BASIN**

**Keyword:** river basin, geosystem, anthropogenic impact, technogenesis

*A characteristic of the modern geoecological state of geosystems in the areas of background key and located in the zone of strong man-made pollution is carried out. A significant increase in the concentrations of Pb and Cu in the soil as the source of emissions is approached.*

ӘОЖ 911.3: 338.48 (574)

Геогр. ғылымд. докторы

Қ.Т. Сапаров<sup>1</sup>

Геогр. ғылымд. докторы

А.В. Егорина<sup>2</sup>Н.Ж. Женсикбаева<sup>1</sup>**ОҢТҮСТІК АЛТАЙДЫҢ БИОКЛИМАТЫН РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ  
БАҒАЛАУ**

**Түйінді сөздер:** биоклимат, климат, күн радиациясы, ландшафт, рекреация, туризм, метеорология, аймақ, провинция

*Бұл мақалада Оңтүстік Алтай аумағының табиғи-рекреациялық ресурстары қарастырылған. Оңтүстік Алтай ландшафттарының рекреациялық мақсатта биоклиматтың қолайлылық деңгейі бойынша топтастырылған. Биоклиматтың қолайлылық категориясы бойынша Катон-Қарағай және Күршім табиғи-рекреациялық аудандарына баға берілген.*

Шығыс Қазақстан облысының климаттық жағдайы өзінің географиялық орналасуына байланысты алуан түрлі болып келеді. М.В. Тронов бойынша аймақ 3 климат типтерінің тоғысуында орналасқан: моңғол, Ортаазиялық және Батыс Сібір, сонымен қатар жазық далалар мен Алтай және Сауыр-Тарбағатай таулы өлкелерімен [2].

Қазақстандық Алтай таулары Кенді Алтай және Оңтүстік Алтай, батысында Қалба жоталарынан тұрады. Біздің зерттеуіміздегі басты таулы аймақ Оңтүстік Алтай болып табылады. Оңтүстік Алтай – Алтайдағы ғана емес, сондай-ақ бүкіл Орталық Азиядағы ғажайып өлке. Оңтүстік Алтай Кенді Алтайдан Нарым-Бұқтырма ойысының тау аралығымен бөлінген, ендік бағытта 150...170 км-ге, ұзындығы 5...15 шақырым жерді алып жатыр.

Таулы аймақтың климаты (1000...2000 м дейін) – адам үшін қуатты сауықтыру кешені болып табылады. Тауларда зат алмасу процесі күшейіп, тыныс алу және жүрек қызметі жақсарып, ағзаның зат алмасу және адаптациялық мүмкіндіктері жұмылдырылады. Тіршілікті қамтамасыз етуші фактор ретінде климатты бағалау адамға интегралды әсерін негіздейтін көрсеткіштерді қарастыруды талап етеді. Осыған орай, қазіргі кезде «биоклимат» термині кеңінен қолданыста. «Биоклимат» –

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

<sup>2</sup> ВКГУ им С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

белгілі бір аймақта адам ағзасына кешенді әсерін анықтайтын климат сипаттамаларының жиынтығы [9]. Сондықтан да Оңтүстік Алтайдың биоклиматтық әлеуетін анықтау ғылыми және практикалық маңызы зор.

Біздің зерттеуіміздің негізгі мақсаты Оңтүстік Алтайдың рекреациялық биоклиматына баға беру.

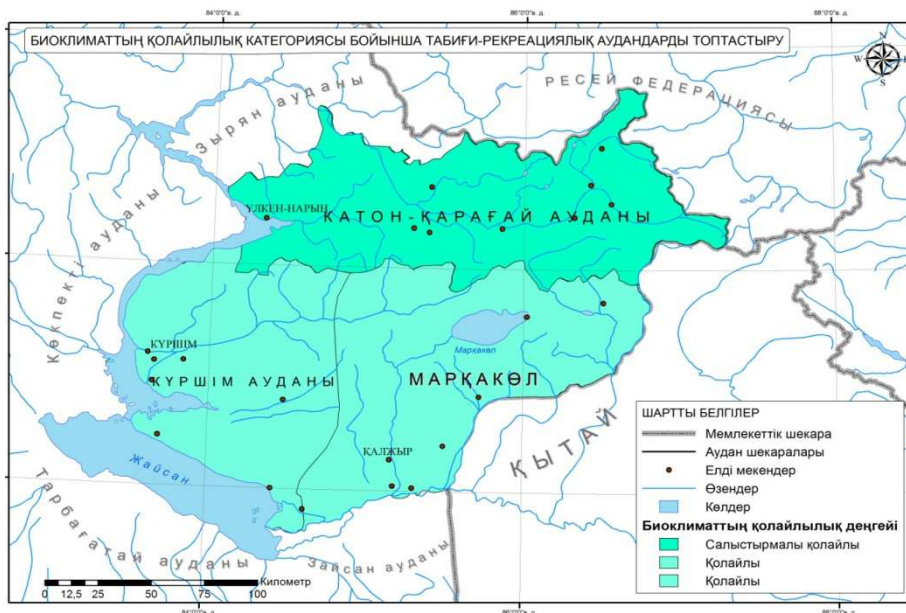
Оңтүстік Алтай аймағының рекреациялық мүмкіншіліктері зор. Қыс мезгілінің қаңтар айының ең төменгі орташа температурасы (Орловка ауылында  $-27^{\circ}\text{C}$ , Марқакөлде  $-26^{\circ}\text{C}$ ) тұйық қазаншұңқырларда, 1000 м-ден 3000 м-ге дейінгі орташа қаңтар айының температурасы тау беткейлерінде жиі жел кезінде  $-13^{\circ}\text{C}$ ,  $-15^{\circ}\text{C}$ . Бұл тау шаңғы, туризм және альпинизм аймағы болып табылады. Оңтүстік Алтайдың климатының адам ағзасына әсерін анықтайтын кешенді көрсеткіш қолданылатын – ауа райы сәтінің класы негізгі көрсеткіштері ретінде В.И. Русановтың әдістемесі қолданылды [4].

Оңтүстік Алтайдың биоклиматын интегралды бағалауда ауа райы класын 4 топқа біріктірілді: қолайлы, салыстырмалы қолайлы, қолайсыз, өте қолайсыз. Осы топтастыру бойынша Катон-Қарағай ауданын салыстырмалы қолайлы деп, ал Күршім және Марқакөл табиғи-рекреациялық аумақтарын қолайлы топқа жатқызамыз. Жаз және жартылай қыс айларында рекреациялық қызметтің биоклиматтық жағдайының қолайлы болатын табиғи-рекреациялық аудандарының бірі болып Марқакөл және Күршімді жатқызамыз (сурет 1). Күршім және Марқакөл табиғи-рекреациялық аудандарында жазда өте ыстық (I және II класс) ауа райы болмайды. Аймақта қолайлы (III класс) және салқындау (IV класс) ауа райы басым, түнде ауа райы әрқашан суық (V класс) болып келеді. Жаз мезгілінің ұзақтығы 80...85 күн. Маусым айынан тамыз айына дейін орташа температура  $14^{\circ}\text{C}$ . Аязсыз күндердің саны 60...70 күн. Күз мезгілінің бірінші жартысы жылы, біраз жел соғып, екінші жартысы жаңбырлы суық болып келеді. Жауын-шашынның жылдық мөлшері 450...500 мм.

Оңтүстік Алтайдың климаттық ресурстары алуандылығымен ерекшелінеді. Климаттық қолайлылығының басты өлшемі адамның қоршаған ортамен жылу алмасуының реттелуі болып табылады. Ағзаның жылуды реттелуі әртүрлі факторларға байланысты атап айтсақ, температураның ауа ылғалдалығымен қатынасы, желдің жылдамдығы, күн радиациясының қарқындылығы.

Ауа райының жаз мезгіліндегі суға шомылуының қолайлылығының жіктелуін В.И. Русанов анықтаған. Адамның ауа райына

байланысты өзін-өзі сезіну жағдайымен метеорологиялық элементтердің көрсеткіштерінің жіктелуін 1-кестеден көруге болады [3].



Сур. 1. Биоклиматтың қолайлылық категориясы бойынша табиғи-рекреациялық аудандарды топтастыру.

Кесте1

В.И. Русанов бойынша метеорологиялық элементтер мен субъективті сезіну жағдай көрсеткіштерінің жіктелуі [3]

Субъективті сезіну	Ауа температурасы, °С	Ауа ылғалдылығы, %	Жел жылдамдығы, м/сек
Суық дискомфортты	15 төмен	80 жоғары	7-ден жоғары
Салқындау өтпелі-қолайлы	15...20	60...80	5...7 дейін
Қолайлы	20...25	30...60	1...4 дейін
Өтпелі-қолайлы ыстық	26...30	60...80	5...7 дейін
Дискомфортты, құрғақ ыстық	30-дан жоғары	30...60	4-тен төмен
Дискомфортты, ылғалды ыстық	30-дан жоғары	80-нен жоғары	7-ден төмен

Қолайлы, салыстырмалы қолайлы, қолайсыз және өте қолайсыз ауа райының топтасуы ауа райының класына жіктеліп, жылуды реттеуші жүйелер жұмсақ, орташа, қатты және өте қатты функциональды деңгейге

бөлінеді. Қолайлы биоклиматтық жағдайлардың көрсеткіштері (ҚБЖК) қолайлы ауа райы күндер санының жылы және суық мезгілдегі немесе жыл көлеміндегі қолайлы ауа райы санының ара қатынасымен сипатталады (кесте 2). Оңтүстік Алтайдың таулы аймағы биоклиматтық жағдайы алуан түрлі болып келеді. Теңіз деңгейінің биіктігіне қарай және жалпы циркуляциялық процестердің макроклиматтық ерекшеліктеріне орай биоклиматтық зоналар мен провинцияларға бөлінеді.

Кесте 2-де әртүрлі қолайлы ауа райының деңгейіне қарай Алтайдың биік таулы, орташа таулы және аласа таулы биоклиматтық зоналар сипатталған [8].

Кесте 2

Ландшафттардың биоклиматтық жағдайлары (жыл көлемінде) [8]

Ландшафттар	Ауа райымен қоса күндер саны				ҚБЖК
	Қолайлы	Салыстырм алы қолайлы	Қолайсыз	Өте қолайсыз	
Биік таулы: Тундра	50...60	100...120	130...140	60...65	0,05...0,1
Орташа таулы: орманды (1500...2000 м)	100...140	110...130	120...130	15...30	0,1...0,3
Орманды (1000...1500 м)	130...180	120...140	70...120	5...15	0,3...0,5
Аласа таулы: далалы	220...225	85...90	45...50	2...3	0,6...0,7
Орманды дала	225...230	80...90	40...45	1...2	0,7...0,75
Орманды	180...210	90...120	50...70	-	0,5...0,6
Тау аралық қазаншұңқырлар: Шалғын- далалы	150...160	130...140	60...70	0...5	0,4...0,5
Далалы	160...170	120...130	50...60	0...2	0,5...0,55
Шөлейт	90...100	130...140	110...120	20...25	0,2...0,3

Климаттың қолайлығын бағалауда біздің зерттеуіміздегі Оңтүстік Алтай қолайлы және салыстырмалы қолайлы аймаққа жатқыздық. Оңтүстік Алтайдың жазық аймақтарында рекреациялық мақсаттағы қолайлы ауа райы жылы маусымда 30...40 күн, өтпелі-қолайлы – 85...90 күнді қамтиды. Суға шомылу мерзімі 40...50 күнді қамтиды. Оңтүстік Алтайдың тауларында жылы маусымда қолайлы ауа райы күндері 35 күн болса, өтпелі-қолайлы 60...65 күнді құрайды. Жалпы жаяу туризм үшін қолайлы кезең сәуір айының ортасынан қазан айының ортасына дейін, тау-шаңғы туризмі үшін желтоқсан айынан наурыз айына дейін қалыптасқан. Оңтүстік Алтайдың демалу үшін

қолайлы аумақтары Марқакөл, Зайсан көлінің жағалаулары, Қалжыр, Қара Ертіс өзендері болып табылады.

Қолайлы ауа райы жағдайы ашық аспанда тиімді жұмыс істеп және демалу үшін өте қолайлы болып келеді. Ауа райы класының тиімді (плюс) температураларынан тұрады: екінші (жылы), үшінші (қолайлы), төртінші (салыстырмалы-суық), алтыншы, теріс (минус) температурада – ауа райының сегізінші (жұмсақ) және тоғызыншы (салыстырмалы-қатал) кластарынан тұрады.

Салыстырмалы қолайлы ауа райы плюс температурада бесінші (суық) класпен көрсетіліп, минус температурада – оныншы класпен (өте суық) көрсетіледі. Аталған температуралар адамның жылу реттегіш жүйесінің күйін қалыпты жағдайда ұстап тұрады.

Қолайсыз ауа райы кластарына алтыншы – күрт суық, он бірінші – өте суық және бірінші класс – ыстық-құрғақ ауа райы. Аталған температуралар адамның жылу реттегіш жүйесіне қолайсыздық тұдырады (алайда минус температура болған жағдайдағы алтыншы класс салыстырмалы жылы болып қолайлы температураларға жатқызылады). Қолайсыз ауа райы адамға дискомфорт сезімін тудырады. Он бірінші кластағы ауа райында адамның ашық аспанда жұмыс істеу жағдайы тұрақталады.

Өте қолайсыз ауа райы топтарына экстремальды ауа райы жатады. Бұл ауа райының жетінші класы (ыстық және ылғалды) және он екінші класы (өте қатал). Өте қолайсыз ауа райында ашық аспанда жұмыс істеу мүмкін емес және барлық рекреациялық іс-әрекет түрі болдырылмайды.

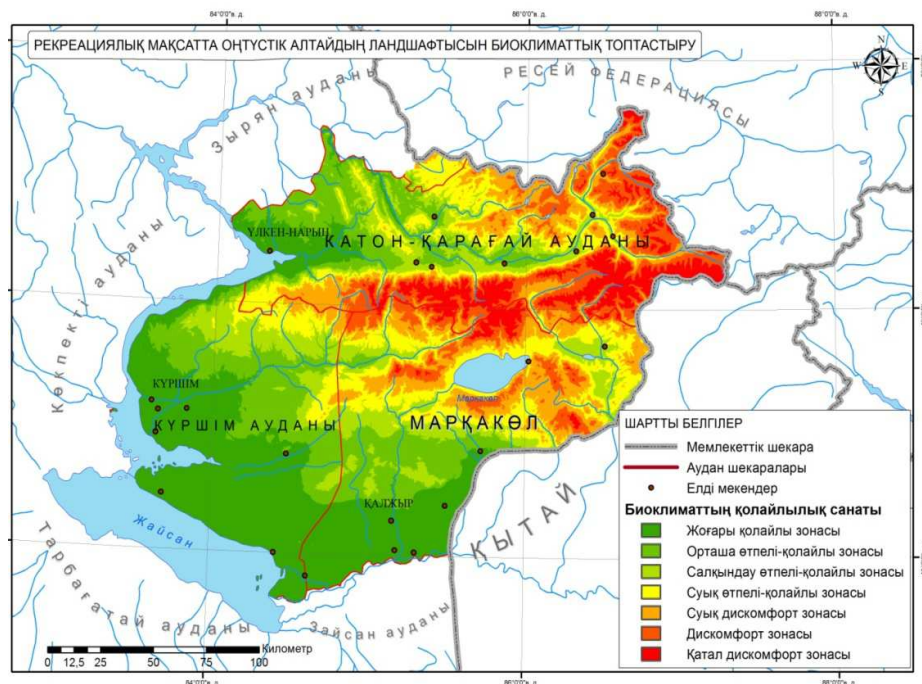
Трансшекаралық аймақта жатқан Оңтүстік Алтай аймағының биоклиматын топтастыру ландшафттық әдістемені қолданылып баға берілді [10].

Осыған орай, Оңтүстік Алтай тау ландшафттарының биоклиматтық көрсеткіштерін ескере отырып интегралды биоклиматтық бағалау жүргізілді (сурет 2).

Интегралды биоклиматтық көрсеткіштер шегінде Оңтүстік Алтайды келесі рекреациялық-климаттық зоналарға біріктіреміз:

1. Жоғары қолайлы зонасы. Жайлы және орташа-қатал қысы және жылы ылғалды жазымен сипатталады. Бұл топқа жататындар аласа таулардың жазық аймақтары, далалы және орманды дала ландшафттары. Қыс айларында шамамен 35 % орташа аязды ауа райы, 35...40 % ауа райы жылы және 10...20 % – аязды болып келеді. Жаз мезгілдерінде қолайлы ауа райы 35...40 %, 10...15 % жылы ауа райы, жылы құрғақ ауа райы

3...5 %, ыстық ылғалды ауа райы – 5...7 % құрайды. Биоклиматтық қолайлылығының көрсеткіші қыс мезгіліндегі 0,65...0,70, жаз мезгілінде 0,70...0,80. Негізгі географиялық орны Зайсан қазаншұңқыры, Бұқтырма су қоймасының жағалаулары болып табылады.



Сур. 2. Рекреациялық мақсатта Оңтүстік Алтайдың ландшафтысын биоклиматтық топтастыру.

2. Орташа өтпелі-қолайлы зонасы. Орташа суық қысымен және салқындау жазымен ерекшелінеді. Күршім өзенінің алқаптарын, аласа таулардың көлді қазаншұңқырлары, теңіз деңгейінен биіктігі 500...1000 м болатын орташа таулар аймағын жатқызамыз. Қыс мезгілінде қалыпты қатал ауа райы 30...50 % құраса, 30...40 % жылы ауа райы, 10...15 % қалыпты температура құрайды. Қолайлы ауа райының қайталануы 30 % және одан жоғары, күрт суық ауа райы 5...10 % құрайды. 10 °С жоғары температуралар жиынтығы 1600...1800 °С құрайды, 10 °С жоғары белсенді температурадағы күндер саны – 110...120. Қолайлы биоклиматтық жағдайдың көрсеткіші қыста 0,50...0,60, жазда 0,60...0,70 құрайды.

3. Салқындау өтпелі-қолайлы зонасы. Оңтүстік Алтайдың қазаншұңқырларын камтиды, суық қысымен және салқын жазымен ерекшелінеді. Орташа тау аралық қазаншұңқырлардың биіктігі 800...1500 м болатын дала ландшафттарына тән. Қолайлы биоклиматтық

жағдайдың көрсеткіші 0,25...0,27 құрайды. Далалы ландшафттардағы тау аралық қазаншұңқырлар маусым және қыркүйек айларында қолайлы ауа райынан күрт суық температураға ауысады. Тау аралық қазаншұңқырлардың ландшафттарына жаз мезгілдерінде қалыпты суық ауа райы басым болып келеді. Орташа қолайлы ауа райы 20...25 %, қалыпты суық шамамен 30 %, күрт суық 20...30 % құрайды. Жылы ауа райының қайталануы 5...10 %. Рекреация үшін қолайлы және салыстырмалы қолайлы ауа райындағы күндер саны 280...300. Қолайсыз ауа райы қысқы аяз, жаңбырлы жаз күндер саны 60...70 күн.

4. Суық өтпелі-қолайлы зонасы. Биіктігі 1500 м биіктіктегі тау аймақтары, олар қатал қысымен салқын жазымен ерекшелінеді. Шөлейт және құрғақ дала ландшафттарындағы орташа тау қазаншұңқырлары таралған. 10 °С төмен температуралар сомасы 3000...3800 °С құрайды. Оңтүстік Алтайдың шөлейт ландшафтты қазаншұңқырларында қараша және наурыз айларында адамға қолайлы ауа температурасы болатын күндер саны 20...25, салыстырмалы қолайлы 60...65 және қолайсыз 60...70 күнді құрайды. Қолайлы биоклиматтық жағдайдың көрсеткіші 0,05...0,04. Аязсыз күндер саны 60...65 күн. Жаз маусымында қолайлы биоклиматтық жағдайдың көрсеткіші 0,30...0,40.

5. Суық дискомфорт зонасы. Бұл зонаға Оңтүстік-Шығыс Алтайдың қазаншұңқырларын жатқызамыз, негізгі ерекшелігі тым қатал қысы және салқын жазы болып табылады. Қыс айларының орташа температурасы -17 °С (-19 °С). Жаз салқын. Шілде айының орташа температурасы 10...13 °С. Туристік қызмет үшін қолайлы және салыстырмалы қолайлы ауа райының 200...250 күнді құрайды. Жылдық жауын-шашын мөлшері 900...1000 мм-ден 300...400 мм өзгереді.

6. Дискомфорт зонасы. Биіктігі 1500...2500 м қамтитын тау аймақтарын жатқызамыз (Орловка, Марқакөл және т.б.). Бұл зона қатал қысымен және салқын жазымен ерекшелінеді. Шілде айының орташа температурасы 6...8 °С. Күндіз ауа температурасы 15...17 °С көтеріліп, түнде 2...3 °С төмендейді. Қыс мезгілінде биік тауларда рекреациялық іс-әрекетті болдырмайтын метеорологиялық факторларға: қалың жауған қар, боран, тұман, қар жамылғысының біркелкі болмауы және көшкін қаупі.

7. Қатал дискомфорт зонасы. Биіктігі 2500 м жоғары қамтитын тау аймақтарын жатқызамыз (қар сызығынан жоғары). Бұл зона өте қатал қысымен және өте суық жазымен ерекшелінеді.



Осыған орай, биоклиматтың жайлылық деңгейін орографиялық сипатын ескере отырып табиғи-рекреациялық аудандарға бөлдік. М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университетінің ғалымы география ғылымдарының кандидаты Г.С. Самойлованың зерттеулері бойынша Алтай таулары туралы еңбектерін ескере отырып, трансшекаралық таулы аймақты физикалық-географиялық аудандастырудың жоғарғы таксономиялық бірлігін – ел деп қарастырған [5]. Бұл топтастырудың негізінде жоғарғы сатыдағы гео және морфоқұрылыммен ороклиматтың біртұтастығында. Ел шеңберінде аймаққа бөлінеді – белгіленген неотектоникалық дамудағы қоғамның қалыптасқан, ландшафттық дифференциациясы анықталған территориялық бірлік жинағы.

Алтай трансшекаралық таулы аймағы Алтай және Моңғол Алтайының физикалық-географиялық аймақтарының Алтай-Саян таулы аймағының 8 физико-географиялық провинциясына бөлінген. Алтай аймағына: Чарыш-Башцелак, Бұқтырма-Үбі, Марқакөл, Катун-Теректі, Чулымшан, Үкөк-Шуй; Моңғол Алтайына: Табын-Боғда-Улинско-Ховдинск, Ачитнурско-Өлгей физико-географиялық провинциялары болып бөлінген. Біздің зерттеуіміздегі Оңтүстік Алтай аймағына қатысты Марқакөл аймағын жатқызамыз. 1997 жылдан бастап бұрынғы Марқакөл және Күршім аудандарын біріктіріп қазіргі кезде Күршім ауданы деп атайды.

Ороклиматтық жалпылығына қарай провинцияны 3 табиғи-рекреациялық ауданға бөлінген. Марқакөл облысына: Катон-Қарағай, Күршім, Марқакөл табиғи-рекреациялық аудандары. Бұл зерттеуде табиғи-рекреациялық аудандар деп рекреация үшін биоклиматтық қолайлылық деңгейі бірыңғай және табиғи-территориялық кешендерінің шекарасында орналасқан аймақтық құрылымдар (сурет 3).

Алтай аймағы құрамына кіретін Катон-Қарағай, Күршім және Марқакөл табиғи-рекреациялық аймақтарына сипаттама беруді жөн көрдік [7].

Катон-Қарағай ауданы. Шығыс Қазақстан облысы құрамындағы аудан. Катонқарағай ауданы – ерекше сұлу мекен. Оның Қазақстан, Ресей, Қытай, Моңғолия шекаралары тоғысқан жері, мәңгі мұзбен қапталған Мұзтау баурайы биік шың, алып балқарағайлар, өзен-көлдер, сирек кездесетін гүлді өсімдіктер жамылғысы мен шабындықтарға толы.

Ауданның басты орографиялық жоталары: Нарым, Оңтүстік Алтай (3871 м), Сарымсақты (3373 м), Тарбағатай (2995 м). Бұл жоталардың жер бедерлері биік тауға жатқызамыз.

Ауданның климаты таулы климатқа сәйкес алуандылығымен ерекшелінеді. Катонқарағай ауданы агроклиматтық жағдайы бойынша таулы және қатты-континенттік ауа-райлы альпілік аймақта орналасқан, қатты ұзаққа созылатын қысымен, ыстық және баяу өтетін жазы мен күзі арқылы сипатталады.



Сур. 3. Оңтүстік Алтайдың табиғи-рекреациялық аудандастырылуы.

Жылдық жауын-шашын мөлшері 432 мм. Биік тауларда қаңтар айының орташа температурасы  $-17...-19^{\circ}\text{C}$ , бірақ ауа райының қаталдығын соғатын желдің маңызы ерекше. Қыс мезгілінде желдің орташа жылдамдығы 6...8 м/с. Адам ағзасына қолайлы ауа райының қайталануы 20...25 күн, салыстырмалы қолайлы 70...75 күн. Биік таулардағы қыс мезгіліндегі ҚБЖК 0,15...0,20. Тау аралық қазаншұңқырларда қыс мезгілінің сипаты жергілікті климатты қалыптастырушы жағдайларына тәуелді болып келеді.

Ауданның гидрографикалық желісі сансыз көлдер, өзендер, бұлақтардан тұрады. Аудан аумағының солтүстік шекарасынан ағып өтетін Бұхтарма өзені – ең ірі су ағымы болып табылады. Ауданды шығыстан батысқа қарай қиып өтетін Нарым өзені – екінші ірі су ағымы. Көптеген бұлақтар басын таудан алып, үлкен жылдамдықпен ағысы 1...2 м/с ағады. Дария тау мінезді.

Ландшафттары тік белбеулік заңдылығына сәйкес орналасқан. Катон-Қарағай ауданы төрт биіктік зонаға бөлеміз: нивальды зона,

субнивальды белбеу кіретін аймақ; тундра-шалғынды зонасы: таулы-тундра, таулы-шалғынды-альпілік, таулы-шалғынды-субальпілік; таулы-орманды зона: субальпілік таулы-орманды және таулы-шалғынды-тайгалық; таулы-орманды-шалғынды-далалы зона.

Ең ірі туристік нысандары: Рахман, Язевый, Бұқтырма, Маралды, Черновое, Жазауа көлдері, Көккөл, Рақман, Арасан, Язевое сарқырамалары, Берел қорғаны, ескі Австрия жолы, Мұзтау – бүкіл Қазақстанның байлығы. 2001 жылы 17 шілдеде республикадағы ең ірі Катонқарағай ұлттық табиғи саябағы құрылды.

Күршім (Марқакөл) ауданы. Ауданның негізгі көркі болып – Марқакөл көлі болып табылады. Көл Азутау және Күршім жоталарының аралығында, теңіз деңгейінен 1449,3 м биіктікте орналасқан. Суының мөлдірлігі мен көлді айналдыра қоршаған биік таулардың және әсем шыршалардың келбеті табиғатқа керемет көрініс береді. Көлдің солтүстігінде биік таулы Сарымсақты жотасы орналасқан, максимальды биіктігі 3373 м. Солтүстік жағалауында Күршім жотасы (2645 м), оңтүстік жағалауында абсолюттік биіктігі 1800...2300 м болатын Азутау жотасы алып жатыр.

Көл тектоникалық болып келеді. Көлдің ұзындығы 38 км, ені – 19 км және тереңдігі – 27 м. Көлге 100-ге жуық шағын өзендер мен бұлақтар келіп құяды, бірақ одан бір ғана Қалжыр өзені бастау алады. Көлге құятын өзендердің ірілері – Қарабұлақ, Матабай, Жиренбайтал, т.б. Жағасының оңтүстік жағы тік құлама жартасты, ал шағын өзен-жылғалар құятын тұстары батпақты. Қазан – мамыр айлары аралығында көл қатады. Суы тұщы, мөлдір, минералдылығы 0,07 г/л, құрамында: йод, фтор, бром, т.б. бар.

Қыс мезгілінде климаттың қалыптасуында қазаншұңқырдың жер бедері ықпал етеді. Суық ауа таудың баурайынан қазаншұңқырдың төменгі тереңдігіне қарай ауысады. Жаз мезгілінде ыстық ауа райы (I және II класс) болмайды. Қолайлы (III класс) және салқындау (IV класс), түнде әрқашан суық (V класс) болып келеді. Жаз мезгілі 80...85 күнге созылады. Маусым айынан тамыз айына дейінгі орташа температура 14 °С. Аязсыз күндердің ұзақтығы 60...70 күн. Күздің бірінші жартысы жылы, біраз жел соғады, екінші жартысы суық, желді жаңбырлы болып келеді. Жауын шашынның жылдық мөлшері 450...500 мм. Шілде және тамыз айларында көлдің беткі қабатының температурасы 16...17 °С, түбінде 7 °С.

Климаты тік белбеулік заңына бағынған. Жаз мезгілінде жотада қолайлы ауа райы (III класс), IV және V класс салқындау және суық ауа

райы көптеп қайталаңады. Қыс мезгілінің ауа райы қатал (Х класс) болып келеді. Солтүстік баурайда қар жамылғысының орташа биіктігі 30...50 см.

Өзен жүйесінің жиілігі 0,5...0,7 км/км<sup>2</sup>. Негізгі өзен жүйесі Күршім өзені, жоғары ағысында аңғары тар, шатқалды болып келеді.

Жалпы ауданның ішін екіге бөлеміз: Күршім және Марқакөл табиғи – рекреациялық аудандары. Күршім ауданының жер аумағы шағын болып келеді, 2000 м биіктіктегі Күршім жотасымен сипатталады. Бір ғана жотасы 2645 м (Шүмек тауы) көтеріледі. Осы биіктіктен Сарымсақты жотасының мұздықтарын көруге болады. Күршім жотасы физикалық үгілу, гравитациялық және су-эрозиялық процестерге ұшыраған, ар және терең шатқалдардың сол түстік беткейлерінде қылқан жапырақты, тау шатқалдары мен етегінде жалпақ жапырақты орман қалыптасқан. Күршім жотасында кішігірім және күрделі емес туристтік маршруттарды ұйымдастыруға болады.

Біздің зерттеуімізде Марқакөл табиғи-рекреациялық аумағына кіретін Мыңшұңқыр сор батпағының адамның денсаулығы үшін орны ерекше екендігін ескерген жөн [6].

Марқакөл табиғи – рекреациялық аймағында экологиялық туризмсипаттында болуы тиіс. Марқакөл жағалауын қайың, қарағай, шырша өскен орманды алқап алып жатыр. Жыл сайын Күршім ауданына қарасты мектептердің оқушылары, Қазақстанның жоғарғы оқу орынындағы студенттері далалық іс-тәжірибе өтуде, оның өзі танымдық туризмнің дамығанын көруге болады. Мұнда Марқакөл қорығы ұйымдастырылған.

Оңтүстік Алтай тауларының климаты оның ландшафттық құрылымына байланысты екендігін көруге болады:

1. Орташа және аласа таулардың орман ландшафттары биіктігі жоғарлаған сайын салқындау өтпелі-қолайлы зонасынан суық өтпелі қолайлы зонасына ауысады;

2. Тау аралық қазаншұңқырларының ландшафттарында биоклиматтың қолайлылық деңгейінің маусымдық айырмашылықтары бар;

Жүргізілген зерттеудің нәтижесінде келесі қорытынды жасауға болады:

1. Белгілі бір аймақтың табиғат ресурсын зерттемес бұрын сол аймақтың биоклиматтық жағдайын бағалаудан бастағаны жөн болып табылады, тек қана биоклимат рекреациялық саланың орналасуына және одан әрі дамуына өз әсерін тигізеді;

2. Таулы аймаққа бағалаудың ең тиімді бағалануы ландшафттық-индикациялық әдістемесіне негізделетін климатты интегралдық бағалау болып табылады;

3. Оңтүстік Алтайдың биоклиматының қолайлылық категориясы негізінде зерттелетін аймақты аудандастыруға негіз болады;

4. Биоклиматтық аудандастырылған аудандарды басқа да табиғи ресурстарды бағалауға негіз болады (гидрологиялық, биологиялық және т.б.);

5. Ғылыми негізделген ақпаратты аймақтың рекреациялық дамуына және табиғатын ұтымды пайдалануына қажетті ұсыныстарды әзірлеуге болады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Гармс Е.О. Выявление функциональной пригодности природно-рекреационных районов трансграничного Алтая с применением геоинформационных технологий // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – Т. 1. – № 44. – С. 381-383.
2. Егорина А.В. Климат Юго-Западного Алтая. – Семей: 2015. – С. 245-249.
3. Егорина А.В., Логиновская А.Н. Географические аспекты развития рекреации и туризма в Восточном Казахстане. Опыт и практика – Усть-Каменогорск: Шығыс Полиграф, 2016. – С. 65-70.
4. Русанов В.И. Методы исследования климата для медицинских целей. – Томск: Изд-во. ТГУ, 1973. – С. 110-112.
5. Самойлова Г.С. Физико-географическое районирование трансграничной территории гор юга Сибири // «Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая»: Матер. междунар. конф. – Горно-Алтайск, 2008. – С. 273-275.
6. Сапаров К.Т., Женсикбаева Н.Ж. Оңтүстік Алтай аймағының туризміне Мыңшұңқырдың қосар үлесі // Д. Серікбаев атындағы ШҚМТУ Хабаршысы. Ғылыми журнал. – Өскемен. – 2017. – Б. 66-71.
7. Сапаров К.Т., Женсикбаева Н.Ж. Природные предпосылки развития туризма в Южном Алтае // Географические исследования молодых ученых в регионах Азии: Матер. Всерос. молод. конф., Барнаул – Белокураха, 7-11 ноября 2016 – Барнаул, 2016. – С. 129-134.
8. Сухова М.Г. Эколого-климатический потенциал ландшафтов Алтае-Саянской горной страны для жизнедеятельности населения и рекреационного природопользования: Автореф. дис. ... доктора геогр. наук – Томск, 2009. – С. 1-8.

9. Сухова М.Г., Гармс Е.О., Chlachula J. Биоклиматические изменения трансграничной части Алтайского горного региона // Scientific research and their practical application. Modern state and ways of development: Матер. междунар. конф. – Польша, 2013. – С. 10-18.
10. Сухова М.Г., Русанов В.И. Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека – Новосибирск: Изд-во СО-РАН, 2004. – С. 80-85.

Поступила 29.09.2017

Доктор геогр. наук  
Доктор геогр. наук

Қ.Т. Сапаров  
А.В. Егорина  
Н.Ж. Женсикбаева

### **РЕКРЕАЦИОННАЯ ОЦЕНКА БИОКЛИМАТА ЮЖНОГО АЛТАЯ**

**Ключевые слова:** биоклимат, климат, солнечная радиация, ландшафт, рекреация, туризм, метеорология, район, провинция

*Рассмотрены природно-рекреационные ресурсы Южного Алтая. Проведена типизация ландшафтов Южного Алтая по преобладающей степени комфортности биоклимата для целей рекреации. Дана оценка Катон-Карагайского и Курчумского природно-рекреационных районов по степени комфортности биоклимата.*

Saparov K.T., Yegorina A.V., Zhensikbayeva N.Zh.

### **RECREATIONAL ASSESSMENT OF THE BIOCLIMATE OF SOUTHERN ALTAI**

**Keywords:** bioclimate, climate, sunshine, landscape, recreation, tourism, meteorology, area, province

*Natural and recreational resources of Southern Altai are considered. Typification of landscapes of Southern Altai on the prevailing degree of comfort of a bioclimate for a recreation is carried out. Katon-Karagayskaya and Kurchumskaya's assessment of natural and recreational areas on degree of comfort of a bioclimate is given.*

УДК 544.46:665.75:662.7

Г.Р. Нысанбаева<sup>1</sup>  
К.К. Кудайбергенов<sup>1</sup>  
Г.О. Турешова<sup>1</sup>  
Е.К. Онгарбаев<sup>1</sup>  
З.А. Мансуров<sup>1,2</sup>

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАФЕНИТА ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

**Ключевые слова:** нефтесорбент, термографенит, адсорбция, нефтепоглощение, реагентный состав, ферромагнит

*Рассмотрена возможность применения термографенита в качестве нефтесорбента. Были исследованы водопоглащаемость, насыпная плотность, плавучесть, сорбционная емкость и гидрофобность используемого нефтесорбента. Также были определены магнитные свойства термографенита.*

**Введение.** Уникальное сочетание эксплуатационных свойств терморасширенного графита (ТРГ), таких как широкий диапазон рабочих температур, высокая химическая стойкость, чрезвычайно низкая насыпная плотность, а также более развитая поверхность способствуют использованию этого материала в качестве сорбента, в частности, для очистки поверхностных и сточных вод от нефти. Общеизвестно, что это одна из кардинальных проблем охраны окружающей среды, поскольку нефть и нефтепродукты наносят колоссальный урон биосфере [4]. Катастрофических размеров достигло загрязнение океана, в него попадает 30 млн. т нефти в год. Площадь нефтяной пленки на поверхности составляет 1/5 площади океана. Нефтяная пленка в таких размерах очень опасна. Она нарушает газо- и влагообмен между атмосферой и гидросферой, угнетает развитие жизни, особенно планктона. Наиболее эффективные способы очистки включают равномерное нанесение на нефтяное пятно сорбирующего вещества, впитывающего нефть или нефтепродукты, с последующим извлечением полученного пласта с водной поверхности механическими средствами [1, 3]. Недостатками известных сорбционных способов очистки вод-

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

<sup>2</sup> Институт проблем горения, Алматы, Казахстан

ной поверхности от нефтепродуктов является: использование дефицитных материалов (древесины, опилок, активированного угля); необходимость обработки сорбентов гидрофобными реагентами; регенерация сорбентов активированным углем [2, 5, 8], которая является сложным, многостадийным и дорогостоящим технологическим процессом.

Целью настоящего исследования является разработка нового эффективного реагента нейтрализации последствий аварий, связанных с разливами нефти на поверхности воды и разработка инновационного технологического подхода, позволяющего значительно усовершенствовать существующую технологию контролируемого выжигания нефти.

**Экспериментальная часть.** В качестве реагентного состава использовали природный чешуйчатый графит Челябинского месторождения марки ГЛ-1 крупностью 0,4...0,8 мм (ГОСТ 5279-74), вспучивающий агент – шестиводный хлорид железа  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  и иницирующий агент – металлический магний. Усреднение компонентов реагентного состава осуществляли их перемешиванием с использованием лабораторного смесителя МРВ-309. Для изучения сорбционной способности ТРГ т использовали Каражанбаскую нефть, имеющую плотность при 20 °С 0,937 г/см<sup>3</sup>.

Способность адсорбции нефти была определена с использованием легко воспроизводимой и легко применимой процедуры. 1 г образца, помещенного в упаковку из полипропиленовой ткани толщиной 0,1 мм, был опущен в тяжелую нефть на 30 мин без перемешивания. Размер упаковки составил 70×80 мм. Объемная плотность ткани составила 0,20 г/см<sup>3</sup>, диаметр полипропиленового волокна 20 мм. Полипропиленовая ткань с адсорбированной нефтью затем была подвешена на 10 мин, для стекания избыточной нефти. Был измерен вес адсорбированной нефти при помощи полипропиленовой ткани с и без образца и разность между двумя весовыми массами была взята как количество адсорбированной нефти на 1 г образце. Нефтепоглощение определяют по формуле:

$$H = (M_s - M_0) - 1,$$

где  $H$  – нефтепоглощение сорбента, г нефти/г сорбента;  $M_s$  – масса полипропиленовой ткани с образцом, г;  $M_0$  – масса полипропиленовой ткани без образца, г.

Водопоглощение нефтесорбента – количество воды в граммах, сорбируемой одним граммом нефтесорбента было определено по следующей методике. 1 г исследуемого нефтесорбента сплошным слоем наносят



на поверхность воды. Через 20 минут нефтесорбент собирают с поверхности воды и определяют весовым методом массу воды, собранной 1 г нефтесорбента (водопоглощение) по формуле:

$$B = (V_{\text{кон}} - V_{\text{нач}}) \rho_{\text{воды}} = M_{\text{кон}} - M_{\text{нач}},$$

где  $B$  – водопоглощение нефтесорбента, г воды/г нефтесорбента;  $V_{\text{нач}}$  – начальный объем пробы воды, мл;  $V_{\text{кон}}$  – конечный объем пробы воды, мл;  $\rho_{\text{воды}}$  – плотность воды  $\rho_{\text{воды}} = 1$  г/мл;  $M_{\text{нач}}$  – начальная масса пробы воды, г;  $M_{\text{кон}}$  – конечная масса пробы воды, г.

Многочисленные эксперименты применения реагентного состава показывают, что выжигание можно производить при толщине пленки меньшей, чем 3 мм. При этом сорбент одинаково работает как в соленой, так и пресной воде, в условиях низких температур и внешних воздействий. Первоначально на водную поверхность разливается нефтяной слой толщиной 0,5...1,0 мм. На его поверхность распыляется небольшое количество легковоспламеняющейся жидкости, например, бензин, после чего производится поджог. Далее на горящий слой нефти рассыпается исследуемый реагентный состав. Его можно рассыпать и до выжигания разлитой нефти. В процессе горения нефти образуется терморасширенный графит и через несколько минут происходит полная адсорбция нефтепродукта. Схема данного процесса показана на рис. 1. В испытаниях участвовали 2 сорбента: ТРГ-1 (20 % Графит + 70 %  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  + 10 % магний) и ТРГ-2 (30 % Графит + 70 %  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Эксперименты проводились на поверхности реки Сырдарья под наблюдением эколога ТОО «Тимур Сотрапу». Данный физико-химический способ ликвидации нефтяных разливов прошел апробацию и по экологической экспертизе безвреден для окружающей среды. Как видно на рис. 1, после выгорания нефти оставшийся сорбент не теряет своих плавучих свойств и удерживается на поверхности воды (за счет абсолютной гидрофобности и очень низкой насыпной плотности и высокой сорбционной емкости) до момента его сбора и отжима нефти.

**Результаты и обсуждения.** Результаты адсорбции нефти сорбентами ТРГ-1 и ТРГ-2 приведены в табл. 1.

Серия экспериментов показала, что сорбент ТРГ-2 менее эффективен, чем сорбент ТРГ-1. Во-первых, процесс сорбции нефтепродукта сорбентом ТРГ-2 требует больше времени, порядка 35 минут. Во-вторых, часть сорбента ТРГ-2 тонет, а это предполагает большой расход исходного

сырья. В процессе испытания образца ТРГ-1 было показано, что его нанесение на слой нефти мгновенно блокирует ее дальнейшее растекание по водной поверхности. Кроме того, процесс сорбции занимает несколько минут и на поверхности воды не остаются жирные нефтяные следы.



*Рис. 1. Использование термографенита в промышленных условиях для ликвидации разливов нефти.*

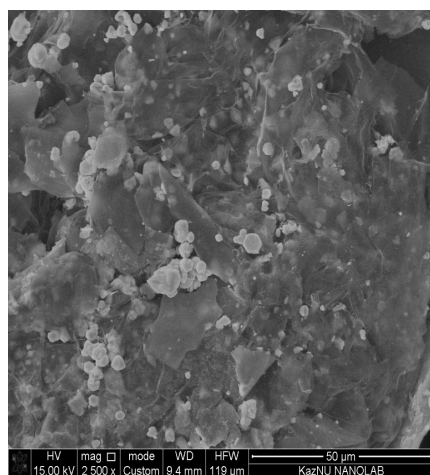
Таблица 1

Результаты проведения адсорбции нефти сорбентами ТРГ-1 и ТРГ-2

Сорбент	Тип нефти	Количество сорбента, г	Количество поглощенной нефти, г	Количество поглощенной воды, г
ТРГ-1	Кумколь	10	560	3
ТРГ-1	Каламкас	10	530	3
ТРГ-2	Кумколь	10	512	4
ТРГ-2	Каламкас	10	502	3

Далее были проведены расширенные испытания в лабораторных условиях с целью установления механизма активации исследуемого реагентного состава на границе раздела фаз «твердая поверхность реагента – воздух – вода - нефтяная пленка» [6]. Известно, что процесс получения термографенита происходит в результате термообработки интеркалированного графита за счет образования газообразных продуктов, вследствие чего между графитовыми слоями возникает внутрислойное

давление и газопаровая фаза выходит из графитовой матрицы [7]. Таким образом, происходит разрыв и подвижка графитовых слоев вплоть до образования пеноподобной структуры. В данном исследовании термографит получали путем механического смешивания порошка исходного графита со вспенивающим агентом – кристаллогидратом хлорида железа. В результате воздействия термоударом на полученный реагентный состав происходит процесс разложения кристаллогидрата хлорида железа, с образованием активных частиц, вступающих в химические реакции с графитом. Указанные активные частицы выступают в роли окислителя матрицы графита и поставщика частиц – интеркалантов. Далее интеркалированный графит при горении нефти (800...1200 °С) в течение 5...10 минут вспенивается. Весь процесс активации занимает от 10 до 20 минут. Одновременно со вспениванием реагентного состава происходит выделение частиц аэрозоля оксида металла, часть из которого уносится отходящими газами. Оставшаяся часть оксида металла равномерно распределяется по поверхности частиц вспененного графита, за счет чего обеспечиваются его ферромагнитные свойства (рис. 2). Микроструктура и микроанализ образцов были исследованы на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Quanta 3D 200i (США) в ускоренном напряжении 20 кВ и давлении 0,003 Па. Для исследований образцы закрепляли на медном держателе с помощью проводящего клея или скотча. Внешний вид образцов изучался также оптическим цифровым микроскопом Leica DM 6000 M с двумя режимами освещения – «на просвет» и «на отражение». В режиме «на отражение» использовались методики светлого и темного поля.



*Рис. 2. СЭМ снимки термографита полученного из реагентного состава 20 % графит + 70 %  $[FeCl_3 \cdot 6H_2O]$  + 10 % магний.*

В работе были определены магнитные свойства термографенита. Известно, что магнитные свойства вещества характеризуются магнитной проницаемостью. Для ее определения использовался феррометр Ф-5063. Результаты исследования представлены на рис. 3. Основные процессы образования термографенита в образце начинаются при температурах 600...850 °С. Начиная с определенной критической температуры и при соотношении  $C:FeCl_3 \cdot 6H_2O = 20:80$  начинается переход железа из ферри-магнитного состояния в парамагнитное. В диапазоне температур 600...700 °С магнитная проницаемость образца падает, а в диапазоне 700...850 °С остается постоянной, что можно объяснить достаточной концентрацией ферримагнитных частиц в образованном термографените. Известно, что чем выше магнитная восприимчивость, тем выше концентрация свободных радикалов, содержащихся в образце.

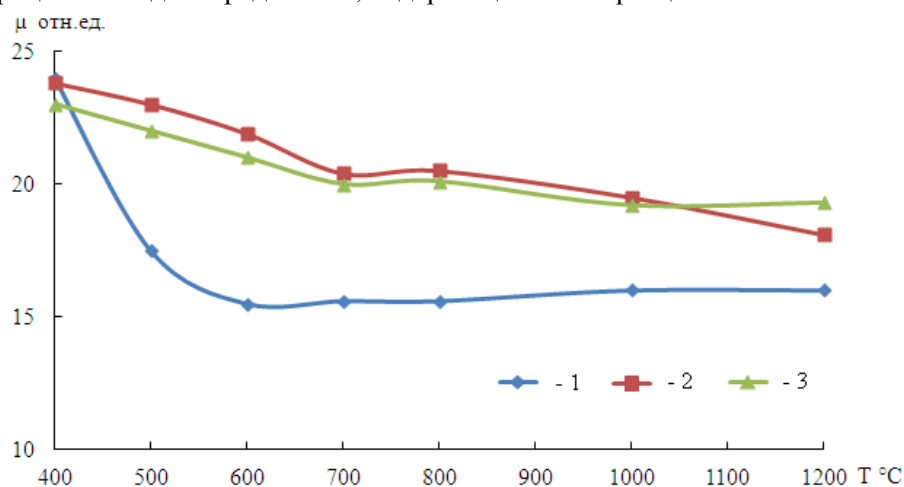


Рис. 3. Зависимость магнитной проницаемости реактивного состава от температуры горения на границе раздела фаз твердая поверхность реагента – воздух – нефтяная пленка – вода. 1 –  $C:FeCl_3 \cdot 6H_2O = 20:80$ ; 2 –  $C:FeCl_3 \cdot 6H_2O = 30:70$ ; 3 –  $C:FeCl_3 \cdot 6H_2O = 40:60$ .

Таким образом, магнитные исследования выявили, что процесс образования термографенита не приводит к потере магнитных свойств образцов и образцы, содержащие графит и кристаллогидрат при соотношении (30:70 и 40:60), возможно, обладают относительно высокими значениями удельной намагниченности.

Помимо этого, были исследованы такие свойства синтезированного термографенита как гидрофобность и сорбционная емкость. Так, на рис. 4 сравнивается плавучесть ТРГ состава 20 % графит + 70 %  $[FeCl_3 \cdot 6H_2O]$  + 10 % магнезия и плавучесть природного графита марки

ГЛ-1 после сорбции нефти. Плаваемость ТРГ составляет 90 % после сорбции нефти. После 4-х дней испытаний синтезированного ТРГ на дно стакана с водой опустилось 10 % гранул с сорбированной нефтью (рис. 4б). В то время как гранулы природный графита с сорбированной нефтью полностью опустились на дно стакана (рис. 4а). Столь высокая степень плаваемости ТРГ связана с высокой гидрофобностью его поверхности и структурой (воздух, содержащийся в порах терморасширенного графита, не вытесняется водой). В процессе очистки воды сорбированные нефтепродукты повышают гидрофобность поверхности, вследствие чего плаваемость этих сорбентов еще возрастает.



а

б

Рис. 4. Сравнение плаваемости природного графита марки ГЛ-1 (а) и ТРГ (б).

Сбор насыщенного сорбента с поверхности воды производится с помощью конструктивно несложного оборудования, оснащенного электромагнитом или постоянным магнитом.

С целью улучшения сорбционных характеристик ТРГ, синтезированного в пламени (при горении нефти), были использованы оптимизированные пиротехнические составы. С этой целью была использована бинарная смесь природного графита марки ГЛ-1 (Челябинского месторождения, ГОСТ 5279-74) и кристаллогидратов железа и цинка при разных соотношениях исходных компонентов. Первоначально для полученных при горении нефти вспенивающихся графитсодержащих смесей были рассчитаны коэффициенты вспенивания ( $K_v$ ), которые составили 5,1...71,2 см<sup>3</sup>/г, т.е. из 1 г

графита во вспениваемой смеси образуется от 5,1 до 71,2 см<sup>3</sup> вспененного графита. Полученный продукт имеет насыпную плотность 0,01...0,28 г/см<sup>3</sup>. Были определены зависимости свойств вспененного графита от оптимального соотношения реагентного состава, от температуры и длительности вспенивания (табл. 2, 3). Эксперименты проводились с реагентным составом без добавления металлического магния.

Таблица 2

Зависимость свойств вспененного графита от состава смеси (без добавления магния)

Состав смеси, мас. %		Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	K <sub>v</sub> , см <sup>3</sup> /г	Сорбционная способность по нефти, г/г
ГЛ-1	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O			
90	10	0,311	2,1	1,3
80	20	0,280	5,1	2,9
70	30	0,158	8,1	4,4
60	40	0,079	14,8	7,2
50	50	0,055	25,6	14
40	60	0,026	40,9	24
30	70	0,013	70,0	41
20	80	0,011	71,2	42
10	90	0,050	69,0	43

Таблица 3

Зависимость свойств вспененного графита от температуры и длительности вспенивания (без добавления магния)

Условия вспенивания		Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	K <sub>v</sub> , см <sup>3</sup> /г	Сорбционная способность по нефти, г/г
температура, °С	длительность, мин			
300	5,00	0,091	15,2	7,2
400	5,00	0,063	26,9	15,1
500	5,00	0,066	25,1	14,7
600	1,00	0,073	23,4	13,0
700	0,50	0,069	22,9	11,5
800	0,30	0,075	18,2	10,1
900	0,20	0,085	17,1	9,2
800	0,10	0,178	12,5	5,0
800	0,05	0,602	3,2	2,1
500	10,00	0,065	24,1	14,0
500	15,00	0,068	25,5	14,5
800	20,00	0,082	17,5	9,2

В табл. 4 показаны результаты исследований сорбционных свойств реагентных составов с добавлением и без добавления магния. Как видно,

ТРГ, синтезированный при горении нефти из пиротехнического состава «20 % графит + 70 %  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  + 10 % магний», обладает высокой адсорбционной емкостью по нефти и нефтепродуктам, плавучестью, низким водопоглощением. Так, плавучесть ТРГ составляет 90 %.

Таблица 4

Основные сорбционные свойства термографенита при разных условиях горения нефти и соотношения состава

Пиротехнический состав	Время распыление реагентного состава	Нефтеемкость, г/г		Плавучесть, %
		Нефтеемкость, г/г	Водопоглощение, г/г	
20 % графит + 70 % $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ + 10 % магний	при горении нефти	58	0,1	90
20 % графит + 80 % $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$	при горении нефти	53	0,3	85
30 % графит + 70 % $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	при горении нефти	50	0,2	86
20 % графит + 70 % $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ + 10 % магний	до горения нефти	45	0,2	91
20 % графит + 80 % $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$	до горения нефти	40	0,1	92
30 % графит + 70 % $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	до горения нефти	38	0,4	84

Результаты эксперимента показали, что пиротехнический состав «графит +  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ » с добавлением магния адсорбирует 58 г/г тяжелой нефти и 0,1 г/г воды.

С повышением температуры наблюдается плавление вспенивающего реагента с образованием однородной расплавленной пузырящейся массы в виде термографенита, результаты исследования показаны в табл. 5 и 6. Максимальное вспучивание наблюдалось при мольном соотношении компонентов смеси 6,4 моль углерода на 1 моль соли. Температура, при которой достигается максимальный коэффициент вспучивания, зависит от состава реагента. Максимальные значения показателя вспучивания составляют 86,2 см<sup>3</sup>/г для реагентного состава из  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и 73,1 см<sup>3</sup>/г для  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Необходимое количество вспенивающего агента для обработки исходного графита составляет 70 %  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  + 10 % металлического магния (табл. 5). Использование кристаллогидрата хлорида железа в количестве менее 20 % приводит к получению ТРГ с повышенной насыпной плотностью и плохой прессуемостью, а более 80 %, приводит к низкому выходу ТРГ.

Известно, что при термодеструкции реагентного состава возможно образование активных частиц, которые могут являться потенциальными окислителями и интеркалантами кристаллической решетки графита. При этом важно, чтобы температурный диапазон генерации активных частиц в присутствии графита перекрывался с областью эффективного вспучивания, полученного соединением интеркалированного графита.

Таблица 5

Зависимость коэффициента вспенивания от температуры при разных соотношениях системы природный графит –  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  с добавлением магния

20/80, %		30/70, %		40/60, %	
T °C	$K_v$ , см <sup>3</sup> /г	T °C	$K_v$ , см <sup>3</sup> /г	T °C	$K_v$ , см <sup>3</sup> /г
300	41,7	300	31,7	300	22,8
400	42,8	400	36,8	400	25,6
500	46,7	500	41,7	500	37,7
600	50,8	600	45	600	37,2
700	56,2	700	48	700	48,1
800	75,5	800	69,5	800	48,9
900	80,8	900	79,7	900	69,7
1000	86,2	1000	80	1000	72,5
1100	86,1	1100	80,9	1100	73

Таблица 6

Зависимость коэффициента вспенивания от температуры при разных соотношениях системы природный графит –  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

20/80, %		30/70, %		40/60, %	
T °C	$K_v$ , см <sup>3</sup> /г	T °C	$K_v$ , см <sup>3</sup> /г	T °C	$K_v$ , см <sup>3</sup> /г
300	15,8	300	17,1	300	15,4
400	25,2	400	21,6	400	19,2
500	38,5	500	27,2	500	21,2
600	43,2	600	38,5	600	26,3
700	56,1	700	39,3	700	35,2
800	58,8	800	59,3	800	39,9
900	61,7	900	72,4	900	49,5
1000	62,1	1000	72,5	1000	56,9
1100	63,1	1100	73,1	1100	63,1

Действительно, обнаружено, что термолит смесей графита с  $[\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  и  $[\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$  в области температур 800...1100 °C приводит к образованию ТРГ. Температура, при которой достигается максимальный коэффициент вспучивания, зависит от природы соли. Для  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  она составляет 1000 °C, для  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – 1100 °C (табл. 5 и



б). Повышение температуры приводит к повышенному окислению графита и выгоранию его до CO и CO<sub>2</sub>. При понижении температуры показатель вспучивания уменьшается, а ниже некоторого порогового значения (250 °С для Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O и 280 °С для FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O) образование ТРГ не фиксируется.

Особенностью указанных смесей является то, что при нормальных условиях их компоненты не взаимодействуют друг с другом. Необходимым условием протекания реакции является термоиницируемый распад исходного реагента-окислителя.

Было изучено влияние времени контакта на сорбционные способности ТРГ полученного из 20 % графит + 70 % [FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O] + 10 % магний. В табл. 7 видно, что с увеличением продолжительности контакта от 1 до 5 мин сорбция нефти повышается от 48 до 58 г/г. Дальнейшее увеличение продолжительности контакта не приводит к заметному росту эффективности сорбции нефти. Отсюда видно, что оптимальное время контакта сорбента с нефтью составляет 5 мин.

Таблица 7

Зависимость термографенита от продолжительности его контакта с нефтепродуктами

Время сорбции, мин	Сорбированное количество, г		
	нефть	индустриальное масло	дизельное топливо
1	48,0	32,1	24,7
5	58,0	37,3	27,8
10	58,1	42,5	27,3
15	58,0	48,4	32,2
20	58,5	58,2	33,6
25	58,4	62,9	34,5

Сорбция, в основном, состоит из двух фаз: быстрой и медленной. Большая часть поглощения нефти происходит в быстрой фазе, а на втором этапе – относительно небольшие поглощения нефти до достижения равновесия адсорбции. Первоначально высокий уровень нефтепоглощения может быть связан с наличием в большом количестве макропор в сорбенте, однако, с дальнейшим протеканием процесса, происходит поглощение небольшого количества нефти. Этот эффект может быть связан с адсорбцией нефти на поверхности, которая начинает проникать во внутренние микропоры.

**Заключение.** Таким образом, синтезированные термографениты, обладающие высокими магнитными, сорбционными и гидрофобными свойст-

вами, могут быть рекомендованы в качестве сорбента углеводородов. Например, при ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. – М.: Иноктаво, 2005. – 368 с.
2. Вылкован А.И., Венцюлис Л.С., Зайцев В.М., Филатов В.Д. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти // Научно-практическое пособие. – СПб.: Центр-Техинформ, 2000. – 105 с.
3. Гурвич Л.М. Нефтяное загрязнение гидросферы. – М.: 1997. – 273 с.
4. Караев С., Шыхалиев К. Экологические проблемы транспортировки нефти и нефтепродуктов и новые методы очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов // Hannover: EAEN, 2014. – 44 с.
5. Назаров В.П., Чувиллин С.В., Коротовских Я.В. Информатизация инновационных методов ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в акватории морской среды // Научно-тех. конф. по системе безопасности. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. – С. 117-120.
6. Нысанбаева Г.Р., Куанышева Б.Т., Кудайбергенов К.К., Онгарбаев Е.К., Любчик С.Б. Получение пористого графита путем термической обработки. // Горение и плазмохимия. – 2017. – Том 15. – №1. – С. 55-60.
7. Финаенов А.И., Трифонов А.И., Журавлев А.М., Яковлев А.В. Области применения и получения терморасширенного графита. // Вестник СГТУ. –2004. – № 1(2). – С. 75-85.
8. Чувиллин С.В. Огнетушащие порошковые составы двойного назначения // Матер. 14 науч.-техн. конф. по системе безопасности – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. –78 с.

Поступила 5.11.2017

Г.Р. Нысанбаева  
К.К. Құдайбергенов  
Г.О. Төрешова  
Е.К. Онғарбаев  
З.А. Мансұров

#### ТӨГІЛГЕН МҰНАЙДЫ АЛДЫН АЛУДА ТЕРМОГРАФИТТИ ҚОЛДАНУ

*Түйінді сөздер:* мұнайлысорбент, термографенит, адсорбция, мұнайсіңіру, реагентті құрам, ферромагнит

*Термографитті мұнайсорбент ретінде қолдану мүмкіндігі қарастырылған. Мұнайлысорбентінің су сіңіруі, массасының тығыздығы, қалықтылығы, сорбциялық сыйымдылығы және гидрофобтығы зерттелді. Сондай-ақ, термографиттің ферромагниттік қасиеттері анықталды.*

Nyssanbayeva G.R., Kudaibergenov K.K., Tureshova G.O., Ongarbayev Ye.K., Mansurov Z.A.

#### **APPLICATION OF THERMALGRAPHITE FOR LIQUIDATION OF OIL SPILL RESPONSES**

**Keywords:** oil sorbent, thermal graphite, adsorption, oil absorption, reagent composition, ferromagnetic

*The possibility of using thermal graphite as oil sorbent is considered. It was investigated water absorption, bulk density, buoyancy, sorption capacity and hydrophobicity of oil sorbent. Also were determined the ferromagnetic properties of thermal graphite.*

ӘОЖ 556.16.5

Геогр. ғылымд. канд. А.К. Мусина<sup>1</sup>  
М.Е. Кенесова<sup>1</sup>

### ТОБЫЛ ӨЗЕНІ АЛАБЫНДАҒЫ КӨКТЕМГІ СУ ТАСУДЫҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРЫН БАҒАЛАУ

*Түйінді сөздер:* ең жоғарғы су өтімі, көктемгі ағынды, ағынды қабаты, ең жоғары ағындының байқалған уақыты, көктемгі су тасудың басталу уақыты, аяқталу уақыты, ұзақтығы

*Қарастырылып отырған мақалада Тобыл өзені алабының көктемгі ағындысының негізгі сипаттамаларына салыстырмалы баға берілген. Сонымен қатар Тобыл өзені алабындағы көктемгі су тасудың басталу, аяқталу және ең жоғарғы ағындының байқалу даталары келтірілген. Тобыл өзені алабы көктемгі ағындысының негізгі сипаттамаларын бағалау үшін қарастырылған отырған алап бойынша көктемгі ағынды жөніндегі мәліметтер жинақталып, гидрологиядағы белгілі әдіс-тәсілдердің көмегімен есептелген.*

Тобыл өзені алабы Қостанай облысы сушаруашылық жүйесінің негізі болып табылады. Қарастырылып отырған алаптағы өзендер маңында мемлекеттік маңызы бар қалалар, аудан орталықтары мен көптеген шағын елді мекендер орналасқан. Мұнда облыстың барлық өнеркәсіптік кешені және суармалы жерлер шоғырланған. Қарастырылып отырған ауданның көктемгі ағындысының негізгі сипаттамаларын бағалаудың қолданбалы маңызы жоғары, және бұл алаптағы ағындының негізгі мөлшері көктемде өтетіндігін ескерсек, ұсынылып отырған мақаланың маңызы арта түспек.

Тобыл өзені ұзындығы бойынша (1591 км) ірі өзендерге жатады. Ол Ертіс, Сырдария, Жайық пен Есіл өзендерінен кейін Қазақстанның ірі және маңызды өзендер қатарына кіреді [15].

Облыс аумағында ұзындығы 10 км-ден асатын 310 жуық тұрақты және уақытша ағын сулар бар, олардың жартысынан астамының ұзындығы 20 км жуық. Ұзындығы 100 км асатын 21 өзен, 500 км асатын тек екі өзен ғана бар [15, 19].

Тобыл өзені алабының сол жағалауында өзен желісі жақсы дамыған; бұл жерде Оңтүстік Оралдан бастауын алатын Шортанды, Аят,

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

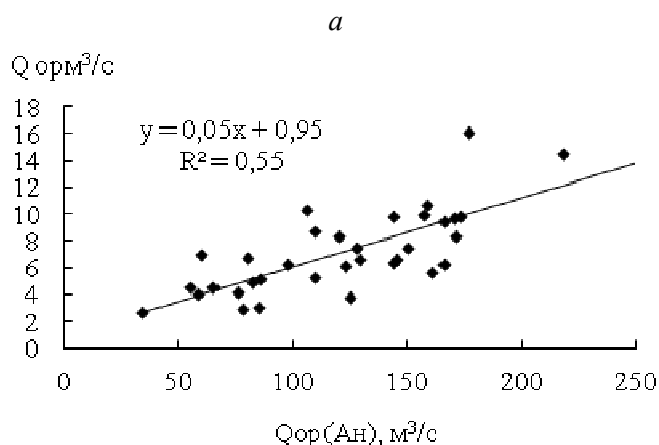
Тоғызак, Сынтасты, Үй өзендері ағып өтеді. Бұл өзендердің жоғарғы ағыстарында көптеген салалары бар, бірақ Тобыл өзеніне жақындағанда жергілікті жер жазықтық сипатқа ие болғандықтан, өзен желісінің жиілігі кеми түседі [15].

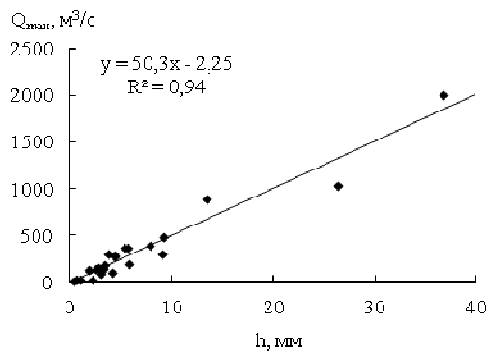
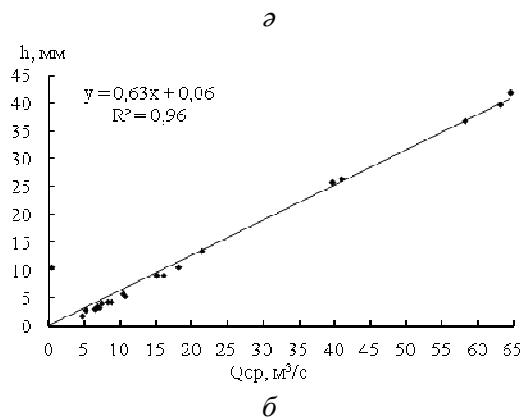
Көктемгі ағынды жөніндегі мәліметтер негізінен қарастырылып отырған алаптағы 17 бекет бойынша жинақталды. Әрбір бекеттегі қатар ұзақтығы әрқалай. Бақылау қатары 10 жылдан кем бекеттердің саны – 4 немесе жалпы бекеттер санының 23,5 % құрайды. Бақылау қатары барынша толық, яғни бақылау ұзақтығы 70 жылдан асатын бекеттер саны – 2. Бұл бекеттер Тоғызак өз. – Тоғызак а. және Тобыл өз. – Гришенка а. тұстамаларына тиесілі. Бақылау қатары 5 жылдан аз жылды құрайтын бекеттер есептеулер үшін қолданылмады.

Тобыл өзені алабының көктемгі ағындысы жөніндегі мәліметтер РМК «Қазгидромет» желісіне қарасты жинақтар мен анықтамалықтардан алынды [2...14, 19, 20].

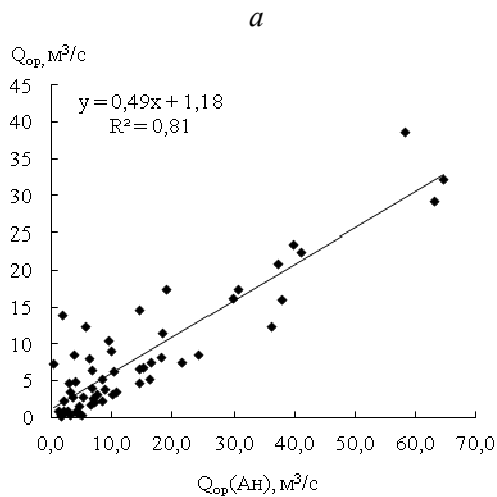
Көктемгі ағындының негізгі сипаттамаларын анықтау үшін, есептік кезең таңдалып алынды. Тобыл өзені орташа көпжылдық ағындысының айырымдық интеграл қисықтарын талдау негізінде мұндай кезең ретінде 1938...2012 жж. аралығы таңдалып алынды.

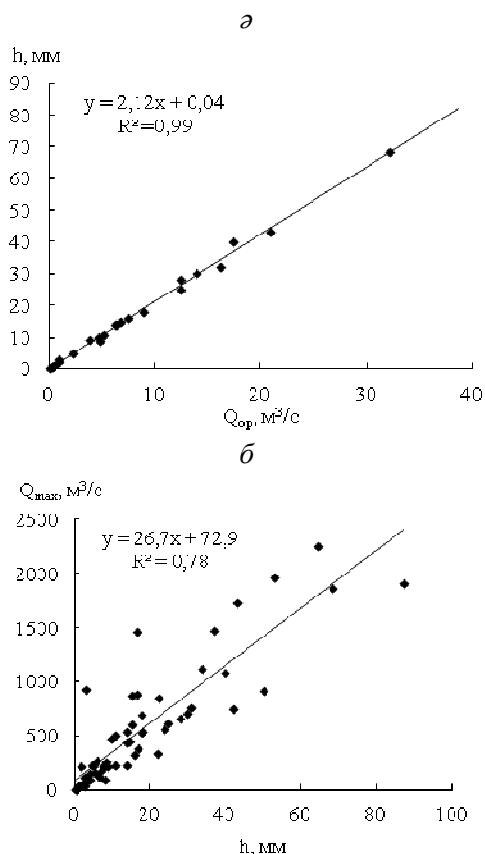
Алаптағы бақылау қатары толық емес бекеттердегі бос жылдар гидрологиядағы белгілі әдістер бойынша қалпына келтіріліп, қажетті түзетулер енгізілді. Көктемгі ағынды қабаты шамасы аталған бекеттердегі жылдық ағынды сипаттамаларымен байланысы ( $h = f(Q_{op})$ ) бойынша анықталды. Ал бұл бекеттердегі ең жоғары ағынды сипаттамалары ағынды қабатымен арасындағы байланыс ( $Q_{max} = f(h)$ ) бойынша анықталды (сурет 1, 2).





Сурет 1. Тобыл өзені – Қостанай қ. тұстамасындағы көктемгі ағындының байланыс графиктері: а – ұқсас өзен мен қалпына келтірілген өзеннің орташа көпжылдық су өтімдері арасындағы байланыс; ә – көктемгі ағынды қабаты мен орташа жылдық су өтімдері арасындағы байланыс; б – көктемгі ең жоғарғы су өтімдері мен көктемгі ағынды қабаты арасындағы байланыс.





Сурет 2. Тобыл өзені – Гришечка а. тұстамасындағы көктемгі ағындының байланыс графиктері: а – ұқсас өзен мен қалпына келтірілген өзеннің орташа көпжылдық су өтімдері арасындағы байланыс; б – көктемгі ағынды қабаты мен орташа жылдық су өтімдері арасындағы байланыс; в – көктемгі ең жоғарғы су өтімдері мен көктемгі ағынды қабаты арасындағы байланыс.

Тобыл өзені – ағындысы адамның шаруашылық іс-әрекеттері кешенінің түрлі факторларының ықпалына ұшыраған өзен. Өзен алабының көктемгі ағындысы бойынша қолда бар мәліметтер 1938 жылдан 2012 жылдар аралығын қамтиды. Бұл қатар өзен алабында антропогендік факторлардың әсерінен болған ағынды сипаттамаларының өзгерісін бағалауға мүмкіндік береді [24].

Өзен алабында бір немесе бірнеше шаруашылық іс-әрекет жүргізілген жағдайда бақылау қатарын біртектілікке статистикалық критерийлердің көмегімен тексерген орынды. Бұл, әсіресе, алапта жүргізілген шаруашылық іс-әрекеттің даму ауқымы жөнінде дерек жоқ болған жағдайда пайдалы [25].

Ең жоғарғы су өтімінің қатарларын біртектіліктерге тексеру кезінде 17 бекет бойынша мәліметтер қарастырылған. Біртектілікке тексергенде 5 ғана бекет толығымен біртекті болып шықты (Тобыл өз. – Гришенка а., Обаған өз. – Ақсуат а., Камыстыаят өз. – Маслоковцы а., Обаған өз. – Қаранғылық өзенінің сағасынан 5 км., Қарасу өз. – Қайранкөл свх.). Ал 3 бекет (Тобыл өз. – Қостанай қ., Үй өз. – Үй а, Балка Тойсай – Новопокровка а.) толығымен біртекті емес болды. Қалған 9 бекет аралас біртекті және біртексіз болды.

Ағындыға жүргізілген бақылау қатары ғана бар болғанның өзінде графиктік тәсіл бойынша - жиынтық интеграл қисығын тұрғызу арқылы антропогендік өзгерістің басталу датасын анықтауға және жуықтап ағындының өзгеру шамасын бағалауға болады [23, 25].

Ағынды режимінің бұзылу сәті жиынтық интегралдық графигі бойынша жуықтап анықталды. Біздің жағдайда Тобыл өзені бойындағы Қостанай қ., Придорожный а., Милютинка а. тұстамаларындағы ағынды режимінің бұзылу сәті 1974 жылға сәйкес келіп отыр.

Көктемгі ағынды мөлшері су қоймалардың салынуы әсерінен азаюға бейім. Мысалы, аталған тұстамаларда су қойма салынғаннан кейін, ең жоғары ағынды мөлшері арасындағы айырмашылық сәйкесінше  $138 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $37,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $30,9 \text{ м}^3/\text{с}$  құраған (1-кесте). Оны су қоймалар қазаншұңқырының толысуына жұмсалатын шығындармен, су бетінен қосымша буланумен, сондай-ақ шаруашылықтың түрлі салаларына судың алынуымен түсіндіруге болады.

Тобыл өзенінде 1974 жылдан бастап бөгендердің әсері байқалған. Алапта булану көлемі көбейіп, сонымен қатар климаттың өзгеруіне байланысты өзеннің жылдық ағындысының азаюы байқалады. Бұл өзгерісті 1 кестеден көруге болады.

Алаптағы ірі және орташа өзендердің жылдық ағындысының шамамен 90...95 % және кіші ағын сулардағы барлық жылдық ағынды көктемгі қар еру кезінде қалыптасады [15, 18].

Алап өзендеріндегі көктемдік су тасудың негізгі шегі сәуірдің ортасында өтеді [18].

Шағын өзендерде су тасудың шарықтау шегі мұз қатудың соңында байқалады, орташа өзендерде – мұз еру кезінде және ірі өзендерде – оның аяқталуынан кейін байқалады.

Көктемдік су тасу шағын және орташа өзендерде сәуірдің басында-мамырдың басында аяқталады, ал ірі өзендерде – мамырдың соңы-



маусымға дейін созылады. Су тасудың өзіне тән деңгейлерінің жетіп келу мерзімі туралы мәліметтер кесте 2 келтірілген.

Кесте 1

Табиғи кезең мен айқын өзгерістер кезеңіндегі  $Q_{\max}$  өзгерісі

Кезең	$Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$
<b>Тобыл өз. – Қостанай қ.</b>		
1938...1974	696,9	1,34
1975...2012	446,2	1,30
$\Delta = Q_{\text{таб.}} - Q_{\text{реттел.}}$	138	
$\Delta$ %	19,8	
<b>Тобыл өз. – Придорожный а.</b>		
1938...1974	461,8	1,11
1975...2012	424,4	1,15
$\Delta = Q_{\text{таб.}} - Q_{\text{реттел.}}$	37,4	
$\Delta$ %	8,09	
<b>Тобыл өз. – Милютинка а.</b>		
1938...1974	132,9	1,08
1975...2012	102,0	1,16
$\Delta = Q_{\text{таб.}} - Q_{\text{реттел.}}$	30,9	
$\Delta$ %	23,3	

Көктемдік су тасудың ұзақтығы көп жағдайда су ағынының су жинау ауданына тәуелді болады. Шағын өзендерде (су жинау ауданы 500...3000 км<sup>2</sup>) су тасу, орташа есеппен алғанда, 20...30 күн жалғасады, орташа өзендерде (3000...30000 км<sup>2</sup>) – 30...50 күн және ірі өзендерде (40000...140000 км<sup>2</sup>) – 50...75 күн. Алаптағы өзендерде су тасудың ұзақтығы 90...111 күн құрайды (Тобыл, Обаған өзендері). Облыс өзендеріндегі су тасу және басылуы көбінесе 1:2 – 1:4 құрайды.

Облыстың орташа және ірі өзендерінің көбінде көктемдік су тасудың толқынның формасы тік, біршоқылы; тек шағын өзендерде ғана (су жинағыш ауданы 2000...3000 км<sup>2</sup> дейін) ағындысының ішкі тәуліктік қозғалыстың бар болуы мүмкін, сол кезде су тасу бөлек бір толқындар түрінде өтеді. Құрғақ күз бен қарсыз қыс жылдарында су тасу болмайды.

Қарастырылатын аумағындағы өзендерде көктемгі су тасу кезіндегі максимал деңгейлер белгілі бір шамаға жетеді. Су тасудың толқынының биіктігі жылдың сулылығына, су жинау алабының ауданының өлшеміне, өзеннің арнасына, аңғарына және құрылымына байланысты белгілі бір шектерде өзгереді. Алап өзендерінің суы аз, орташа және көп сулы жылдарында су тасудың шегінің көктемгі дейінгі деңгейінен асып өту туралы жалпыланған мәліметтер кесте 2 келтірілген.









Су тасудың алғашқы күндері деңгейлердің көтерілу қарқындылығы шамалы ғана (тәулікте 5...10 см ғана), бірақ одан әрі ол орташа және ірі өзендерде күрт өседі де, орташа және ірі өзендерде сулылығы орташа болатын жылдарда тәулікке 200 см құрайды. Су тасудың көтерілуі тек суы мол жылдарда ғана қар еру кезінде аса қарқынды болады. Көктемгі су тасудың аяқталуы оның тасуына қарағанда, баяу жүреді. Алаптың көп бөлігі үшін судың максималды өтімдері сәуірдің ортасында байқалады.

**Қорытынды.** Тобыл өзені алабындағы тұстамалардың көктемгі ағындысы сипаттамаларын өңдеу нәтижесінде ең жоғарғы ағындының байқалу даталары екі кезең бойынша салыстырылды, салыстыру нәтижесі алап бойынша табиғи кезеңдегі ең жоғары ағындының ең ерте байқалу датасы 17 сәуірге тиесілі болса, шартты-бұзылған кезеңде 24 күнге ерте байқалған (Тобыл өз. – Дзержинск свх.). Қарастырылып отырған алаптағы ең жоғарғы ағындының ең кеш байқалу даталары 3 бекетте тиесілі: Аят өз. – Варваринка а., Қарасу өз. – Қайранкөл свх., Тоғызак өз. – Тоғызак б. Бұл бекеттерде ең жоғарғы ағындының ең кеш байқалу даталары 7 күнге ерте басталған (06.05 – 29.04). Тобыл өзені алабындағы көктемгі су тасудың басталу даталарын талдау нәтижесі төмендегі қорытындыға саяды: Тобыл өзеніндегі көктемгі су тасудың табиғи кезеңдегі басталу датасы Сынтасты өз. – Маринск а. тұстамасында 29 наурызда байқалған, ал шартты-бұзылған кезеңдегі басталу датасы Тобыл өз. – Қостанай қ. тұстамасында 20 наурызға ығысқан. Көктемгі су тасудың басталу датасы алап бойынша 9 күнге ерте байқалған. Ал аяқталу даталарына келетін болсақ табиғи кезеңде 27 сәуірге тиесілі болса (Тобыл өз. – Дзержинск свх., Балка Тойсай – Новопокровка а., Қарасу өз. – Қайранкөл свх. тұстамаларында), шартты-бұзылған кезеңде 17 сәуірге сәйкес (Алабұға өз. – Ясная Поляна а. тұстамасында), яғни алаптағы көктемгі су тасудың аяқталу датасы 10 күнге ілгері ығысқан. Тобыл өзені алабындағы көктемгі су тасу кезеңі бойынша ең қысқа аралық табиғи кезеңде 11 күнді құраса (Балка Тойсай – Новопокровка а., Алабұға өз. – Ясная Поляна а., Қарасу өз. – Қайранкөл свх. тұстамаларында), ең ұзақ аралық 111 күнді қамтыған (1947 ж. Обаған өз. – Қаранғылық өзенінің сағасынан 5 км тұстамасында), шартты-бұзылған кезеңдегі көктемгі су тасудың ең қысқа кезеңі – 6 күн (Алабұға өз. – Ясная Поляна а.), ең ұзақ аралық 97 күн Тобыл өз. – Гришенка а. (1977 ж.) тұстамасында байқалған. Тобыл өзені алабындағы көктемгі су тасу ұзақтығы шартты-бұзылған

кезеңде айтарлықтай қысқарған. Алап бойынша ккқтемгі су тасу сипаттамаларының ерте басталып, ерте аяқталуы, ең жоғарғы ағынды даталарының ерте көрініс беруі, көктемгі су тасу орын алу уақытының кемуі алапта климаттық өзгерістердің айқын бағытын көрсетеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2001 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол – Алматы: 2002. – 165 с.
2. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2002 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Алматы: 2003. – 39 с.
3. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2003 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Алматы: 2004. – 63 с.
4. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2004 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Алматы, 2005. – 55 с.
5. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2005 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Алматы, 2006. – 64 с.
6. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2006 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Алматы, 2007. – 72 с.
7. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2007 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Алматы: 2009. – 79 с.
8. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2008 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Астана, 2010. – 81 с.
9. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2009 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Астана, 2011. – 78 с.
10. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2010 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Астана, 2012. – 81 с.
11. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах

- поверхностных вод суши. 2011 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Астана, 2013. – 74 с.
12. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2012 г. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 3. Бассейн реки Тобыл – Астана, 2014. – 105 с.
  13. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1981-1990 гг. Книга 1. Ч. 1. Реки и каналы. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение) – Алматы: 2002. – 384 с.
  14. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1991-2000 гг. Книга 1. Ч. 1. Реки и каналы. Вып. 1. Бассейн рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение) – Алматы: 2004. – 191 с.
  15. Дейнека В.В. Река Тобол в Казахстане. – Қостанай, 2009. – 115 б.
  16. Климат Казахстана. / Под ред. Утешева А.С. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 368 с.
  17. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3 – многолетние данные. Вып. 18 – Казахская ССР. Кн. 1 и 2. – Л.: Гидрометеоздат, 1989.
  18. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, Кустанайская область Казахской ССР, Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 710 с.
  19. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг.). Алтай, Западная Сибирь и Северный Казахстан. Верхний Иртыш, Верхний Ишим, Верхний Тобол. Т. 15, Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 384 с.
  20. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 и весь период наблюдений). Вып. 2 Бассейны Иртыша, Ишима, Тобола. Т. 15. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 294 с.
  21. Дәулетқалиев С.Қ., Жүсіпбеков Д.Қ., Молдахметов М.М. Гидрологиялық ақпараттық математикалық өңдеу әдістері. – Алматы: 2012. – 126 б.
  22. Молдахметов М.М. Гидрологиялық есептеулер. – Алматы: 2010. – 80 б.
  23. Молдахметов М.М., Арыстамбекова Д.Д. Тобыл өзені ағындысына адамның шаруашылық іс-әрекетінің тигізетін әсерін бағалау // ҚазҰУ хабаршысы. География сериясы. – Алматы. – 2007. – Б. 68-71.
  24. Молдахметов М.М., Сапарова А.А. Тобыл өзенінің жылдық ағынды үлестірімі // География және геоэкология мәселелері. – 2010. – №1 – Б. 34-39.



25. Мусина А.К., Арыстамбекова Д.Д. Тобыл өзені көктемгі ағындысына антропогендік өзгерістердің әсерін бағалау // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №1. – Б. 75-89.

Поступила 21.12.2017

Канд. геогр. наук А.К. Мусина  
М.Е. Кенесова

### **ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСЕННЕГО СТОКА БАССЕЙНА РЕКИ ТОБЫЛ**

**Ключевые слова:** расход воды, весенний сток, слой весеннего стока, дата наблюдения максимального стока, дата начала и окончания весеннего половодья, продолжительность

*В статье дана сравнительная оценка основных характеристик весеннего стока бассейна р. Тобыл, а также приведены даты начала, конца и максимального стока весеннего половодья. При оценке основных характеристик весеннего стока были собраны данные весеннего стока и рассчитаны в соответствии с гидрологическими методами.*

Mussina A.K., Kenesova M.E.

### **ESTIMATION OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF THE SPRING RUNOFF OF THE RIVER BASIN TOBYL**

**Keywords:** water discharge, spring runoff, depth of the spring runoff, date of observation of maximum runoff, date of beginning and end of spring flood, duration

*The article gives a comparative assessment of the main characteristics of the spring runoff of the Tobyl River basin, as well as the dates of the beginning, end and maximum runoff of the spring flood of the Tobyl River. Assessing the main characteristics of the spring runoff of the river Tobyl, spring flow data were collected and calculated in accordance with hydrological methods.*

УДК 551.506.2:551.509.51

М.Э. Шмидт<sup>1</sup>  
Т.В. Худякова<sup>1</sup>  
А. Бейсенбаева<sup>1</sup>  
Т. Нургалиева<sup>1</sup>  
Т.И. Криворучко<sup>1</sup>  
Я.З. Ильясов<sup>1</sup>  
Е.И. Васенина<sup>1</sup>  
Е. Муканов<sup>1</sup>

### СТИХИЙНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 2016 ГОДУ

*В обзоре приведены сведения о стихийных метеорологических явлениях и краткая характеристика синоптических процессов, обусловивших их возникновение. Кроме этого, помещены обзоры стихийных гидрологических и агрометеорологических явлений, наблюдавшихся на территории Казахстана, а также обзор опасных сгонно-нагонных явлений в районе Казахстанского побережья Каспийского моря.*

#### **Краткий обзор погоды по территории Казахстана**

Средняя годовая температура воздуха была около нормы на большей части Северо-Казахстанской, Акмолинской, Павлодарской, местами в Восточно-Казахстанской, Карагандинской, в отдельных районах Актюбинской, Костанайской и Алматинской областях, выше нормы на 1...2,5 °С – на остальной территории.

Осадков выпало около и больше нормы в 1,3...2,1 раз на всей территории республики, лишь в отдельных районах Костанайской области – меньше нормы.

Зима была относительно теплой и снежной. Весна была теплой и с большим количеством осадков, лето было прохладным и дождливым, за исключением августа, когда наблюдался значительный дефицит осадков. Осень выдалась холодной с большим количеством осадков в восточной половине республики. Только в сентябре погода наблюдалась теплой и с осадками преимущественно в западной половине республики. Декабрь был также теплым на большей части республики с частыми снегопадами.

<sup>1</sup> РГП «Казгидромет», г. Алматы

Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С весной произошел на юге в середине января и в конце второй декады февраля; на юго-западе и юго-востоке в первой половине третьей декады февраля; на западе, севере, востоке и в центре в течение второй и третьей декад марта.

Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через +5 °С, означающий начало вегетационного периода, произошел на юге в третьей декаде февраля; на юго-востоке, юго-западе – в конце первой декады марта; на западе, севере, востоке и центре – в третьей декаде марта и первой декаде апреля.

**Январь** выдался холодным на севере республики, теплым – на остальной территории.

Средняя месячная температура воздуха оказалась около и ниже нормы на 1,0...5,5 °С на севере, местами на западе и востоке республики, выше нормы на 1...8 °С – на остальной территории.

Осадков выпало меньше нормы на большей части Павлодарской, в отдельных районах Северо-Казахстанской, Акмолинской, Восточно-Казахстанской, Карагандинской и Алматинской областях, около и больше нормы на остальной территории.

**Февраль** был экстремально теплым. Средняя месячная температура воздуха была выше нормы на 1,0...11,3 °С практически на всей территории, лишь в отдельных районах Алматинской области – около нормы.

Осадков выпало меньше нормы, лишь на западе и местами на севере республики их было около и в 1,3...2,6 раза больше нормы.

**Март** был аномально теплым с большим количеством осадков. Средняя месячная температура воздуха оказалась выше нормы на 3,0...10,6 °С по всей территории республики.

Осадков выпало около и в 1,3...5,9 раза больше средней климатической нормы, лишь в отдельных районах юга, юго-востока, центра и востока меньше нормы.

**В апреле** температура воздуха была выше нормы на 1,0...4,9 °С с очагом тепла  $\Delta T = 4,9$  °С на М Павлодар, и около нормы в отдельных районах юго-запада, юга и юго-востока Казахстана.

Осадков выпало около и больше нормы в 1,3...2,9 раза, местами на западе, севере, востоке, юге и в центре республики меньше нормы.

**В мае** средняя месячная температура воздуха на большей части территории была около нормы, лишь на юго-западе и местами на юге она была выше нормы на 1,0...2,3 °С.

Средняя месячная температура воздуха была около и выше нормы на 1,0...2,4 °С, ниже нормы на 1,0...1,9 °С местами в Алматинской и Восточно-Казахстанской областях.

Осадков больше нормы в 1,3...5,3 раза выпало на западе, юге, юго-востоке и местами на востоке Казахстана, на остальной территории их было около и меньше нормы.

**Июнь** был прохладным. Средняя месячная температура воздуха была около и ниже нормы на 1...2 °С в большинстве областей республики и выше нормы на 1 °С на большей части востока, местами на юго-востоке, юге и юго-западе.

Осадков выпало меньше нормы местами на северо-западе, западе, в отдельных районах юга и центра республики, около и больше нормы в 1,3...10,0 раз на остальной территории.

**Июль** был прохладным и дождливым. Средняя месячная температура воздуха была около и ниже нормы на 1,0...1,9 °С на большей части территории, лишь местами в Западно-Казахстанской, Атырауской, Восточно-Казахстанской и Кызылординской областях выше нормы на 1,0...1,9 °С.

Осадков выпало около и больше нормы в 1,3...4,9 раз, меньше нормы в отдельных районах севера, запада, центра и юга.

**В августе** наблюдался значительный дефицит осадков, лишь на востоке республики местами их было больше нормы в 1,3...2,6 раза.

Средняя месячная температура воздуха составила около и ниже нормы на 1 °С на востоке, юго-востоке, местами в центре и юге республики; на остальной территории она была выше нормы на 1...6 °С.

**Сентябрь** был тёплым с большим количеством осадков. Средняя месячная температура воздуха в республике была выше нормы на 1,0...3,9 °С (очаг тепла  $\Delta T = 3,9^\circ\text{C}$  на М Аягуз Восточно-Казахстанская область), лишь на западе и местами северо-западе – около нормы.

Осадков выпало в 1,3...12 раз больше и около нормы на западе, севере, местами в центре, юге и юго-востоке республики; на востоке, северо-востоке, местами в центре, на юге и юго-востоке их было меньше нормы.

**Октябрь** был холодным со средней месячной температурой воздуха ниже нормы на 1,0...5,5 °С.

Осадков выпало около и меньше нормы в западной половине республики и больше нормы в 1,3...3,9 раза – в восточной.

**Ноябрь**, как и октябрь, был холодным с аномалий температуры воздуха на 1...7 °С ниже нормы.

Осадков выпало около и больше нормы в 1,3...3,0 раза; местами на западе, юге и в центре меньше нормы.

**Декабрь** был снежным. Обильные осадки, превышающие норму в 1,3...3,4 раза почти на всей территории республики. Средняя за месяц температура воздуха была выше нормы на 1...6 °С на востоке, юге, юго-востоке и в центре, местами на севере и северо-востоке; около и ниже нормы на 1,0...3,7 °С на остальной территории.

#### **Краткая характеристика синоптических процессов, обусловивших возникновение стихийных метеорологических явлений**

**Сильный ветер, шквал.** Сильные ветры  $V \geq 30$  м/с на территории Казахстана в 2016 году наблюдались на 13 метеорологических станциях и постах. Всего было зарегистрировано 38 случаев.

Как обычно, наибольшее число случаев ураганного ветра (13) ЮВ направления отмечалось на М Жаланашколь, расположенной на северо-востоке Алматинской области. Ураганный ветер силой 30...40 м/с и продолжительностью 3...32 часа наблюдался с января по март и в декабре. Максимальная скорость ветра 40 м/с и максимальная продолжительность 32 ч на М Жаланашколь отмечались 23-24 января. Сильный юго-восточный ветер в Жаланашколе возникает при определённых синоптических процессах, что связано с влиянием орографии.

8 случаев сильного ветра со скоростью 30...38 м/с было отмечено в Жамбылской области: 3 случая на М Жамбыл, 4 случая на М Нурлыкент и один случай на М Жанатас. Все случаи связаны с прохождением динамически значимых арктических холодных фронтов хорошо выраженных по всем метеоэлементам.

В Жамбылской и Алматинской областях 3-4 ноября усиливался западный ветер до 20...25 м/с, на М Нурлыкент – 35 м/с, М Жамбыл – 36 м/с, ночью 4 ноября на М Куйган Алматинской области 40 м/с, что соответствует критериям стихийных гидрометеорологических явлений.

Ветры ураганной силы были связаны выходом Южно-Каспийского циклона и последующим западным вторжением антициклона.

2 ноября на термобарической карте  $OT_{500/1000}$  над Западной Европой располагался гребень тепла, над Европейской территорией России ложбина холода, которая распространялась до восточных районов Средиземного моря. Высотная фронтальная зона проходила с Северной Атлантики через Западную Европу, Переднюю Азию, Среднюю Азию, Казах-

стан на юг Западной Сибири. Скорость ветра на уровне ведущего потока в передней части ложбины над Передней Азией составляла 80...100 км/ч.

Днём 2 ноября на волне полярного фронта в передней части высотной ложбины над югом Каспия образовался частный циклон, который под активной высотной фронтальной зоной (ВФЗ) начал перемещаться в северо-восточном направлении со скоростью 60 км/ч. Интенсивность ВФЗ над Средней Азией составляла около 16 гПа/500 км, контраст температуры в слое  $OT_{500/1000}$  – 16 гПа/500 км. Происходил значительный вынос тропического воздуха на Среднюю Азию: максимальная температура 2 ноября составила +28...+32 °С, в тылу же циклона произошёл обвал холода и над Ираном максимальная температура понизилась до +7...+13 °С.

Перемещаясь в юго-западных потоках под активной ВФЗ в северо-восточном направлении (скорость ведущего потока увеличилась до 90...120 км/ч), циклон в 03 ч ВСВ 3 ноября вышел на Юг Казахстана. Падение давления в его передней части составило 1,4...2,5 гПа/3 ч, рост в тылу – 3,0...5,6 гПа/3 ч. С циклоном были связаны полярная и арктическая системы атмосферных фронтов (рис. 1).

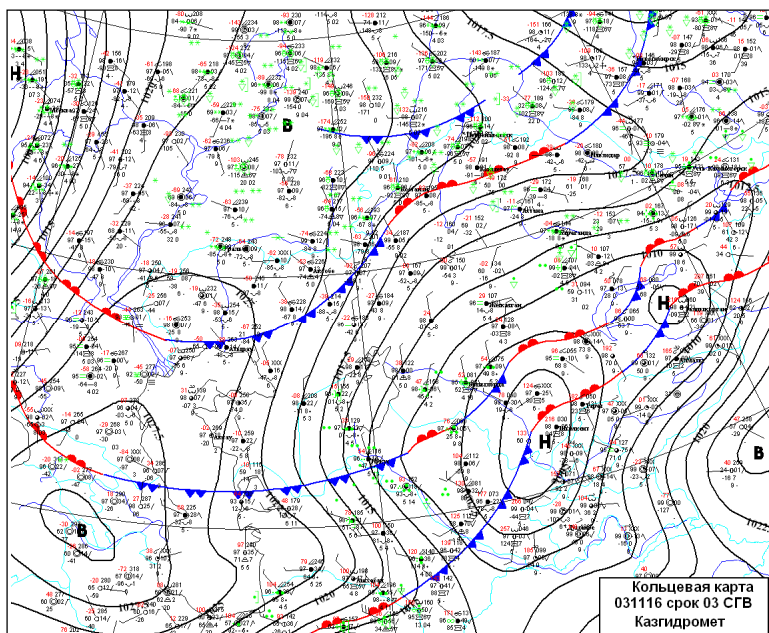


Рис. 1. Кольцевая карта погоды за 03 ч ВСВ 03.11.2016 г.

На космическом снимке с геостационарного спутника Meteosat-7 за 03 ч ВСВ хорошо прослеживаются холодные полярный и арктические фронты, имеющие циклонический прогиб, что говорит о значительной активности этих фронтов и большой скорости их перемещения.

За три часа с 00 ч до 03 ч 3 ноября давление в центре циклона понизилось на 4 гПа до 1000 гПа. Циклон и связанные с ним атмосферные фронты продолжали смещаться в северо-восточном направлении. Контраст температуры на  $OT_{500/1000}$  увеличился до 20 гПа/500 км. В 6 ч ВСВ центр циклона переместился на Жамбылскую область, а холодный полярный фронт на Южно-Казахстанскую, а затем и Жамбылскую области. На большей части этих областей скорость юго-западного ветра достигла 15...23 м/с, а порывы до 25...29 м/с (рис. 2).

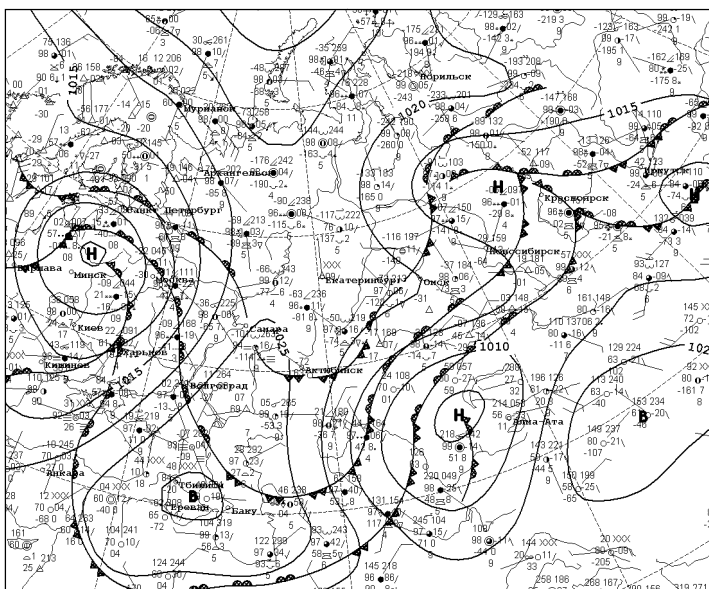


Рис 2. Анализ приземный за 06 ч ВСВ 03.11.2016 г.

Одновременно с этим на Кавказ сместился антициклон с Украины, который начал двигаться на Среднюю Азию. За холодным полярным фронтом отмечался интенсивный рост давления 3,0...6,4 гПа/3 ч и понижение температуры. Максимальная температура в Южно-Казахстанской и Жамбылской областях 3 ноября повысилась до +22...+29 °С, но уже в 9 ч ВСВ (15 ч местного времени) похолодало на 10...15 °С. Барический градиент в приземном слое увеличился до 20...25 гПа/500 км, что вызвало дальнейшее усиление ветра. На М Нурлыкент в 8:35 ч ВСВ скорость ветра достигла 30 м/с, порывы до 35 м/с; на М Жамбыл с 14:30 до 17:00 ч ВСВ порывы ветра достигали 30 м/с.

Одновременно над Алматинской областью усилилось падение давления до 3...5 гПа/3 ч и циклон продолжал движение в северо-восточном направлении. Сближение двух противоположных барических систем циклона и антициклона над Алматинской областью привело к дальнейшему

увеличению барического градиента над югом Казахстана и усилению ветра. На М Жамбыл в 18:50 ч ВСВ порывы ветра достигли 31 м/с, а в 19:57 ч – 36 м/с. Такая скорость ветра сохранялась до 22:40 ч ВСВ. После того как антициклон сместился на Жамбылскую область, барический градиент уменьшился и ветер ослабел.

Перемещение полярного, а затем арктического холодных фронтов, над Алматинской областью привело к увеличению здесь барического градиента до 25...30 гПа/500 км и возникновению штормовой зоны, особенно значительной в Прибалхашье. Скорость ветра ночью 4 ноября в Алматинской области достигла 18...24 м/с с порывами до 25...28 м/с. На М Куйган 4 ноября в 01:45 ч она была 30 м/с, с порывами до 34 м/с, с 3:10 до 5:27 ч ВСВ – 36 м/с, с порывами до 40 м/с.

**Сильная метель.** В 2016 году было зарегистрировано 5 периодов с сильной метелью продолжительностью 12 часов и более, со скоростью ветра 15 м/с и более: 1-3 и 18-19 января, 15-17 марта в Актюбинской области; 4 февраля и 19 декабря в Акмолинской области. 4 случая локальных метелей отмечались в местах орографического усиления ветра: 17 января на М Жалгызтобе, 21 и 25 января на М Жаланашколь и 19 февраля на М Мугоджарская.

Рассмотрим аэросиноптическую ситуацию 1-3 января, когда метели охватили большую часть Актюбинской области, а на метеостанциях Кос-Истек, Мугоджарская, Новороссийское и Родниковка они достигли критерия стихийных гидрометеорологических явлений.

30 декабря над югом Каспийского моря сформировался циклон. Перемещаясь под активной ВФЗ (12...16 гПа/500 км) в северо-восточном направлении со скоростью 60 км/ч центр циклона уже в 15 ч ВСВ 31 декабря сместился на Аральское море, охватив своим влиянием территорию Юго-западного и Южного Казахстана (рис. 3).

Одновременно над Европейской территорией России располагался высотный барический гребень, в передней части которого по ультраполярной траектории, под активной ВФЗ (20...25 гПа/500 км) на центральные районы ЕТР со скоростью 60...70 км/ч смещался антициклон из районов Карского моря ( $P_{ц} = 1039$  гПа). За сутки антициклон переместился на северные районы ЕТР и, под влиянием значительной адвекции холода давление в его центре повысилось до 1049 гПа. Сближение циклона и антициклона привело к формированию в приземном слое штормовой зоны с барическим градиентом 35...40 гПа/500 км над Актюбинской областью.



Это вызвало повсеместное усиление северо-восточного ветра до 15...23 м/с, а связанный с циклоном тёплый фронт вызвал снегопады. Снегопады и сильный ветер привели к образованию метелей с видимостью 50...500 м. На М Кос-Истек, Комсомольское и Новороссийское при средней скорости 16...20 м/с, видимости 50...500 м метели продолжались 15...23 ч. Такие метели относятся к категории стихийных гидрометеорологических явлений.

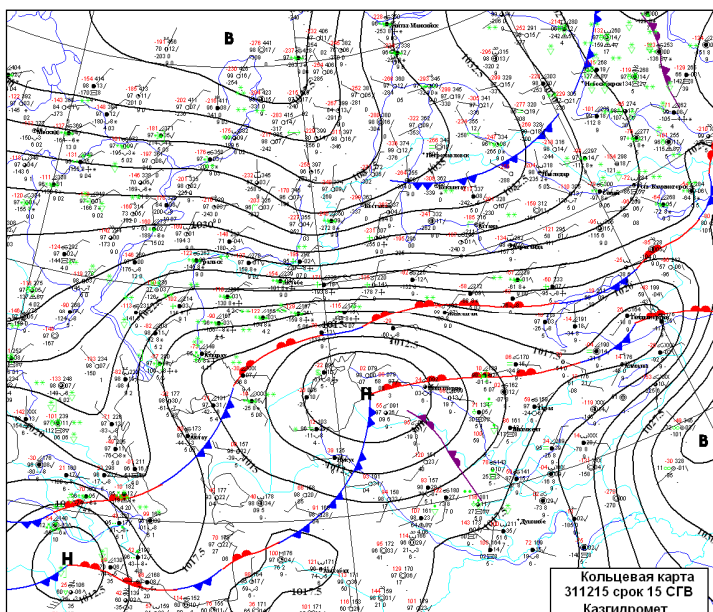


Рис 3. Кольцевая карта погоды за 15 ч ВСВ 31.12.2015 г.

После того, как циклон заполнился и переместился на восток, метели прекратились.

Так как высотное барическое поле не изменилось, то очередной циклон сформировался над югом Каспия в 00 ч ВСВ 2 января, а в 12 ч ВСВ он уже находился над Средней Азией. С этим циклоном были связаны полярный и арктический фронты. На северо-западе циклона над Атырауской областью у вершины волны арктического фронта днём 2 января образовался частный циклон, который стал смещаться на северо-запад по направлению к высотному центру, расположенному над югом ЕТР. В Западно-Казахстанской и Актюбинской областях с тёплым фронтом повсеместно начались снегопады, местами сильные.

Днём 2 января началась перестройка высотного поля над северными районами России, и антициклон с северных районов ЕТР начал смещаться на Средний Урал. Антициклон отличался большой мощностью,

2 января он сместился на Западную Сибирь, и давление в его центре повысилось до 1054 гПа. Высотная фронтальная зона над северо-западом Казахстана и югом Урала вследствие сближения разнородных воздушных масс (мощный заток холода с севера и тёплая воздушная масса с юга) отличалась большой контрастностью: на  $AT_{500}$  16...20 гПа/500 км, барические градиенты у поверхности земли 20...25 гПа/500 км. Значительные барические градиенты давления на высоте и у земли привели к возникновению штормовой зоны над Актюбинской областью, скорость ветра на территории области повысилась до 15...20 м/с, с порывами до 21...26 м/с. Начались низовые метели, которые с началом снегопадов перешли в общие. Метель в области продолжалась со 2 по 4 января, на М Кос-Истек, Мугоджарская и Родниковка метели продолжались 17...18 ч, со средней скоростью ветра 17...24 м/с и видимостью 50...500 м, что соответствует критериям СГЯ.

После того, как днём 4 января циклон заполнился и переместился на северо-запад, барические градиенты у земли и на высоте уменьшились, ветер ослабел и метели прекратились.

В Актюбинской области 19-20 января наблюдался ещё один период сильных низовых метелей. Процесс был похож на описанный выше, но в данном случае тёплый и влажный активный циклон ( $P_{ц} = 999$  гПа) зародился 18 января над центральными районами Средиземного моря и под активной ВФЗ (интенсивность на  $AT_{500}$  20...25 гПа/500 км) в юго-западных потоках стал перемещаться на северо-восток. Одновременно с моря Лаптевых с северо-восточными потоками в тыл высотного циклона начал смещаться очень холодный и мощный антициклон. Давление в его центре было 1048 гПа, минимальная температура -33...-38 °С. В 12 ч ВСВ 18 января центр циклона переместился на Среднее Поволжье, а отрог антициклона распространился на Казахстан. 19 января в нем над Омской областью образовалось ядро антициклона с давлением 1050 гПа. Штормовая зона с барическими градиентами на  $AT_{500}$  12...16 гПа/500 км и у земли 20 гПа/500 км возникла над Актюбинской областью, что вызвало повсеместно сильные ветры скоростью 15...20 м/с, с порывами до 23...26 м/с, а с ними и низовые метели, которые на М Мугоджарская, Кос-Истек и Эмба достигли критерия СГЯ.

**Сильные осадки (дождь, снег).** Атмосферные процессы в Казахстане весной и летом 2016 года отличались активной циклонической деятельностью. Циклоны и связанные с ними атмосферные фронты, преимущест-

венно холодные, перемещаясь через территорию республики, вызывали обильные осадки, местами очень сильные относящиеся к категории стихийных гидрометеорологических явлений (СГЯ). Для горных и предгорных се-леопасных районов их количество составляет 30 мм и больше за 12 ч и ме-нее, для равнинных территорий 50 мм и больше. Наибольшая повторяе-мость очень сильных дождей (67 случая из 84) отмечалась, как и в преды-дущий год в Алматинской области, преимущественно в горных и предгор-ных районах. С апреля по июль здесь выпало 1,5...3,0 нормы месячных осадков, в отдельные дни за 12 часов выпадало от 30 до 69 мм осадков. Та-кие дожди в этих районах представляют большую угрозу, вызывая опасно высокие паводки и селевые потоки (выбросы). В годовом ходе максимум осадков в Алматинской области приходится на апрель – июнь.

В Алматинской области в тёплое полугодие наблюдалось 5 перио-дов сильных дождей, когда на нескольких метеостанциях области отмеча-лись очень сильные дожди, достигшие критерия СГЯ. Это 29-30 апреля, 9-10 мая, 16 и 18 мая, 16-17 июня и 18 июля. Как правило, они были связаны с западными, северо-западными и северными вторжениями антициклонов на территорию области.

В результате северного вторжения дожди, местами сильные, про-шли 29-30 апреля в Алматинской области. В горных и предгорных рай-онах на отдельных станциях выпало от 31 до 65 мм за 12 часов. В средне-горной и высокогорной зонах количество выпавшего снега составило 40...60 мм. Рассмотрим аэросиноптические условия выпадения таких осадков, например, в период 29-30 апреля.

Антициклон с центром над Карским морем ( $P_{ц} = 1042$  гПа) 28 ап-реля в 00 ч ВСВ занимал территорию Урала и Западной Сибири. На  $AT_{500}$  высотный барический гребень располагался от Каспийского моря до Ба-ренцева моря. Над Баренцевым морем в гребне был оформлен антициклон 3 изогипсами. Высотный циклон с центром между Омском и Новосибир-ском занимал территорию Западной Сибири и северную половину Казах-стана, ось его барической ложбины была направлена от Омска на Екате-ринбург. С этой ложбиной в приземном слое был связан холодный свеже-арктический фронт, проходивший через Тобольск – Тару (севернее Ом-ска). Активная Северная фронтальная зона проходила от районов Шпиц-бергена на Карское море, далее на Урал и Северный Казахстан. С Южной фронтальной зоной, проходившей через Средиземное море – Кавказ – Среднюю Азию – Южный Казахстан была связана арктическая фронталь-

ная система, холодный фронт которой располагался над Алматинской областью и вызывал умеренные дожди.

29 апреля в 12 ч ВСВ перемещаясь под активной ВФЗ, антициклон сместился на Средний Урал, а его отрог на Северный Казахстан. Свежеарктический фронт переместился на Центральный Казахстан, арктический фронт в предгорные районы Алматинской области (рис.12). При подходе к горам произошло обострение арктического фронта и дожди усилились. Уже ночью по всей области прошли умеренные дожди, местами сильные от 17 до 27 мм преимущественно в предгорных и горных районах. Интенсивность ВФЗ в зоне арктического фронта на  $AT_{500}$  в 00 ч ВСВ была 10...12 гПа/500км, на  $OT_{500/1000}$  14...16 гПа/500км (рис.13 и 14). Контраст температуры в зоне фронта в приземном слое был 7...10°C/500км. Уже в 00 ч ВСВ 29 апреля на высотах  $AT_{850}$  и  $AT_{700}$ , а затем и на  $AT_{500}$  (в средней тропосфере) произошёл разворот высотной ложбины, и на районы Северного Казахстана начал поступать холодный и влажный воздух с Карского моря. В то же время над югом республики сохранялся западный перенос. Таким образом, двухсторонняя адвекция (заток арктических масс воздуха и вынос тёплого воздуха со Средиземного моря) привела к активизации процессов на юго-востоке Казахстана (рис. 4).

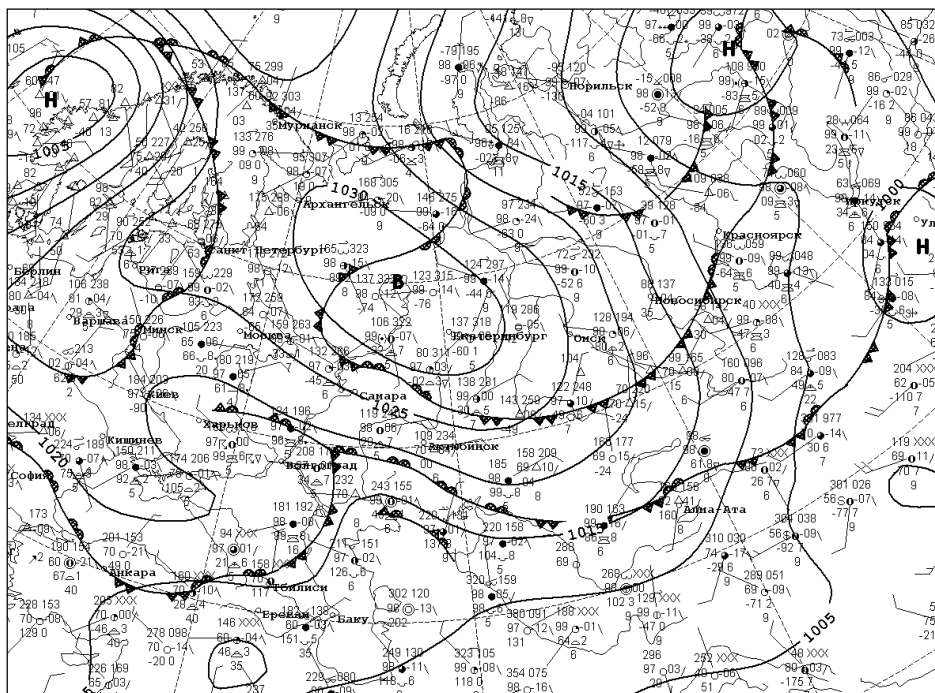


Рис. 4. Анализ приземный за 12 ч ВСВ 29.04.2016 г.

Днём 29 апреля арктический фронт сохранялся над предгорными и горными районами Илейского (Заилийского) Алатау. По мере смещения фронта в южном направлении и усиления адвекции холода, дожди в Алматинской области усиливались, и днём 29, ночью 30 апреля сильные осадки отмечались на большей части территории области. На отдельных предгорных станциях количество выпавшего дождя, в высокогорье снега достигло критериев СГЯ. Перемещаясь под активной ВФЗ в юго-восточном направлении, днём 30 апреля центр антициклона вторжения достиг района г. Екатеринбург, а его отрог распространился на Казахстан и осадки на юго-востоке прекратились.

Очень сильные дожди, наблюдавшиеся при аналогичном синоптическом процессе и относящиеся к категории стихийных гидрометеорологических явлений, отмечались также в горных и предгорных районах Алматинской области 16-18 мая и 16-19 июня.

Отмечавшиеся 9-10 мая сильные осадки в Алматинской области были вызваны активным холодным фронтом, связанным с Южно-Каспийским циклоном и последующим северо-западным вторжением антициклона на Казахстан.

В июле сильные дожди, относящиеся к категории СГЯ, наблюдались преимущественно на равнине в Акмолинской, Карагандинской, Павлодарской, Восточно-Казахстанской и Западно-Казахстанской областях. Здесь за 12 часов выпадало от 51 до 93 мм. В Карагандинской области на М Родниковское ночью 22 июля выпало 93 мм и днём 51 мм осадков при месячной норме 55 мм. А всего за месяц здесь выпало 228 мм осадков. В Ерейментау Акмолинской области ночью 28 июля выпало 113 мм осадков. Это почти две месячных нормы. Чаще всего такие сильные дожди здесь связаны с высотными малоподвижными циклонами.

Сильные и затяжные дожди в степных районах также являются неблагоприятными метеорологическими явлениями, так как вызывают полевание посевов.

Очередное обострение фронтов произошло 28 и 29 июля, когда на северную половину республики с Западной Сибири сместился свежearктический холодный фронт с волнами. Продолжающийся вынос тёплого воздуха с юга и адвекция холода (температура на  $AT_{850}$  за сутки понизилась на 6 °С) на Акмолинскую область привели к обострению этого фронта и формированию на нём волновых возмущений. Холодный фронт с волнами 28-29 июля в параллельных потоках перемещался через Акмо-

линскую, Карагандинскую и Павлодарскую области и вызывал дожди, местами сильные. На М Ерейментау Акмолинской области, М Акжол и М Красноармейка Павлодарской области количество выпавших осадков достигло критерия СГЯ – 113, 52 и 59 мм соответственно. Причём на Ерейментау за ночь 28 июля выпало почти две месячных нормы (норма в июле 59 мм). Днём 29 июля холодный арктический фронт переместился на Восточно-Казахстанскую область, где также повсеместно вызвал дожди, а на М Аягоз за 6 ч выпало 61 мм осадков.

Сильные снегопады, относящиеся к категории СГЯ, как и сильные дожди, в 2016 году отмечались преимущественно в горных и предгорных районах Алматинской области (29-30 апреля, 2-3 октября, 4 и 17, 19 ноября), а также в предгорных районах Южно-Казахстанской области – 13 и 18 октября 23 декабря. На равнинной территории отмечался один случай сильного снегопада 11 ноября в Восточно-Казахстанской области на метеостанциях Бакты и Уржар, и ещё один на о. Пешной Атырауской области в Каспийском море.

Все снегопады в Алматинской и Южно-Казахстанской областях были вызваны прохождением динамически значимых холодных фронтов западного, северо-западного и северного вторжения.

Рассмотрим подробнее аэросиноптическую ситуацию 11 ноября, когда сильные снегопады наблюдались в Восточно-Казахстанской области.

В период 4-8 ноября через центральные районы Европейской территории России (ЕТР), Южный Урал и Западную Сибирь под широтной ВФЗ проходила серия активных атлантических циклонов с большими запасами тепла и влаги. Связанные с ними арктические и свежearктические системы атмосферных фронтов вызывали осадки в северной половине республики. 9 ноября очередной циклон ( $P_{ц} = 1006$  гПа) находился над Костанайской областью, а 10 ноября в 00 ч ВСВ уже переместился на юг Западной Сибири. Входящие в него системы арктических и свежearктических фронтов вызвали снегопады, местами сильные в северных и восточных областях республики. Ещё один глубокий циклон переместился из районов Шпицбергена на Карское море ( $P_{ц} = 994$  гПа), в южной его части падение давления составило 2,0...4,4 гПа/3 ч, рост в северной части до 2,8 гПа/3 ч. Циклон прослеживался до высоты  $AT_{200}$ , высотный его центр располагался над Восточной Сибирью. Высотный барический гребень с основанием над Передней Азией прослеживался до крайних северо-восточных районов Гренландии. На  $AT_{500}$  наблюдалось две активных ВФЗ: одна проходила почти с Северного полюса

на Урал, вторая из районов Средней Атлантики на Средиземное море, Центр ЕТР и Казахстан. Слияние этих двух ВФЗ произошло над восточными районами Казахстана и югом Западной Сибири, где проходили арктические и свежearктические фронты.

Над востоком республики на высоте  $AT_{500}$  в 00 ч ВСВ 11 ноября наблюдалось падение геопотенциала на 5...13 гПа/сутки, на  $AT_{700}$  на 5...10 гПа/сутки, воздух в слое  $AT_{850}$ ... $AT_{500}$  был влажным с дефицитом точки росы 1,2...3,0 °С. Ночью при прохождении тёплого арктического фронта связанного с циклоном в Восточно-Казахстанской области начались снегопады. Перемещаясь в параллельных потоках в юго-восточном направлении, сначала вершина арктического фронта, а затем и холодный фронт вызвали усиление снегопадов, а днём с перемещением на северные районы области свежearктического фронта произошла дальнейшая активизация и арктического холодного фронта. По всей Восточно-Казахстанской области 11 ноября наблюдались снегопады, местами сильные, а на юге области в зоне арктического холодного фронта и с прохождением вершины волны на метеостанциях Бакты и Уржар выпало 29 и 27 мм соответственно (рис. 5).

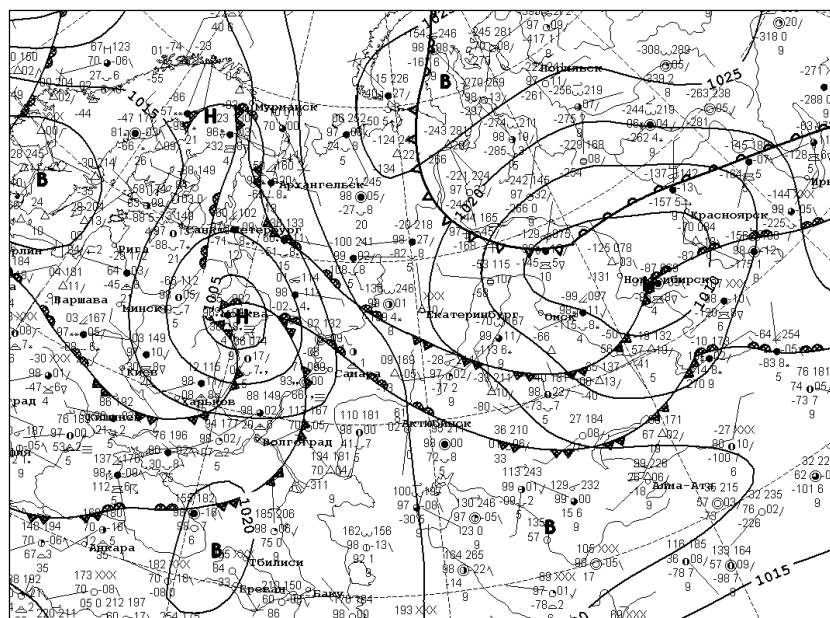


Рис. 5. Анализ приземной за 12 ч ВСВ 11.11.2016 г.

После того, как циклон 12 ноября сместился на Красноярск, а на северные и восточные районы Казахстана распространился отрог антициклона, снегопады в Восточно-Казахстанской области прекратились.

## Обзор стихийных гидрологических явлений

Гидрометеорологические условия на реках Акмолинской, Северо-Казахстанской и Карагандинской областей указывали на то, что половодье весной 2016 г. будет многоводным. Осеннее увлажнение почвогрунтов было в полтора-два раза больше нормы в бассейнах рек ЗКО (Шаган, Чижа, Большой и Малый Узени), в Центральном Казахстане (рр. Торгай, Сарысу, Кенгир) и на севере Казахстана (среднее течение р. Есиль, р. Шагалалы). Снегозапасы перед началом снеготаяния на большей части равнинной территории были в пределах нормы и выше. В бассейне рек Есиль, Иргиз, Урал (на территории России), Кенгир снегозапасы на 20...50 % превышали норму, в Костанайской области снега накопилось около двух норм.

В конце марта, в связи с повышением температуры воздуха в Тайыншинском районе СКО началось интенсивное снеготаяние. 28-29 марта в с. Донецкое тальми водами было затоплено 50 домов, 30 голов крупнорогатого и мелкорогатого скота, проводилась эвакуация людей. Такое явление в этом районе последний раз наблюдалось в 1985 году.

Половодье на реках ЗКО, в бассейне р. Торгай началось в конце первой – в начале второй декады марта, на остальных реках равнинной территории Казахстана – в третьей декаде марта и в начале апреля.

Наиболее интенсивное половодье сформировалось на реках Тобол (низовья), Убаган, Тогызак, Уй, Торгай (Костанайская обл.); Жабай, Калкутан (Акмолинская обл.); Есиль, Акканбурлык, Бабык-Бурлук, Иманбурлык (Северо-Казахстанская обл.); Нура, Шерубайнура (Карагандинская обл.). Разливы и подтопления отмечались в Актюбинской, Костанайской, Акмолинской и Северо-Казахстанской областях, причем затопления в этих областях были связаны не только с разливами рек, но и с интенсивным снеготаянием, дождями и формированием местного стока.

На р. Шерубайнура в с. Шопан (Карагандинская обл.) 4 апреля уровень воды превышал опасные отметки, отмечались разливы и подтопления пониженных участков местности.

7 апреля на р. Жабай в Атбасарском районе Акмолинской области паводковыми водами была прорвана насыпная дамба. В г. Атбасар часть домов, расположенных вдоль береговой линии, были подтоплены; проводилась эвакуация людей. 8-9 апреля водами р. Калкутан в районе с. Калкутан была подтоплена поселковая дорога и дома, расположенные вдоль береговой линии.



15 апреля в Костанайской области тальми водами затопило п. Суриковка, проводилась эвакуация людей и домашнего скота.

В Северо-Казахстанской области выход р. Есиль на пойму наблюдался у сел Новоникольское, Долматово; 17-25 апреля в районе г. Петропавловска уровень воды превышал опасные отметки, подтапливались дачные участки, автодорога международного значения Челябинск – Новосибирск.

Апрель и май в горных районах юга, юго-востока, востока и запада республики были влажными, количество осадков на многих метеостанциях превысило месячную норму в 1,5...3,0 раза, а на западе – в 4...5 раз.

17 апреля в результате ливневого дождя и отсутствия дренажной системы в Южно-Казахстанской области в ряде населенных пунктов Толебийского и Казыгутского районов были подтоплены дворы, приусадебные участки, хозпостройки.

В период 16-17 апреля в Мангыстауской области прошли очень сильные дожди (на М Актау выпало 60 мм, при месячной норме 19 мм, по М Жанаозен – 80 мм, при месячной норме 25 мм). В результате проливных дождей в Мангыстауской области происходили разливы и подтопления.

29-30 апреля в Алматинской области прошли сильные дожди, в Илейском Алатау очень сильные. Количество осадков за двое суток на метеостанциях составило: Есик – 84 мм, Каменское плато – 87 мм, Медео – 92 мм, Мынжилки – 89 мм, БАО – 147 мм. В связи с обильными дождями повсеместно на реках Илейского Алатау прошли высокие дождевые и наносоводные паводки. На р. Киши Алматы в районе г. Алматы уровень воды повысился более чем на метр, всё русло реки выше и ниже поста было занесено камнями и песком. На реках Киши Алматы (ГП Медео), Бутак, Есик на гидрпостах смыло сваи. Высокие паводки также отмечались на реках Батарейка, Каскелен, Тургень, где подъем уровня воды составил 0,4...0,5 м. В ущелье р. Сарысай сформировался склоновый сток. Отмечались подтопления на территории г. Алматы (в Алатауском и Жетысуском районах) и в г. Талгаре.

Сильные дожди на юге и юго-востоке Казахстана, которые начались в апреле, продолжились в мае. В Алматинской и Южно-Казахстанской областях осадков выпало от полутора до трех норм. В Алматы количество осадков в мае 2016 г. превысило 25-летний рекорд: максимальное количество осадков в мае – 176 мм – наблюдалось в 1998 году, в 2016 году выпало 214 мм. На реках Алматинской и Южно-Казахстанской областей проходили паводки, в Алматинской области отмечался массовый сход оползней.

10 мая в связи с выпадением сильных продолжительных осадков в бассейне реки Аксай (лог Акжар) в селевом врезе сформировался кратковременный селевой паводок с расходом воды до  $2 \text{ м}^3/\text{с}$ . Селевыми отложениями ориентировочным объемом  $600 \text{ м}^3$  частично перекрыло дорогу. В том же бассейне по притоку Кызылжар прошел кратковременный паводок. Объем отложившейся селевой массы на дорогу составил  $250 \text{ м}^3$ . На оползнеопасном участке автодороги «г. Алматы – БАО» от ГЭС-1 до г/п «Кумбель» наблюдался интенсивный склоновый сток с размыванием бортов склона, в результате чего была частично перекрыта автодорога. В Талгарском районе в г. Талгаре паводковыми водами р. Бесагаш произошло подтопление трех улиц, 11 дворовых участков, 3-х жилых домов. Жители были эвакуированы. Проводилась откачка воды на трассе Талгар (выше с. Береке).

10 мая в Медеуском районе сошел оползень, в результате чего частично была перекрыта дорога к частным домам. В Карасайском районе сошли три оползня, объемом от 80 до  $300 \text{ м}^3$ ; в бассейне р. Каскелен и в районе устья р. Кожай также сошли оползни, в том числе на автодорогу Шамалган – Ушконыр.

16 мая в результате сильных дождей в логу Акжар (басс. р. Аксай) сформировался наносоводный паводок. Отмечались оползни в большом Алматинском ущелье, в садоводческом обществе «Дружба» Медеуского района оползнем разрушен дом. В Алматы дождевой водой были затоплены некоторые районы города. Больше всего случаев подтопления было в Алатауском районе – 87, в Наурызбайском – 17, в Жетысуском – 15, в Медеуском – 5 и в Турксибском – 3 случая. Всего в Алматы дождевыми водами подтопило 18 частных жилых домов и 109 придворовых территорий (по сведениям КЧС).

17 мая в Илейском районе Алматинской области в п. Карасу и в Карасайском районе (р. Долан) было подтоплено несколько дворов. В Южно-Казахстанской области в районе п. Шакпак-баба сформировался склоновый сток вдоль дороги «Шелковый путь».

18 мая в г. Алматы зафиксировано семь случаев схода грунта, в Алматинской области – один. По дороге на Большое Алматинское озеро сход грунта был наиболее мощным –  $350 \text{ м}^3$  земли обрушилось вниз. На дороге, ведущей к плотине Узын-Каргалы, сошла грязевая масса объемом  $200 \text{ м}^3$ . В результате происшествий были перекрыты автодороги (по данным КЧС). В ЮКО в населенном пункте Игилек Абайского района в результате дождевого паводка произошел размыв и разрушение правого бе-

рега р. Бадам, в результате чего создалась угроза подтопления нескольких жилых домов.

В период 15-17 мая в г. Атырау прошли сильные дожди, их количество составило 47 мм, при месячной норме 17 мм, а за две декады мая выпало 91 мм осадков, что более пяти норм. В результате обильных дождей в г. Атырау наблюдались разливы и подтопления, в городе создалась сложная ситуация.

20 мая в результате высоких сбросов воды из Волгоградского водохранилища (Россия) и разрушения дамбы на протоке Кигач в дельте Волги произошли разливы и подтопления дворов и отдельных улиц в пос. Жыланды.

В мае и в первой декаде июня сток рек Шу и Талас превышал норму в 2,5...3,5 раза. В период 8 мая – 7 июня осуществлялись повышенные сбросы воды из Ташуткульского водохранилища (180...250 м<sup>3</sup>/с) на р. Шу, т.е. самые высокие после 2002 года. Из Чон-Капкинского водохранилища на р. Талас в Кыргызстане сбросы 19 июня достигали 210 м<sup>3</sup>/с (по данным ЖФ РГП «Казводхоз»), т.е. самые высокие за весь ряд наблюдений (до этого максимальные сбросы были в 1972 г. – 158 м<sup>3</sup>/с). 5 июня из-за аварийных сбросов из Чон-Капкинского водохранилища произошел размыв дамбы правого берега р. Талас на территории Казахстана, гидрост Жасоркен был поврежден.

В июне, июле в горных районах Казахстана продолжались сильные дожди. Вечером 5 июня в Панфиловском районе Алматинской области прошел локальный интенсивный дождь (35 мм). На реках Борохудзир и Осек прошли паводки. Водами р. Борохудзир в пос. Коктал-Арасан были подтоплены 12 дворовых участков и дорога. Проводилась эвакуация людей (по сведениям Казселезащиты).

В первой декаде июня в горных районах Алматинской области наблюдался повышенный температурный фон, началось интенсивное снеготаяние. На реках Илейского и Жетысуского Алатау отмечалось значительное увеличение водности. Сток рек Каскелен, Узынкаргалы, Курты, Текес, Осек в два и более раза превышал норму. 8 июня в Карасайском районе в поселке Батан водами р. Каскелен было подтоплено 4 двора.

В период 8-14 июня по рекам Алматинской области прошли высокие паводки, вызванные снеготаянием.

В период 16-19 июня в Алматинской области прошли сильные дожди. Наибольшее их количество за четверо суток выпало на метеостанции-

ях БАО – 99 мм, г. Алматы – 86 мм, Каменское плато – 121 мм, т.е. в пределах месячной нормы, по рекам Киши Алматы, Терисбутаг, Талгар, Текес, Шилик, Кумбель и др. прошли паводки, 17 июня на р. Акжар (правый приток р. Аксай) в сформировался селевой выброс.

2 июля в результате дождей на р. Кумбель произошел кратковременный селевой выброс интенсивностью около  $6 \text{ м}^3/\text{с}$ , отмечался частичный подмыв берега и размыв мостового переезда.

3 июля река Улькен Алматы (Бостандыкский р-н) вышла из берегов, подтопило грунтовую дорогу местного значения. В Алатауском районе в садоводческом обществе «Теплоэнергетик» водами р. Карагалинки было подтоплено несколько дворов.

5 июля в Толебийском районе Южно-Казахстанской области полосой прошел интенсивный дождь, в результате чего сформировался склоновый сток. В поселке Текесу бурным потоком воды и грязи смыло пасущихся в долине лошадей, коров и мелкий скот. 7 июля в Енбекшиказахском районе Алматинской обл. водами р. Есик из-за размыва укрепления правого берега в садоводческих обществах «Темир жолы и Жетысу» были подтоплены огороды на 10 участках.

15 июля по рекам Жектысуского Алатау прошли высокие дождевые паводки. На р. Осек произошел размыв укрепительных габионов выше п. Энбекши, из-за изменения русла реки создавалась угроза подтопления пос. Диханкайрак. На р. Коргас произошел размыв левого берега, вода вышла на пограничную полосу, на правой стороне берега была повреждена высоковольтная линия.

8 августа в Панфиловском районе Алматинской обл. в верховьях р. Борохудзир локально прошел интенсивный дождь, в результате чего на р. Борохудзир сформировался паводок, расход воды в реке увеличился с 8 до  $40 \text{ м}^3/\text{с}$ . В поселке Коктал-Арасан под угрозой оказались хозяйственные постройки, были эвакуированы жители 12 домов. Кроме паводка на реке, из-за сильного дождя сформировался склоновый сток, который прошел через территорию санатория «Жаркент Арасан», были подтоплены отдельные служебные помещения и здания лечебницы.

Летом 2016 года в связи с интенсивным снеготаянием и обильными дождями резко увеличился сток по рекам Черный Иртыш и Или с территории КНР.

В июне, в связи с повышенной водностью рек Восточно-Казахстанской области и попусками на р. Черный Иртыш с территории

КНР, началось резкое увеличение притока воды в Бухтарминское водохранилище и его интенсивное наполнение. 21 июня водохранилище достигло проектных отметок. Сбросы воды из Бухтарминского и Усть-Каменогорского водохранилищ были увеличены до 2000...2160 м<sup>3</sup>/с. Во избежание переполнения Шульбинского водохранилища с 22 июня были увеличены сбросы воды из него, их величина в период 22 июня – 5 июля составляла 2500...3000 м<sup>3</sup>/с. В связи с этим отмечались резкие подъемы уровня воды на р. Иртыш ниже водохранилища. В районе г. Павлодара уровень воды приблизился к отметке выхода воды на пойму. В связи с высокими сбросами из КНР и, соответственно, из Бухтарминского и Усть-Каменогорского водохранилищ, водами р. Иртыш были подтоплены пригороды г. Усть-Каменогорска.

Водность р. Или в 2016 году также была экстремально высокой. В связи с большими сбросами с территории КНР, в июле – августе отмечались резкие подъемы уровня воды, интенсивное наполнение Капшагайского водохранилища. Приток воды за этот период в полтора раза превысил норму. 17 августа Капшагайское водохранилище достигло своих проектных отметок, сбросы воды из водохранилища были увеличены до 1300 м<sup>3</sup>/с – это самые большие сбросы воды за весь период существования Капшагайского водохранилища (максимальные сбросы 1280 м<sup>3</sup>/с производились 25.05.1975 г.). В период 30 июля – 6 августа уровень воды в районе ГП Добын (Дубунь) повысился на 1,7 м. А 5 августа затопило его территорию и служебные помещения. Максимальный расход воды в районе гидростата наблюдался 6 августа и составил 2020 м<sup>3</sup>/с – это самый высокий расход воды за ряд наблюдений (1900 м<sup>3</sup>/с наблюдался 23.07.2003 г.). С 7 августа уровень воды в районе ГП Добын начали снижаться.

В 2016 году водность большинства горных рек юго-востока и востока Казахстана в весенне-летний период была выше нормы, а на отдельных реках (Курты, Узун Каргалы, Мерке, Улькен Бокен и др.) – значительно выше нормы.

5-6 октября на р. Талас из-за высоких сбросов воды из Чон-Капкинского водохранилища (Кыргызстан) и прорыва дамбы в Байзаковском районе Жамбылской области в с. Костобе были подтоплены дома и теплица. Сбросы воды из водохранилища составляли 90 м<sup>3</sup>/с – это самые высокие сбросы воды в октябре за весь ряд наблюдений (максимальные сбросы воды 77,6 м<sup>3</sup>/с были в октябре 2002 г.).

**Лавины.** В **ноябре** количество осадков во всех горных регионах Казахстана превышало среднегодушечные значения, устойчивый снежный покров в большинстве горных районов образовался уже в первой декаде. Высота снега на востоке по опорным станциям превышала норму в Западном Алтае и Тарбагатае на 40...70 %; на юго-востоке была в пределах нормы: в Илейском Алатау 96...113 %, Жетысуйском Алатау 88...103 %; на юге в Таласском Алтае 19 % от нормы. Уже в начале второй декады ноября после выпадения обильных осадков сход лавин отмечался в горных районах Жетысуйского Алатау в бассейнах рек Чижа, Коксу, Кара объемами до 5000 м<sup>3</sup>, и в Илейском Алатау в бассейнах рек Большая и Малая Алматинки до 1000 м<sup>3</sup>.

В **декабре** на Западном Алтае высота снега составляла 131...180 % от нормы, сумма осадков 230...263 % от нормы. На хр. Каратау высота снега превышала норму в 6...7 раз, количество выпавших осадков – в 4 раза, но в связи с отсутствием наблюдений, сведений о сходе лавин в этом районе нет.

Массовый сход небольших лавин отмечался в начале третьей декады (20-25 декабря) во время значительных осадков и метелей в Западном Алтае в бассейне р. Белая Берель; в этот же период сход лавин наблюдался в Таласском Алатау – до 10000 м<sup>3</sup>. В Илейском и Жетысуйском Алатау в декабре лавин не было, высота снега в этих горных регионах была ниже и около средних многолетних значений – 64...90 % от нормы.

В **январе** высота снега в процентах от нормы в горных регионах практически не изменилась, количество выпавших осадков было меньше нормы, за исключением хр. Илейского Алатау, где выпало 172...183 % от нормы, что существенно прибавило снеготопливы на склонах. Относительно лавинной опасности январь был спокойным, сход локальных лавин отмечался на Западном Алтае во второй декаде января в бассейнах рек Ульба и Белая Берель объемами до 1200 м<sup>3</sup>, также сход лавин был зарегистрирован в Таласском Алатау в бассейне р. Сайрам объемом до 10000 м<sup>3</sup>. Причиной схода лавин было выпадение интенсивных осадков и метель.

В **феврале** во всех горных регионах Казахстана количество выпавших осадков было меньше среднемесячных значений (18...84 % от нормы). Высота снега превышала норму только на Западном Алтае (124...145 % от нормы), в других горных регионах она была ниже нормы на 10...50 %. В течение месяца не было ни одного снегопада, с которым бы возникла угроза схода лавин, но высокий температурный фон привел к

их сходу в начале первой декады – в Илейском Алатау в бассейне р. Малой Алматинки, и в конце третьей декады – в бассейне р. Большой Алматинки; объем лавин составил от 200 до 8000 м<sup>3</sup>. В целом февраль был не лавиноактивным.

**Март** отличился высокой лавинной активностью. Основную роль в лавинообразовании играли продолжительные оттепели, хотя высота снега по опорным станциям была ниже нормы, лишь в Западном Алтае она была в пределах нормы. 3 марта началась первая оттепель в Илейском Алатау; лавины объемами до 8000 м<sup>3</sup> сходили в бассейне р. Малой Алматинки, 5 марта – массовый сход небольших лавин до 100 м<sup>3</sup> был зарегистрирован в бассейне р. Большой Алматинки. Вторая оттепель началась с 11 марта и продолжалась вплоть до 30 марта; сход лавин объемами от 100 до 3000 м<sup>3</sup> отмечался в Илейском и Жетысуйском Алатау. В период 17-27 марта в Западном Алтае отмечался сход лавин в бассейнах рек Марчиха, Тургусун, Каракаба. Объемы лавин менялись от 100 до 14000 м<sup>3</sup>. На юге, в Таласском Алатау, в период 15-29 марта в бассейне р. Балдыбрек отмечался сход лавин объемами до 18000 м<sup>3</sup>. Причинами схода лавин были интенсивные осадки на фоне оттепели.

**С ноября 2015 г. по март 2016 г.** наиболее лавиноопасным являлся **март**, когда произошло более 90 % случаев схода лавин. Объемы самых больших лавин достигали 18 тыс. м<sup>3</sup>. Основной причиной схода являлись обильные осадки, оттепель или сочетание этих двух факторов. В горах Восточно-Казахстанской области причиной схода лавин также являлись оттепели и метель.

На большинстве опорных станций расположенных в низкогорной и среднегорной зоне Казахстана к концу первой декады апреля снежный покров стоял, а в высокогорной зоне значительный снежный покров еще сохранялся. Количество выпавших осадков в горах превышало норму, в некоторых горных регионах в два раза. На востоке (Западный Алтай) – 136...265 %, юго-востоке (хр. Жетысуский Алатау) – 121...144 %, (хр. Илейский Алатау) – 176...219 %, на юге (хр. Таласский Алатау) – 111 %.

1 апреля сильные осадки привели к массовому сходу лавин на хр. Жетысуский Алатау (Алматинская область) объемами от 100 до 500 м<sup>3</sup>. 9-13 апреля, во время выпадения сильных осадков, лавины отмечались на хр. Илейский Алатау (Алматинская область) в бассейнах рек Большой и Малой Алматинки объемами от 200 до 3500 м<sup>3</sup>. 18 апреля в бассейне р. Большая Алматинка сошли две лавины объемами 6000 м<sup>3</sup> и 2500 м<sup>3</sup>.

22-25 апреля на Западном Алтае (Восточно-Казахстанская область) в бассейнах рек Белая-Берель и Сарымсақты отмечался массовый сход лавин с объемами от 1000 до 10000 м<sup>3</sup>. В мае лавины отмечались в высокогорной зоне Илейского Алатау: 1, 3, 11, 12, 14, 19, 24, 27-го мая, 3 и 5 июня объемами от 700 до 20000 м<sup>3</sup>. Причиной схода лавин было выпадение осадков и усиление ветра.

**В октябре** сведений о сошедших лавинах не поступало.

**В ноябре** устойчивый снежный покров в большинстве горных районов образовался в конце первой декады.

Высота снега в конце месяца в процентном отношении от нормы по опорным станциям составила на Западном Алтае – 129...282 %; в Жетысуском Алатау – 117...554 %; Илейском Алатау – 219...280 %; Таласском Алатау – 200 %.

Уже в начале второй декады ноября, после выпадения значительных осадков, массовый сход снежных лавин отмечался в горных районах Илейского Алатау. В бассейнах рек Большой и Малой Алматинки объемы лавин составили 200...50000 м<sup>3</sup>, на перевале Жусалы-Кезень до 5000 м<sup>3</sup>, в Жетысуйском Алатау в среднегорной зоне наблюдался сход небольших лавин объемами до 70 м<sup>3</sup>. В других горных регионах сведений о сошедших лавинах не поступало.

**В декабре**, как и в предыдущем месяце, высота снега превышали норму во всех горных регионах Казахстана. На конец декабря по опорным станциям высота снега составляла: на Западном Алтае 147...263 %; в Жетысуском Алатау 81...247 %; в Илейском Алатау 161...216 %; в Таласском Алатау 180 %. Сход локальных лавин отмечался 4-5 декабря во время выпадения осадков. В Илейском Алатау в бассейне р. Малая Алматинка сошло 5 лавин объемом от 100 до 1000 м<sup>3</sup>, на перевале Жусалы-Кезень одна лавина объемом 800 м<sup>3</sup>. На Западном Алтае в бассейнах рек Белая Берель и Ульба также отмечался сход локальных лавин объемом до 1000 м<sup>3</sup>.

### **Обзор состояния водной поверхности Северного и Среднего Каспия**

По данным береговых и островных морских станций и постов уровень Каспийского моря в его северо-восточной мелководной части колебался около отметки -27,94 м в пределах значений -27,29...-28,60 м (рис. 6).

В глубоководной казахстанской части Каспийского моря по данным МГ Форт-Шевченко, МГ Актау и МГП Фетисово среднее значение уровня моря соответствовало отметке -27,91 м с максимальным значением при подъеме – -27,52 м и минимальным при спаде – -28,32 м (рис. 7).



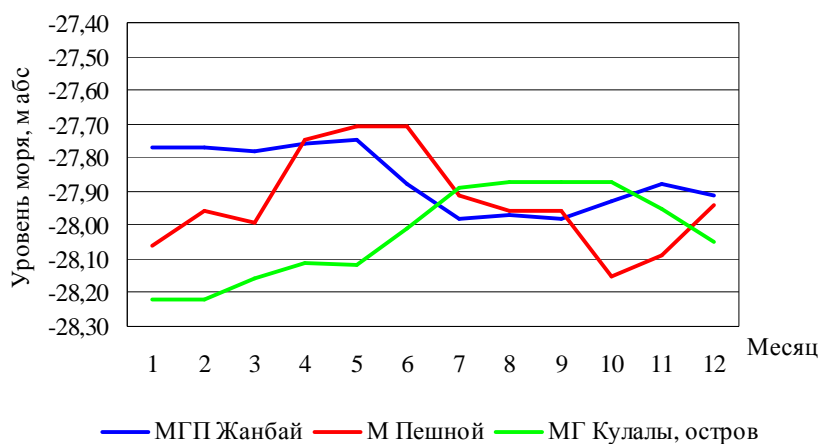


Рис. 6. Годовой ход уровня Каспийского моря в его северной части.

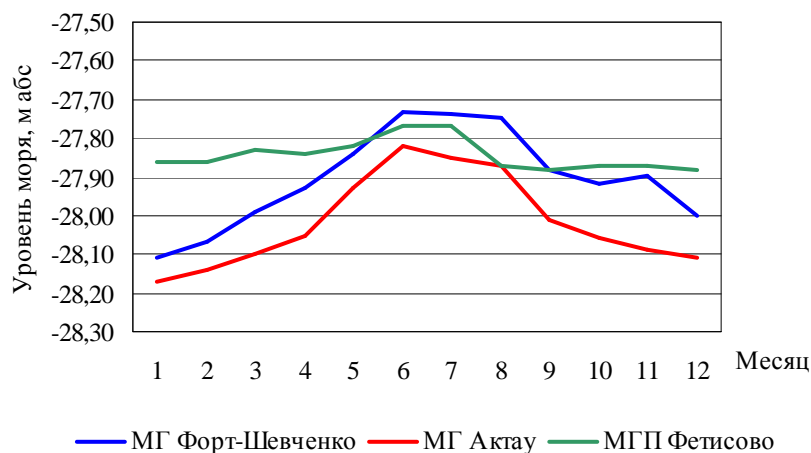


Рис. 7. Годовой ход уровня Каспийского моря в его средней части.

**Сгонно-нагонные колебания уровня Каспийского моря.** У побережья Северного Каспия за период с январь по декабрь морскими станциями и постами Казгидромета было зафиксировано 95 случаев с нагонными явлениями, и 79 – с ветровым сгоном воды.

1-3 апреля у северо-восточного побережья Каспийского моря в районе М Пешной наблюдалось повышение уровня воды до отметки 71 см, вызванное устойчивым воздействием юго-западного ветра (скоростью до 10 м/с).

25-29 июля М Пешной зафиксировал критическое падение уровня воды до 35 см, вызванное северным ветром с максимальной скоростью до 4 м/с.

15-18 августа М Пешной зафиксировал критическое падение уровня воды до 37 см, вызванное северо-западным ветром с максимальной скоростью 10 м/с.

19-23 сентября М Пешной зафиксировал критическое падение уровня воды до 52 см, вызванное северо-западным ветром с максимальной скоростью 8 м/с.

9-18 октября М Пешной зафиксировал критическое падение уровня воды до 58 см, вызванное северо-западным ветром с максимальной скоростью 4 м/с.

9-22 ноября М Пешной зафиксировал критическое падение уровня воды до 92 см, вызванное северо-восточным ветром с максимальной скоростью до 8 м/с.

17 апреля в районе МГП Фетисово наблюдалось повышение уровня моря на 24 см при северо-западном ветре с максимальной скоростью до 12 м/с.

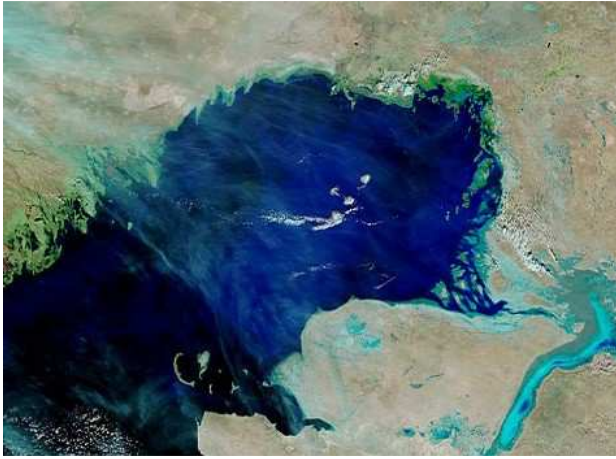
25 июля в районе МГ Форт-Шевченко произошло понижение уровня воды на 20 см при северном направлении с максимальной скоростью ветра до 4 м/с.

*Ледовая обстановка.* Зима 2015...2016 гг. на Каспийском море по сумме отрицательных температур воздуха в холодное полугодие и степени распространения границы льда была мягкой с неустойчивым ледовым покровом в северной мелководной части моря.

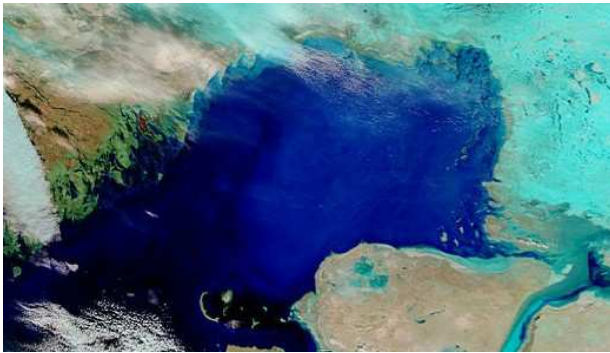
1 ноября у северного побережья Каспийского моря по данным М Пешной наблюдалось образование первых ледяных заберегов, с 9 ноября – появились первичные виды льда (рис. 8). Припай вдоль всего северо-восточного побережья моря установился в конце декабря 2015 г. (рис. 9).

Максимальное значение толщины льда зафиксировано у северо-восточного побережья Северного Каспия в начале февраля 2016 г. в районе М Пешной – 17 см. У восточного побережья Северного Каспия в течение всего ледового периода сплоченность льда то увеличивалась, то уменьшалась. Толщина льда в этом районе не наблюдалась.

В третьей декаде января процесс ледообразования достиг центральной глубоководной части Северного Каспия (рис. 10, 11) при этом, по данным М Иголкинская банка наблюдалось неоднократное установление припая, шириной 0,1...0,5 км с последующим полным очищением моря ото льда (16 февраля 2016 г.). Максимальная толщина льда припайной зоны в этом районе в начале января достигала 7 см. 2 марта припай полностью разрушен в районе М Пешной. Северное побережье моря полностью освободилось ото льда 10 марта (рис. 13).



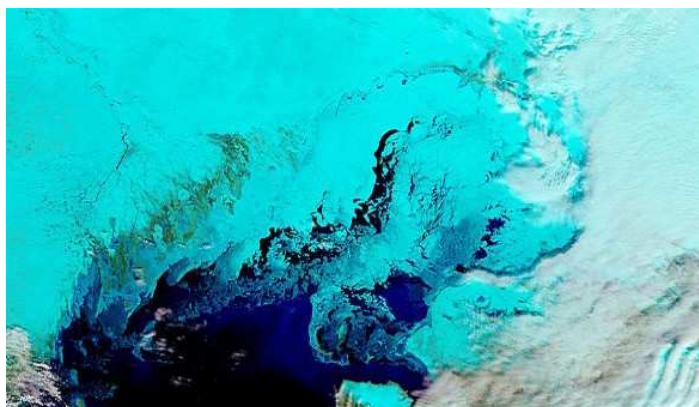
*Рис. 8. Первые забереги у северного побережья Каспийского моря.  
(Снимок проекта «MODIS Rapid Response Project at NAGA/GSFC»,  
8 ноября 2015 г.).*



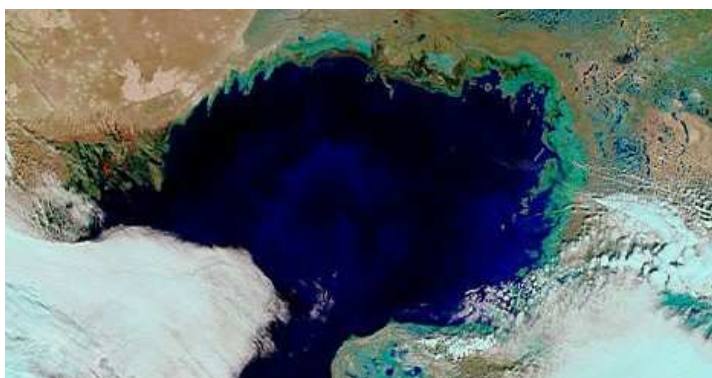
*Рис. 9. Начало установления припая у побережья Северного Каспия. Кос-  
мический снимок Каспийского моря, 18 декабря 2015 г. «MODIS Rapid  
Response Project at NAGA/GSFC».*



*Рис. 11. Установление ледового покрова на акватории Северного Каспия,  
10 января 2016 г. Снимок проекта «MODIS Rapid Response Project at  
NAGA/GSFC».*



*Рис. 12. Ледовая обстановка на Каспийском море, 30 января 2016 г. Снимок проекта «MODIS Rapid Response Project at NAGA/GSFC».*



*Рис. 13. Полное очищение Каспийского моря ото льда. Космический снимок северной части Каспийского моря, 13 марта 2016 г. Снимок проекта «MODIS Rapid Response Project at NAGA/GSFC».*

#### **Обзор стихийных агрометеорологических условий**

Неблагоприятные природные явления – явления, в результате которых произошли гибель или повреждение продукции растениеводства (долговременные – засуха, вымерзание, недостаток тепла, излишнее увлажнение почвы, переувлажнение воздуха, наводнение, маловодье, засухи; кратковременные – град, ливень, заморозки, сильный ветер, сель).

За зимний период аномалия температуры воздуха в пределах нормы сложилась в третьей декаде января в Северо-Казахстанской области и во второй декаде февраля в Карагандинской и Жамбылской областях. Отрицательная аномалия температуры воздуха наблюдалась в первой декаде января в Актыбинской области в пределах  $-1,6^{\circ}\text{C}$ , на севере республики составляла  $-3,8...-7,8^{\circ}\text{C}$ , во второй декаде января в Северо-Казахстанской и Павлодарской областях  $-1,1...-3,7^{\circ}\text{C}$ , в третьей декаде января в Костанайской области -

1,4° С, в Павлодарской области -3,9 °С и в Восточно-Казахстанской области - 2,1 °С, во второй декаде февраля в Восточно-Казахстанской области -1,6 °С и в Алматинской области -1,8 °С. В первой и во второй декадах марта по всей территории Казахстана повсеместно установилась положительная аномалия температура воздуха в пределах +3,5...+10,7 °С.

В южных регионах республики повышенный температурный фон способствовал быстрому таянию снега, поля освободились от снега в конце февраля – начале марта. В конце февраля средняя температура воздуха на юге страны была выше среднеголетних значений на 7...11 °С. Поэтому в южных областях к весенне-полевым работам приступили раньше, чем в прошлом году.

Темпы проведения весенне-полевых работ в южных областях несколько сдерживали обильные осадки в середине марта и начале апреля, но способствовали увеличению запасов влаги в почве. На юге и юго-востоке страны запасы влаги в почве под яровыми зерновыми культурами были в основном оптимальными, местами удовлетворительными благодаря выпавшим обильным осадкам за осенне-зимний период, что было благоприятным для их роста и развития. Посев яровых зерновых культур в южных регионах завершили в конце апреля – начале мая при благоприятных условиях, кроме предгорных районов Алматинской области, где сев завершили в конце мая. Агрометеорологические условия для роста и развития яровых зерновых культур были благоприятными в течение срока сева.

В северной половине республики приступили к посеву в обычные сроки – во второй декаде мая; в центре, на востоке и на западе в начале мая, в некоторых районах в конце апреля. Погодные условия способствовали завершению посева зерновых культур в оптимальные сроки в основных зерносеющих районах. Запасы влаги были достаточны для начального развития и роста зерновых культур.

В июле сложились удовлетворительные условия для роста и развития яровых зерновых культур. Обильные осадки на севере страны привели к переувлажнению почвы, что вызывало полегание посевов зерновых культур и загнивание растений, на юге затруднило уборку ярового ячменя. Повсеместно в северной половине страны продолжалась химическая обработка против сорняков и вредителей.

В начале августа в основном сложились благоприятные условия для роста и развития яровых зерновых культур и налива зерна.

Уборочные работы были завершены в конце сентября в Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Павлодарской областях, на остальной территории в начале октября.

**Атмосферная засуха.** Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 15 °С, характеризующий летний сезон, наступил на севере, востоке и в центре в период со 2-й декады по 3-ю декаду мая, в южных областях во 2-й декаде апреля, в горных районах в конце мая – начале июня.

В летний период на большей части территории республики наблюдался повышенный температурный фон, но ниже прошлогодних значений. Максимальная температура воздуха в течение **июня** на севере республики была в пределах +27...+33 °С, в центре +30...+31 °С, на востоке +32...+33 °С, на западе +27...+36 °С, на юго-западе +29...+39 °С, на юге +37...+40 °С и на юго-востоке +33...+38 °С.

Максимальная месячная температура воздуха в **июле** на севере республики составляла +27...+31 °С, в центре +30...+34 °С, на востоке +31...+34 °С, на западе и юго-западе +33...+41 °С, на юге +23...+41 °С и на юго-востоке +30...+39 °С. Атмосферная засуха наблюдалась в Актюбинской области на территории Мартукского района (М Родниковка), а также в Каркаралинском и Осакаровском районах Карагандинской области. В Костанайской области на территории Наурузумского, Камыстинского и Житикаринского районов. В Алматинской области атмосферная засуха наблюдалась в Кербулакском районе. Летняя засуха снижает накопление вегетативной массы и фотосинтетическую деятельность растений, обуславливает засыхание листьев, вызывает череззерницу, пустоколосость, щуплость зерна.

**Почвенная засуха.** Неблагоприятная обстановка с запасами влаги в метровом слое почвы в осенний период 2015 года сложилась Западно-Казахстанской, Актюбинской, Павлодарской и Карагандинской областях, удовлетворительные и недостаточные условия увлажнения в почве в разрезе районов наблюдались в Костанайской, Акмолинской и Южно-Казахстанской областях.

Удовлетворительные и оптимальные условия влагообеспеченности сформировались осенью в разрезе районов Северо-Казахстанской и Жамбылской областей, от недостаточного до оптимального в Восточно-Казахстанской и Алматинской областях. На большей части земледельческой

территории северного региона, центра и востока страны запасы почвенной влаги к весне значительно пополнились за счет снеготаяния.

В течение вегетационного периода 2016 г. сложились благоприятные условия для роста и развития растений. Осадки отмечались на всей территории страны, что способствовало улучшению почвенного увлажнения. Почвенная засуха отмечалась только в Осакаровском районе Карагандинской области.

**Град.** Наибольший вред град наносит в период цветения и созревания плодов сельскохозяйственных культур, когда поврежденные растения не в состоянии восстановить свои органы.

Многие зерновые культуры, подвергшиеся градобитию в начальные фазы развития, сравнительно быстро отрастают, образуя новые листья. Градобитие на сельскохозяйственных посевах наблюдалось в летний период на территории Жаксинского, Есильского и Шортандинского районах Акмолинской области, в Наурзумском, Денисовском, Карасуском и Алтынсаринском районах Костанайской области, в Осакаровском, Нуринском и Бухаржирауском районах Карагандинской области. Градом были повреждены посевы в Тарбагатайском районе и в окрестности М Усть-Каменогорск Восточно-Казахстанской области, а также в Тимирязевском районе в п им. Шал Акына Северо-Казахстанской области. В Алматинской области были повреждены посевы в Талгарском районе.

**Заморозки.** Заморозки – понижение температуры воздуха (поверхности почвы) ниже 0 °С в период активной вегетации сельскохозяйственных культур, приводящее к значительному их повреждению.

Понижения температуры воздуха в ночное время в начале вегетационного периода наблюдавшиеся на востоке до -1 °С и кратковременные заморозки на поверхности почвы до -2 °С, а также заморозки вблизи М Лепси Алматинской области до -3 °С, не были опасными для появившихся всходов яровых зерновых культур, но повлияли на развитие теплолюбивых культур. Заморозки также отмечались в Ескельдинском районе Алматинской области.

**Суховеи.** Суховей – это ветер при высокой температуре и большом недостатке насыщения влагой воздуха, вызывающий угнетение или гибель растений. Наиболее опасны суховеи в период от цветения до созревания зерновых культур, так как могут вызвать засыхание зерна, формирование которого еще не закончилось. При недостатке влаги в почве суховеи вызывают прекращение роста, потерю тургора и засыхание растений. Летом

2016 г. высокие дневные температуры, усиление ветра, дефицит осадков и низкая относительная влажность воздуха приводили к возникновению суховеев в Иртышском районе Павлодарской области.

**Вымерзание.** В местах открытых от снежного покрова, в результате усиление ветра, где высота снега была менее 10 см, температура воздуха в ночное время достигала до -31...-33 °С, что послужило причиной частичного вымерзания посевов озимой пшеницы в окрестности М Усть-Каменогорск.

**Сильный ветер.** Сильный ветер характеризуется скоростью 15 м/с и более, наносит ущерб в период созревания посевов, вызывает полегание высокорослых зерновых и других культур, осложняет проведение многих видов сельскохозяйственных работ (сев, внесение удобрений и ядохимикатов, уборка урожая). При незначительных скоростях ветер оказывает положительное влияние на жизнедеятельность растений, способствует лучшему опылению ветроопыляемых растений, просушиванию загущенных посевов и переувлажненной почвы.

Сильным ветром были повреждены посевы в районе п. им. Шалакына Северо-Казахстанской области, в Алакольском, Каратальском, Аксуском, Саркандском и Кербулакском районах Алматинской области.

**Наводнение** при половодьях отмечалось на территории Восточно-Казахстанской области в окрестности М Усть-Каменогорск.

**Излишнее увлажнение почвы.** Излишнее увлажнение почвы наблюдается в вегетационный период, когда почва на глубине 10...12 см при визуальной оценке увлажненности характеризуется липким или текучим состоянием не менее 20 суток подряд. Избыток влаги в почве при обильных осадках отмечался в Нуринском районе Карагандинской области и в Айртауском районе Северо-Казахстанской области.



**ПАМЯТИ  
КОЖАХМЕТОВА ПАЙЫЗХАНА ЖОЛМЕНДИЕВИЧА**



27 ноября 2017 года скоропостижно ушел из жизни Директор научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет», заместитель главного редактора журнала «Гидрометеорология и экология», кандидат технических наук Кожухметов П.Ж.

Пайызхан Жолмендиевич родился 17 мая 1956 г. в селе Екпинди Алгабасского района Южно-Казахстанской области в семье служащих. До 1971 г. учился в средней школе с. Екпинди. Затем переехал в Алматы и в 1973 г. закончив среднюю школу №2, поступает в КазГУ им. Кирова (ныне им. аль-Фараби) на географический факультет по специальности «Метеорология».

Свой трудовой путь он начал в 1978 г. после отличного завершения учебы (красный диплом) в университете. По распределению он попал в родной г. Чимкент инженером-синоптиком на авиационную метеостанцию. Здесь он приобрел практический опыт в составлении прогнозов погоды по авиамаршрутам и аэропортам и метеорологическому обслуживанию полетов. В 1983 г. Кожухметов П.Ж. поступает на очное отделение аспирантуры Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. В 1987 г. успешно заканчивает её, защитив кандидат-

скую диссертацию на тему «Ветроэнергетические ресурсы предгорных и горных районов Казахстана» За эту работу Пайызхану Жолмендиевичу была присуждена степень кандидата технических наук по специальности «Метеорология, климатология и агрометеорология». Он был направлен на работу в Казахский Научно-Исследовательский Гидрометеорологический Институт, где сосредоточился на таком важном для любой страны направлении работ, как агрометеорология, и в итоге возглавили отдел сельскохозяйственной метеорологии. В 1996 г. ему было присвоено ученое звание доцента по специальности «География».

Научный и организаторский потенциал Пайызхана Жолмендиевича был востребован в разных направлениях деятельности Национальной гидрометслужбы Казахстана. Он был Заместителем Генерального директора РГП «Казгидромет», Начальником Гидрометцентра, Директором единственного в Службе департамента, который продолжает традиции гидрометеорологической науки Казахстана.

Кожаметов П.Ж. постоянно укреплял и расширял свои знания и опыт. Его научная деятельность связана с такими направлениями как сельскохозяйственная метеорология, строительная климатология, водные проблемы и экология, использование ветроэнергетических ресурсов и изменение климата. В списке научных трудов более 50-ти наименований и множество докладов на национальных и международных конференциях. Он является автором большинства климатических карт в Национальном Атласе Республики Казахстан, работа над которым была отмечена Государственной премией в 2014 г.

Обладея широкими знаниями, он не забывал о подготовке молодых специалистов. Читал лекции студентам Национального Университета им. аль-Фараби по специальности «Метеорология», руководил многими дипломными работами студентов и кандидатскими диссертациями, помогая молодым специалистам осваивать современные методы научных исследований. В соавторстве с другими учеными подготовил и выпустил учебник «Метеорология» для студентов Высших учебных заведений Казахстана.

На протяжении многих лет являлся заместителем Главного редактора научно-технического журнала «Гидрометеорология и экология» и самым активным рецензентом статей на казахском языке.

За достигнутые успехи Пайызхан Жолмендиевич награжден почетным знаком «Гидрометеорология саласының үздігі». Это был человек, бесконечно преданный гидрометеорологической науке.

Пайызхана Жолмендиевича всегда отличала высокая работоспособность и энергичность, умение эффективно руководить большим коллективом. Безвременная смерть не позволила ему реализовать все планы и мечты.

Коллектив РГП «Казгидромет», коллеги, друзья и родственники глубоко скорбят о П.Ж. Кожахметове! Светлая память о нем надолго останется в наших сердцах!

Коллектив РГП «Казгидромет»,

Редколлегия журнала

**ПАМЯТИ  
ГАЛЬПЕРИНА РОБЕРТА ИЗРАИЛЕВИЧА**



1 декабря 2017 года ушел из жизни крупный ученый-гидролог, профессор Гальперин Роберт Израилевич.

Роберт Израилевич родился 13 июля 1934 г. в г. Тамбове в семье венного врача и учительницы.

По окончании средней школы он поступает в Ленинградский гидрометеорологический институт, где приобретает теоретические и практические навыки инженера-океанолога.

В 1957 г. дипломированным специалистом Гальперин Р.И. начал свою трудовую деятельность в качестве младшего научного сотрудника в Дальневосточном научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (г. Владивосток). Принимает участие в экспедициях на Японском и Охотском морях.

В 1958 г. Гальперин Р.И. был переведен в Управление Гидрометслужбы Казахской ССР, а в 1960 г. перешел на работу в отдел географии Академии наук Казахской ССР. Именно здесь были получены первые серьезные научные результаты. Его работы по оценке водных ресурсов легли в основу создания карты годовых осадков Восточного Казахстана.

В период с 1965 по 1971 гг. Гальперин Р.И. работал в мостовом отделе Каздорпроекта. Он принимал активное участие в разработке проектов

мостов через реки Сырдарья, Уба, Иргиз, Бадам, Лепсы, Средний Тентек, Талгар, Большая Алматинка.

В 1970 г. Гальперин Р.И. успешно защищает диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук на тему «Колебания стока и осадков на востоке Казахстана и их связь».

Второй значительный период научной биографии Гальперина Р.И. (1970...1976 гг.) связан с Казахским научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом. Здесь он активно участвует в исследованиях водного баланса естественных и орошаемых территорий юго-востока Казахстана и разработке модели водно-солевого баланса рисовых чеков.

Стремление передать свои обширные знания молодым – это одна из характерных черт Роберта Израилевича. Поэтому в 1977 г. он переходит на работу в КазНУ им. аль-Фараби на кафедру гидрологии суши, где активно занимался педагогической деятельностью до последних дней своей жизни.

За время работы в Казахстане Роберт Израилевич завоевал авторитет среди специалистов гидрологов, географов и метеорологов. Его трудолюбие, добросовестность и компетентность позволили успешно пройти путь от инженера, научного сотрудника до профессора главного ВУЗа страны – Казахского Национального университета им. аль-Фараби.

Научная и проектная деятельность Роберта Израилевича характеризовала его широкий профессиональный кругозор.

Находясь на острове Куба с 1973 по 1976 гг. под его руководством выполнены обобщения данных гидрологических наблюдений, составлены 45 отчетов по обоснованию проектов гидротехнических сооружений Республики Куба. Исследования, посвященные водным ресурсам многих регионов Казахстана, отражены в многочисленных работах и статьях Роберта Израилевича. Он выполнял гидрометеорологические работы по обоснованию параметров гидрологических характеристик каналов переброски стока – Большого Алматинского канала и предполагаемого канала переброски части стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию, канала Волга-Дон. В 1980-90-х годах он участвовал в разработке важных тем ГКНТ СССР, АН СССР, МОН РК.

Ряд крупных работ, монография и докторская диссертация освещают вопросы пространственно-временных закономерностей водного и ледового режима рек Казахстана. Проблемам наводнений посвящена монография: «Высокие уровни воды на реках равнинного Казахстана». В последнее время Р.И. Гальперин работал по проблемам фундаментальных

исследований МОН и НАН РК. В частности, под его руководством в 2017 г. завершена тема «Наводнения и угроза затопления приречных территорий». Роберт Израилевич участвовал в республиканских и Международных конференциях. Подготовил трех кандидатов наук.

Студенческие научные работы, выполненные под его руководством неоднократно признаны в числе победителей университетского, республиканского и союзного конкурсов. На протяжении последних лет читал лекции студентам и аспирантам Чанганьского университета КНР.

Долгие годы был редактором «Вестника КазНУ серия географическая, членом редакционной коллегии журнала «Гидрометеорология и экология». Был членом Экспертного совета Комитета по надзору и аттестации (2002...2007 гг.), членом государственной комиссии по госпремиям в области науки и техники (науки о Земле), членом Национального комитета РК по Международной гидрологической программе (ЮНЕСКО), членом Совета государственной экологической экспертизы Минэкобиоресурсов РК. С 2000 г. он – был действительным членом Международной Академии «Экология».

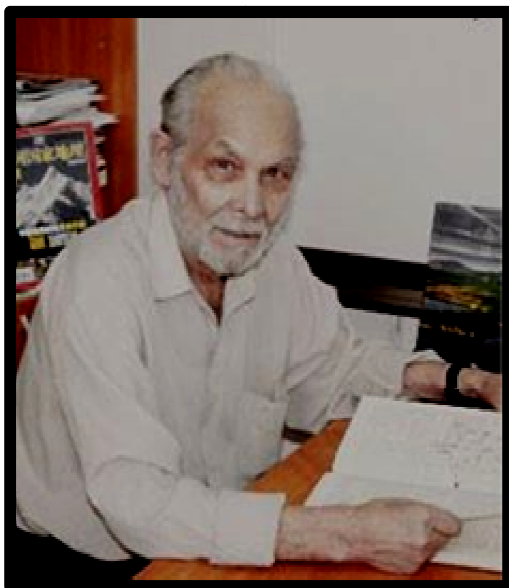
В общей сложности им опубликовано более 152 научных работ.

Работая на кафедре гидрологии суши КазНУ им. аль-Фараби Роберт Израилевич кроме научной деятельности, активно занимался методической работой. Им издано более десятка методических пособий и разработок. В 2003 г. он за разработки учебно-методической документации и концепцию магистерского обучения в университете и в Республике награжден знаком «Почетный работник образования РК».

Коллеги, ученики, друзья и научная общественность искренне скорбят по поводу кончины Роберта Израилевича и выражают соболезнования родным и близким.

Коллектив РГП «Казгидромет»,  
Редколлегия журнала

**ПАМЯТИ  
ВИЛЕСОВА ЕВГЕНИЯ НИКОЛАЕВИЧА**



8 декабря 2017 года после продолжительной болезни скончался один из ведущих гляциологов Казахстана и СНГ, доктор географических наук, профессор кафедры географии, землеустройства и кадастра КазНУ им. аль-Фараби Евгений Николаевич Вилесов.

Евгений Николаевич родился 4 августа 1932 г. в Пермском крае, Россия. Окончил Уральский университет им. Горького (1955) в г. Свердловске (ныне Екатеринбург). В 1957...1981 гг. работал в Секторе географии АН Казахстана. Основное направление научных исследований – гляциология и гляцио-гидроклиматология горных стран. Исследовал ледники Полярного Урала и Кавказа, Алтая и Памира, Джунгарского Алатау и Тянь-Шаня. Участвовал в реализации крупных интернациональных проектов по программам МГГ, МГД, МГП. Изучал условия снегонакопления в гляциальной зоне, географию, режим и баланс массы ледников Казахстана, температурное состояние и тепловой режим ледниковых толщ, процессы и типы льдообразования и их вертикальную зональность, репрезентативность гляциологических измерений на ледниках. Предложил ряд новых методов по реконструкции баланса массы ключевых ледников, расчету ледникового стока и его роли в питании горных рек. Исследования

последних лет связаны с региональным мониторингом крупных ледниковых систем, выявлением реакции горного оледенения на изменения климата, прогнозированием состояния и размеров оледенения в 21 веке.

Е.Н. Вилесов активный участник экспедиционных исследований (всего он провёл 3 зимовки и 45 полевых сезонов) не только в Заилийском, но и в Джунгарском Алатау, Угамском хребте (Западный Тянь-Шань), в Кунгей-Алатау, на Алтае (Берельские ледники), на Памире (ледник Медвежий), на Кавказе (ледник Марух). Наибольшее внимание уделялось им леднику Туюксу. Во многом благодаря исследованиям Е.Н. Вилесова ледник Туюксу является одним из самых изученных на нашей планете.

С 1981 г. Евгений Николаевич приступает к педагогической деятельности на кафедре физической географии КазНУ им. аль-Фараби. За время работы в университете он преподаёт основные и специальные курсы – «Физическая география материков и океанов», «Физическая география Казахстана», «Общая гляциология», «Гидрология ледников», «Современные проблемы гляциологии» и др., руководит зональной практикой. Руководимые им научные студенческие работы неоднократно занимали первые места на конкурсах различного уровня. Евгений Николаевич пользовался заслуженным уважением и авторитетом, как у студентов, так и у своих коллег-преподавателей.

Евгений Николаевич Член Международной Гляциологической ассоциации. Его имя присвоено леднику в Киргизском хребте (бассейн р. Аламедин).

За свою профессиональную деятельность Вилесов Е.Н. опубликовал более 200 работ, в т.ч. 5 книг «Каталога ледников» Казахстана, а также серию карт в Атласе Казахской ССР (1982) и Атласе снежно-ледовых ресурсов мира (1997). Соавтор монографий «Оледенение Заилийского Алатау (1969), «Ледники Туюксу» (1984), «Оледенение Тянь-Шаня» (1995), «Физическая география Республики Казахстан» (1998), «Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в 20 веке» (2001), «Оледенение Джунгарского (Жетысу) Алатау: прошлое, настоящее, будущее» (2013). Он был одним из самых активных авторов нашего журнала!

До последних дней своей жизни Евгений Николаевич был активен и усердно трудился! Он навсегда останется в памяти людей, знавших его, скромным, порядочным, коммуникабельным, оптимистичным человеком и очень интересным собеседником!

Светлая память об этом прекрасном человеке и неутомимой труженике науки навсегда останется в наших сердцах.

Коллектив РГП «Казгидромет», Редколлегия журнала



**ПАМЯТИ  
ВАЛЬНЕРА РОБЕРТА ЮРЬЕВИЧА**



15 декабря 2017 г. ушел из жизни, но остался в памяти доброжелательных людей, военный-метеоролог полковник Роберт Юрьевич Вальнер.

Р.Ю. Вальнер родился 15 февраля 1923 г. в городе Смоленске в семье военнослужащего. В 1941 г. Роберт Юрьевич с отличием окончил среднюю школу на станции Сарыозек Казахской железной дороги. В этом же году был призван на службу в Советские Вооруженные Силы и направлен учиться в Высший военный гидрометеорологический институт (ВВГМИ). Впоследствии ВВГМИ был переименован в Военный факультет при Ленинградском Гидрометеорологическом институте (ЛГМИ).

В 1946 г. Роберт Юрьевич после окончания обучения был направлен военным инженером-метеорологом на службу в Авиационный корпус дальней авиации, который располагался тогда на Сахалине, а затем передислоцировался в Прибалтику. В 1958 г. корпус был реформирован в авиационную дивизию, в которой Р.Ю. Вальнер служил до 1965 г. Здесь он прошел путь от должности инженера-аэролога до заместителя началь-

ника метеослужбы дивизии. С 1965 по 1966 г. Р.Ю. Вальнер служил на Чукотке начальником метеослужбы Авиационной базы.

В 1966 г. Роберт Юрьевич был переведен на должность начальника метеослужбы Авиационной дивизии дальней авиации в район Семипалатинского ядерного полигона. Здесь он прослужил до 1971 г. Затем воинская служба снова привела его на Крайний Север. С 1971 по 1973 г. он начальник метеослужбы Оперативной Группы Войск Арктики. В октябре 1973 г. Роберт Юрьевич Вальнер в звании подполковник-инженер увольняется из Советской Армии в запас.

Начался новый этап в жизни Роберта Юрьевича – служба Отечеству на гражданском фронте в Гидрометеорологической Службе Казахстана. В 1974 г. он работает инженером отдела гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства УГМС КазССР. Влечение к творческой работе приводит Роберта Юрьевича в 1975 г. к решению о переводе в Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (КазНИГМИ), в котором он затем проработал более двадцати лет.

Богатый опыт работы в авиационной метеорологии позволил ему сразу же включиться в выполнение научных исследований института в области краткосрочных метеорологических прогнозов. Уже в 1978 г. Р.Ю. Вальнер публикует свою первую статью в Трудах КазНИГМИ «О возможности использования уравнения тенденции для краткосрочного прогноза приземного барического поля». Делится опытом с синоптиками УГМС КазССР в работах «Методическое письмо по метеорологическому обслуживанию авиации» (1978 г.), «О ведущем потоке и его использовании для прогноза перемещения приземных барических образований» (1982 г.), «Опыт синоптико-гидродинамического прогноза температуры на картах АТ 850, АТ 700 и АТ 500» (1984 г.), «О возможности получения универсального способа расчета вертикальных скоростей в атмосфере» (1986 г.), «Методические указания по прогнозу гроз в Алма-Ате, Актюбинске и Кустанае» (1986 г.).

Прохождение нескольких мощных селевых потоков в районе Алматы вызвало насущную необходимость создания прогноза этого стихийного явления природы. Изучение прошедших селей показало, что их прогноз невозможен без знаний о количестве выпадающих осадков в зоне формирования потока. И Роберт Юрьевич взялся за решение этой чрезвычайно сложной задачи. На создание метода количественного прогноза ливневых осадков в горах ушло более 10 лет. В этот период им были выполнены важные для экономики страны исследования по темам: «Усовершенствование метода прогноза количества летних осадков на 12, 24, 36 часов на примере Казахстана с использованием численных прогнозов» (1978...1980 гг.).

«Усовершенствовать метод прогноза сильных дождей теплого периода на 12, 24 и 36 часов для территории Казахстана с использованием численных методов прогноза» (1983...1985 гг.).

«Разработать и усовершенствовать синоптико-статистические методы прогноза с заблаговременностью 18...36 часов зон активной конвекции и связанных с ними стихийных гидрометеорологических явлений (сильных ветров, ливней) с учетом региональных особенностей атмосферных процессов для территории Казахстана» (1985...1987 гг.).

«Разработать метод прогноза шквалов, связанных с зонами активной конвекции, с заблаговременностью 6...12 часов для метеообеспечения авиации в Казахстане» (1987...1988 гг.).

«Разработать метод прогноза локальных стихийных явлений (ливни) на срок 12...36 часов по территории Казахстана: район Заилийского Алатау» (1988...1990 гг.). Работы по внедрению своих исследований в создание методов прогноза селевых потоков Р.Ю. Вальнер продолжал в 1997...1998 гг. в Казгидромете. Роберт Юрьевич Вальнер – автор 14 опубликованных и рукописных научных работ.

Занимая активные жизненные позиции, Роберт Юрьевич много внимания уделял общественно-политической работе в институте. Возглавлял работу комиссии контроля деятельности администрации, экспертной комиссии, был заместителем секретаря партийного бюро, членом Совета по профилактике правонарушений, общества «Знание». Много лет он работал в Комитете содействия офицерам запаса и в отставке, сотрудничал с Советом ветеранов.

Роберт Юрьевич Вальнер – ветеран Труда и Вооруженных Сил. За долголетнюю и безупречную службу в Вооруженных Силах он награжден орденом Красной звезды и 15 медалями, за добросовестную работу – почетными грамотами Госкомгидромета СССР и КазНИГМИ, премиями и занесен на Доску Почета института.

В общении с коллегами Р.Ю. Вальнер всегда был доброжелательным и готовым прийти на помощь. Свой богатый опыт научной работы Роберт Юрьевич передал внукам. Настя и Юлия защитили кандидатские диссертации и успешно представляют Казахстан в совместной работе с биологами различных стран.

Выражаем глубокое соболезнование родным и близким Роберта Юрьевича!

Коллеги по работе в КазНИГМИ и РГП «Казгидромет».

Редколлегия журнала

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
опубликованных в журнале «Гидрометеорология и экология» в 2017 г.**

**МЕТЕОРОЛОГИЯ**

*Абаев Н.Н.* Идентификация перспективных районов для развития солнечной энергетики в Республике Казахстан. №4, С. 44-53.

*Акиянова Ф.Ж., Ткач К.А.* Особенности изменений проективного покрытия растительности по анализу вегетационного индекса SAVI в пределах международного транспортного коридора на казахстанском участке «Коргас, Достык – порт Актау». №4, С. 32-43.

*Аллахвердиев З.С., Ахмедова Р.Ю.* Распределение поверхностных волн при различных скоростях и направлениях ветра на Среднем и Южном Каспии. №1, С. 28-37.

*Ахмеджанов А.Х., Караданов Т.К.* Расчет аэрозольной оптической толщины атмосферы по данным спутникового зондирования. №2, С. 7-15.

*Байшоланов С.С., Жакиева А.Р., Габбасова М.С., Чернов Е.Н.* Агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур в Северном Казахстане. №3, С. 17-28.

*Белолюбцев А.И., Дронова Е.А., Асауляк И.Ф.* Агроклиматическая оценка условий формирования урожая кукурузы в степной зоне Украины на период до 2050 года. №2, С. 16-26.

*Вилесов Е.Н.* Характеристики климата города Астана и их изменения за последние 90 лет. №3, С. 7-16.

*Вилесов Е.Н., Акмолдаева Б.К.* Изменение основных величин климата Прибалхашья за 80 лет. №2, С. 27-35.

*Гуриев И.Г.* Изменение массы песка в воздушном потоке во время песчаной бури. №3, С. 41-48.

*Кожухметов П.Ж., Монкаева Г.Е.* Оценка испарения с водной поверхности на основе фактических данных измерений с помощью ГГИ-3000 (на примере Иле-Балкашского бассейна). №3, С. 49-59.

*Самчук Е.В.* Идентификация и отслеживание внетропических циклонов и антициклонов северного полушария на основе трехмерного подхода. №3, С. 29-40.

*Сафаров Э.С., Родриго Абарка Дел-Рио, Сафаров С.Г., Мамедов Р.М., Крето Жан Франсуа.* Явление Эль-Ниньо и колебания уровня Каспийского моря. №1, С. 7-14.

*Семенов О.Е.* Профиль массовой концентрации песка в приземном слое атмосферы при бурях. №4, С. 7-31.

**Спивак Л.Ф., Витковская И.С., Батырбаева М.Ж.** Возможность использования дистанционно определяемых параметров для априорной оценки условий вегетационного сезона. №1, С. 15-27.

## ГИДРОЛОГИЯ

**Амиргалиева А.С., Гальперин Р.И.** Анализ данных трансграничного поста река Иле – пристань Добын за период с 2011 по 2015 годы. №2, С. 90-97.

**Ащанова Р.К.** Определение нормы и изменчивости стока рек бассейна реки Нуры. №2, С. 79-89.

**Бабкин А.В., Медибеков А.С., Мусакулкызы А., Чередниченко А.В.** Поверочный и фактический прогноз уровня воды озера Алаколь на ближайшую перспективу. №3, С. 60-71.

**Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Бурлибаева Д.М.** Колебания уровня воды озера Балкаш в условиях изменяющегося климата. №2, С. 46-65.

**Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Парфомук С.И., Бурлибаева Д.М.** Моделирование колебаний уровня озера Балкаш. №4, С. 63-74.

**Вилесов Е.Н.** Оценка эволюции оледенения казахстанской части бассейна реки Текес за сто лет (1915...2015). №1, С. 49-61.

**Гальперин Р.И., Чигринец А.Г.** Оценка годового местного, транзитного и суммарного стока по водохозяйственным участкам Ертисского ВХБ. №2, С. 66-78.

**Ивкина Н.И., Галаева А.В.** Прогнозирование ветрового волнения на Каспийском море с помощью модели SWAN. №2, С. 36-45.

**Молдошев К.О., Шахин С.** Водообеспеченность Чуйской долины Кыргызстана. №3, С. 100-104.

**Мусина А.К., Арыстамбекова Д.Д.** Тобыл өзені көктемгі ағындысына антропогендік өзгерістердің әсерін бағалау. №1, С. 75-89.

**Мусина А.К., Кенесова М.Е.** Тобыл өзені алабындағы көктемгі су тасудың негізгі сипаттамаларын бағалау. №4, С. 135-148.

**Степанов Б.С., Яфязова Р.К.** Сейсмическое оповещение о селевой опасности. №1, С. 38-48.

**Степанов Б.С., Яфязова Р.К.** Состояние проблемы краткосрочного прогноза селей дождевого генезиса. №2, С. 114-125.

**Терехов А.Г.** Спутниковые оценки параметров межгодового контррегулирования стока реки Или с помощью водохранилищ в Китайском секторе бассейна в период 2007...2016 годы. №3, С. 92-99.

*Терехов А.Г.* Технические характеристики водного канала Кара-Ертис – Карамай: спутниковые оценки. №4, С. 54-62.

*Терехов А.Г., Долгих С.А.* Спутниковый мониторинг водного зеркала озера Эби-Нур (КНР) в период 1990...2017 годы. №3, С. 72-79.

*Чигринец А.Г., Арыстамбекова Д.Д.* Оценка характеристик стока весеннего половодья равнинных рек Казахстана на примере бассейна р. Есиль. №1, С. 62-74.

*Чигринец А.Г., Мазур Л.П.* Водные ресурсы и внутригодовое распределение стока воды реки Терисбутақ. №2, С. 98-113.

## ЭКОЛОГИЯ

*Анурьева А.Н., Кенжебеков Б.К.* Изменения ареалов акклиматизантов (зообентос) озера Балхаш в зависимости от колебаний уровня воды. №4, С. 90-97.

*Атаназаров К.М., Отенова Ф.Т., Курбаниязов А.К., Гулдурсунбаева А.Т.* Изменение лимнических экосистем низовьев Амударьи. №1, С. 130-136.

*Берденов Ж.Г., Джаналеева Г.М., Атаева Г.М., Мендыбаев Е.Х., Казанганова Н.Б.* Палеогеографические особенности бассейна реки Илек. №3, С. 105-115.

*Верецагина Н.Г., Щетинников А.А., Мухаметзянова А.М.* О химическом составе воды коллекторов и их роли в рассолении земель в низовье Амударьи. №4, С. 82-89.

*Гаврук С.В., Каипов И.В., Деева Ю.В., Бекмухамедов Б.Э.* Web-ГИС портал для отображения результатов космического мониторинга нефтяных разливов. №3, С. 80-91.

*Джаналеева Г.М., Жангужин А.А., Мажитова Г.З., Берденов Ж.Г., Казанганова Н.Б.* Особенности геохимических условий геосистем бассейна реки Есиль. №3, С. 170-181.

*Досбергенов С.Н.* Засоленность почв под лесомелиоративными защитными насаждениями саксаула на осушенном дне Аральского моря. №1, С. 100-116.

*Досбергенов С.Н.* Защищенность грунтовых вод территории месторождений Кара-Арна и восточная Кокарна при нефтехимическом загрязнении. №2, С. 149-162.

*Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдывалиева К.С.* Геоэкологическая оценка трансформации концентрации загрязняющих веществ в водах низовья реки Сырдарьи. №1, С. 160-169.

**Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А.** Методологическое обоснование экологических услуг природной системы и антропогенной деятельности гидроагроландшафтных систем бассейна трансграничной реки Талас. №3, С. 116-127.

**Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Турсынбаев Н.А.** Оценка биоклиматического потенциала водосбора бассейна трансграничной реки Талас при комплексном обустройстве. №2, С. 163-175.

**Ни А.А., Курбаниязов А.К., Нурғалиева Г.Ж.** Палеосток рек Аральского бассейна (на примере р. Малый Нарын в период максимального оледенения в неоплейстоцене). №1, С. 170-176.

**Нургизаринов А.М., Жунисов А.Т., Назаров Е.А., Шарипова А.Ж.** Экологические основы повышения биологического плодородия орошаемых почв в низовье реки Сырдарья. №1, С. 124-134.

**Нысанбаева Г.Р., Кудайбергенов К.К., Турешова Г.О., Онгарбаев Е.К., Мансуров З.А.** Применение термографенита для ликвидации разливов нефти. №4, С. 122-134.

**Озгелдинова Ж.О., Джаналеева К.М., Мукаев Ж.Т., Оспан Г.Т.** Природные факторы формирования и развития геосистем бассейна реки Сарысу. №3, С. 154-169.

**Озгелдинова Ж.О., Джаналеева К.М., Мукаев Ж.Т., Оспан Г.Т.** Содержания и пространственное распределение тяжелых металлов в почвах бассейна реки Кенгир. №4, С. 98-108.

**Салихов Т.К.** Геоморфологические особенности проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области. №1, С. 151-159.

**Салихов Т.К., Салихова Т.С.** Геологическая и гидрологическая оценка территории проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области. №3, С. 146-153.

**Салихов Т.К., Салихова Т.С.** Рекомендуемая категория проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда»: предлагаемые границы, режимы охраны, использование и предложения по функциональному зонированию территории. №2, С. 176-190.

**Салихов Т.К., Салихова Т.С.** Уникальные и значимые растительные сообщества проектируемого государственного природного резервата «Бокейорда» Западно-Казахстанской области. №1, С. 135-143.

**Сапаров Қ.Т., Егорина А.В., Женсикбаева Н.Ж.** Оңтүстік Алтайдың биоклиматын рекреациялық бағалау. №4, С. 108-121.

*Томина Т.К.* Засоленность, химизм и трансформация состава почв и рекультивированных грунтов на нефтяном месторождении. №2, С. 135-148.

*Томина Т.К.* Содержание тяжелых металлов в техногрунте рекультивированных участков на нефтяном месторождении. №1, С. 90-99.

*Томина Т.К.* Трансформация состава почвенно-поглощающего комплекса грунтов рекультивированных участков на нефтяном месторождении. №3, С. 135-145.

*Умаров Е.К., Курбаниязов А.К.* Анализ и оценка природных ресурсов Приаральского региона. №1, С. 144-150.

*Хамитова К.К., Курбанова А.Б.* Влияние деятельности хлопковой промышленности на почвенный покров. №1, С. 117-123.

*Худоназаров А.С.* Влияние лесоразведения на водную среду. №1, С. 177-185.

*Чодураев Т.М., Шахин С.* Современное состояние орошаемых пашен Чуйской долины. №3, С. 128-134.

*Шарипова О.А.* Оценка современного состояния водоемов Карагандинской области по гидрохимическим показателям. №4, С. 75-81.

*Шарипова О.А.* Современный гидрохимический режим озерных систем нижней дельты реки Иле. №2, С. 126-134.

#### **КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

*Нарбаева К.Т.* Методика определения речного стока в Казахской части бассейна реки Иле. №2, С. 191-195.

#### **ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ**

*Турсунов Э.А., Кайырбай А.Е., Медибеков Б.* Актуальность проведения инженерных работ по искусственному управлению русловыми процессами на р. Каратал и перспективы восстановления судоходства. №3, С. 182-189.

*Шмидт М.Э., Худякова Т.В., Бейсембаева А., Нурғалиева Т., Криво-ручко Т.И., Ильясов Я.З., Васенина Е.И., Муқанов Е.* Стихийные гидрометеорологические явления на территории Республики Казахстан в 2016 году. №4, С. 149-179.

#### **ХРОНИКА**

*Бурлибаев М.Ж.* (медаль «ЕСО Award 2017»). №3, С. 190.

*Мазур Л.П.* (к 80-летию со дня рождения). №1, С. 180-189.

Памяти *Е.Н. Вилесова* (1932...2017). №4, С. 186-187.



Памяти метеорологов Казахстана, участников Великой Отечественной  
Войны. №2, С. 196-202.

Памяти **П.Ж. Кожаметова** (1956...2017). №4, С. 180-182.

Памяти **Р.И. Гальперина** (1934...2017). №4, С. 183-185.

Памяти **Р.Ю. Вальнера** (1923...2017). №4, С. 188-190.

**Сарсенбаев М.Х.** (к 70-летию со дня рождения). №1, С. 190-191.

## 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.

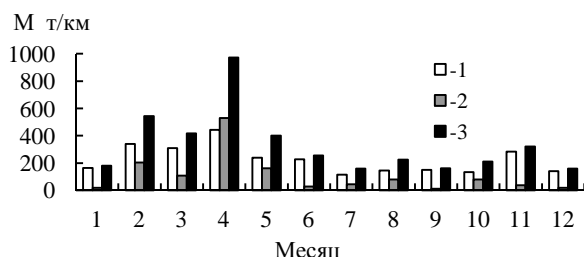


Рис. 3. Средний многолетний годовой ход объемов ветрового переноса песка.  
1 – песчаный поземок, 2 – песчаная буря, 3 – оба явления.

**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	$\bar{M}$ , 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 строку (см. пример).

$$f(x) = \frac{0,434}{\sigma_{\lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{\lg x}^2} \right], \quad (1)$$

где  $x$  – размер песчинок;  $x_0$  – их средний геометрический размер;  $\sigma_{\lg x}$  – среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц.

**Список литературы** оформляются в соответствии с ГОСТ 7.5-98. В качестве примера приводятся наиболее распространенных описания – статьи, книги, материалы конференций, патенты и электронные ресурсы удаленного доступа.

**Статья из периодического издания:**

Аксартов Р.М., Айзиков М.И., Расулова С.А. Метод количественного определения леукомизина // Вестн. КазНУ. Сер. хим – 2003. – Т. 1. № 8. – С. 40-41

**Книга:**

Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гипополипидемическая активность леуомизина. – Алматы: Бастау, 2007. – С. 35-37

**Публикация из материалов конференций (семинара, симпозиума), сборников трудов:**

Абимкульдина С.Т., Сыдыкова Г.Е., Оразбаева Л.А. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. междунар. конф., Вена, Австрия, 2009. – Алматы, 2010. – С. 10-13

**Электронный ресурс:**

Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс]. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (дата обращения: 12.03.2009).

**При оформлении пристатейной литературы приводить полный перечень авторов издания (без др.).**

Ссылки на литературу приводятся в квадратных скобках – [ ].

Все сокращения выполняются в соответствии с ГОСТом и словарем сокращений.

На отдельном листе в редакцию высылаются сведения об авторе (авторах) с указанием фамилии, имени, отчества (полностью), домашнего и служебного адресов и телефонов, адреса электронной почты, точного названия учреждения, в котором была выполнена работа, ученой степени автора.

Статьи, выполненные коллективом авторов, должны быть подписаны всеми авторами.

Редакция сохраняет за собой право отклонять рукописи и делать необходимые редакционные исправления, дополнения и сокращения в принятых рукописях. Статья может быть возвращена автору на доработку. В отдельных случаях по просьбе редакции предоставляются рецензии на статью.

С импакт-фактором журнала можно ознакомиться на сайте [auka.kz](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.**

**Авторам, подаваемым статьи в наш журнал, необходимо заполнить таблицу, приведенную ниже**

### Сведения о статье

(заполняется на каждую статью журнала)

№	Сведения (статья)	
1	УДК	
2	Ф.И.О. авторов на рус., каз., англ. языке	
3	Место работы автора на рус., каз., англ. языке	
4	Название статьи на рус., каз., англ. языке	
5	Ключевые слова на рус., каз., англ. языке	
6	Резюме на рус., каз., англ. языке	
7	Список литературы	