

*Қазақстан Республикасының  
қоршаған ортаны қорғау Ми-  
нистрлігі*

*Министерство охраны  
окружающей среды  
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  
2007

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Т.М. Зейнуллин, канд. эконом. наук

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

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

### *Ответственный секретарь*

О.С. Галаева

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

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

Переводы на казахский язык:

А.У. Ортбаева (секретарь);

Г.Т. Сулейменова

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

№ 4 (47)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство

№ 1538 от 14 марта 1995 г.

---

<i>Адрес редакции:</i>	050022, Алматы, пр. Абая, д. 32, к. 413
<i>Телефон:</i>	(7272) 55-84-06
<i>E-mail:</i>	caspian_almaty@mail.ru <a href="http://www.meteo.kz">http://www.meteo.kz</a>

---

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 ОО «Школа XXI».

050011, г. Алматы, ул. Р. Зорге, 18. Тел.: (327) 234-05-74; 234-09-43

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>О.Е. Семенов</b>	
О расходе массы песка при песчаных бурях на осушенной части дна Арала. ....	7
<b>А.В. Чередниченко</b>	
Динамика и внутренняя структура месячных величин общего содержания озона над Казахстаном. ....	23
<b>С.Г. Сафаров</b>	
Изменение температурного режима на территории Азербайджана.	37
<b>В.В. Голубцов, Б.Б. Айтымова, А.Т. Калибаева, А.А. Белгожаева</b>	
Уточненная оценка влияния на сток сельскохозяйственного освоения водосборов основных рек северной части Тобол-Торгайского водохозяйственного бассейна. ....	47
<b>Г.И. Бисенгалиева</b>	
К оценке интенсивности таяния ледников по данным гидрометеорологических наблюдений. ....	58
<b>С.М. Романова</b>	
Характеристика гидрохимического режима канала Ертіс-Караганда. Сообщение 2. Органические и биогенные вещества, нефтепродукты в воде. ....	63
<b>М.Ж. Бурлибаев</b>	
О статистических методах в предсказаниях природных процессов в речной экосистеме. ....	74
<b>Г.С. Шалабаева</b>	
Сырдария алабының (қазақстандық бөлігі) гидрохимиялық зерттелу жағдайы. ....	85
<b>М.Ж. Бурлибаев</b>	
Методы определения степени влияния и взаимовлияния условий на процессы и явления в речной экосистеме. ....	95
<b>Н.Н. Балгабаев</b>	
Биоклиматтық коэффициенттер арқылы өсімдіктің суармалау нормасы мен жинақты су тұтынуын болжау. ....	115
<b>Т.К. Томина, А.Т. Базарбаев</b>	
Загрязнение почв нефтепродуктами на месторождении Жетыбай. .	121
<b>Ж.А. Акимжанов</b>	
Экологическая оценка природно-хозяйственных систем Атырауской области. ....	131

<b>Т.К. Томина</b>	
Загрязнение окружающей среды на месторождении Каражанбас. .	138
<b>Г.С. Жақсыбаева</b>	
Фосфор өндіріс қалдықтарын нормативтен жоғары орналастыруының экологиялық шығынын есептеу. . . . .	149
<b>Г.С. Жақсыбаева, З.Ж. Сакиева, Р.Ә. Қазова</b>	
Фторапатитөкварцкальций силикаты жүйесін диаграммалық талдау негізіндезерттеу. . . . .	154
<b>Л.К. Калитова</b>	
Гидрогеологические условия распространения коллекторов для захоронения промышленных стоков в недра Западного Казахстана. . .	159
<b>ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ</b>	
<b>З.И. Фатеева, И.Н. Тумакина, А.М. Дарбекова, Т.Л. Жданова, Т.И. Криворучко, В.В. Жданов, Л.М. Соколова, Е.И. Васенина, Е.В. Малей, С.Л. Аманкулова</b>	
Стихийные гидрометеорологические явления на территории Республики Казахстан в 2006 г. . . . .	169
<b>П.К. Шынгисова, Т.Г. Царева</b>	
О состоянии окружающей среды Республики Казахстан в 2007 г. .	187
<b>ХРОНИКА</b>	
Памяти К.Ш. Фаизова (1927 – 2006). . . . .	198
Указатель статей, опубликованных в журнале в 2007 г.	200

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>O.E. Semenov</b> About sand mass discharge by sand storms on the dry part of the Aral Sea bottom. . . . .	7
<b>A.V. Cherednichenko</b> Dynamics and internal structure of monthly values of the total ozone above Kazakhstan's territory. . . . .	23
<b>S.G. Safarov</b> Change of the temperature regime at the territory of Azerbaijan. . . . .	37
<b>V.V. Golubtsov, B.B. Aitymova, A.T. Kalibayeva, A.A. Belgozhayeva</b> Refined estimation of influence of an agricultural developing of main rivers' basins of the Tobol-Torgaiskiy hydroeconomic basin north part to runoff. . . . .	46
<b>G.N. Bissengaliyeva</b> To estimation of glaciers' ablation intensity with hydrometric observation. . . . .	58
<b>S.M. Romanova</b> Characteristic of the Ertis – Karaganda channel hydrochemical regime. Message 2. Organic and biogenic of substance, petroleum into water. . . . .	63
<b>M.ZH. Burlibayev</b> About statistical methods in predict of a natural processes in a river ecosystem. . . . .	74
<b>G.S. SHalabayeva</b> Hydrochemical regime of the Syrdarya River basin (Kazakhstan's party). . . . .	85
<b>M.ZH. Burlibayev</b> Methods of a definition of degree of influence and interference of the conditions to processes and phenomena in river's ecosystem. . . . .	95
<b>N.N. Balgabayev</b> Forecasting of a total water consumption and irrigational norm for the plants by means of the bioclimatic factors. . . . .	115
<b>T.K. Tomina, A.T. Bazarbayev</b> Soil pollution by petroleum at the deposit Zhetybai. . . . .	121
<b>ZH.A. Akimzhanov</b> Ecological estimation of nature-economic systems at the Atyray Area. . . . .	131

<b>T.K. Tomina</b>	
Environment pollution at the Karazhanbas Deposit. ....	138
<b>G.S. ZHaksybayeva</b>	
Calculation of ecological damage from above permitted standard of a phosphoric production waste placing. ....	149
<b>G.S. ZHaksybayeva, Z. Sakiyeva, R.A. Kazova</b>	
Research of the fluorine-apatite-quartz-silicate calcium system on the diagrammatic analysis basis. ....	154
<b>L.K. Kalitova</b>	
Hydro-geological conditions of reservoirs extension for industrial sewage land disposal in West Kazakhstan. ....	159
<b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b>	
<b>Z.I. Fateeva, I.N. Tumakina, A.M. Darbekova,</b>	
<b>T.L. ZHdanova, T.I. Krivoruchko, V.V. ZHdanov,</b>	
<b>L.M. Sokolova, E.I. Vassennina, E.V. Maley,</b>	
<b>S.L. Amankulova</b>	
The spontaneous hydrometeorological phenomena at the territory of the Republic of Kazakhstan in 2006. ....	169
<b>P.K. SHingisova, T.G. TSareva</b>	
About environment of the Republic of Kazakhstan in 2007. ....	187
<b>CHRONICLE</b>	
K.SH. Faizov's memories (1927 – 2006). ....	198
Articles' List Published in "Hydrometeorology and Ecology" Magazine, 2007.	200

УДК 551.515.3 (262.83)

**О РАСХОДЕ МАССЫ ПЕСКА ПРИ ПЕСЧАНЫХ БУРЯХ НА  
ОСУШЕННОЙ ЧАСТИ ДНА АРАЛА**

Канд. физ.-мат. наук О.Е. Семенов

*Анализируются результаты измерений профилей твердого расхода песка в приземном слое атмосферы при бурях. Дается в вероятностном виде зависимость общего расхода песка в этом слое от аналога безразмерного числа Фруда  $Fr_* = u_*^2 / (g \cdot x_0)$ , где  $u_*$  – динамическая скорость,  $g$  – ускорение свободного падения,  $x_0$  – средний геометрический размер частиц песка на поверхности.*

$$Q_{z5\%} = 7,78 \cdot 10^{-7} [u_*^2 / (g \cdot x_0)]^2; \quad Q_{z16\%} = 3,82 \cdot 10^{-7} [u_*^2 / (g \cdot x_0)]^2;$$

$$Q_{z50\%} = 2 \cdot 10^{-7} [u_*^2 / (g \cdot x_0)]^2; \quad Q_{z84\%} = 3,02 \cdot 10^{-8} [u_*^2 / (g \cdot x_0)]^{2,28};$$

$$Q_{z95\%} = 7,94 \cdot 10^{-9} [u_*^2 / (g \cdot x_0)]^{2,42}.$$

*Для климатических расчетов переноса масс песка при бурях рекомендуется зависимость 50-ти процентной обеспеченности.*

Песчаные (пыльные) бури являются результатом взаимодействия большого числа параметров, которые можно разделить на две группы, характеризующие, соответственно, состояние приземного слоя атмосферы и поверхностного слоя почвы. Дисперсный состав частиц определяет критическое значение скорости ветра и влажности песка, при достижении которых возможно перемещение частиц твёрдой фазы в воздушном потоке. От него зависит переносимая ветром масса песка и другие характеристики ветропесчаного потока. Поэтому изучение пыльных, песчаных и солевых бурь невозможно без углубленных знаний о закономерностях распределений частиц твёрдой фазы по размерам.

Проведенные исследования дисперсного состава песчаных массивов Казахстана показали, что в подавляющем числе случаев распределение частиц песка по размерам у подвижных и полужакрепленных песков аппроксимируется логарифмически нормальным распределением с плотностью

$$f(x) = \frac{0,434}{\sigma_{\lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{\lg x}^2} \right], \quad (1)$$

где  $x$  – размер частиц,  $x_0$  – средний геометрический размер песчинок,  $\sigma_{\lg x}$  – среднее квадратическое отклонение  $\lg x$  (стандартное геометрическое отклонение). Это распределение полностью описывается всего лишь двумя параметрами,  $x_0$  и  $\sigma_{\lg x}$ . Средний геометрический размер песка  $x_0$  определяется на графике интегральной кривой распределения размером частиц 50 % вероятности  $x_0 = x_{50\%}$ . Стандартное геометрическое отклонение  $\sigma_{\lg x}$  рассчитывается по величине частиц 5 % и 95 % вероятности

$$\sigma_{\lg x} = 0,304 \cdot \lg \frac{x_{95\%}}{x_{5\%}}. \quad (2)$$

В пустынях Казахстана на подвижном песке эолового происхождения  $x_0$  изменяется преимущественно в интервале от 90 до 170 мкм,  $\sigma_{\lg x}$  – от 0,10 до 0,15, но есть немногочисленные массивы и с более крупными частицами. Сравнительно редко встречаются подвижные пески с нормальной (Гауссовой) функцией распределения частиц по размерам. У закрепленных песков дисперсный состав аппроксимируется логарифмически нормальной функцией распределения по размерам, но  $\sigma_{\lg x}$  у них достигает уже 0,2...0,3, т.е. вдвое больше чем у подвижных песков. У них часто наблюдается небольшая положительная асимметрия в концевой части распределения [1, 4, 7].

На осушенном дне Аральского моря наиболее крупный песок приурочен к бывшим островам и прибрежным отмелям, где  $x_0$  достигает здесь 200...390 мкм, а  $\sigma_{\lg x}$  возрастает до 0,17...0,27. Новые песчаные массивы, образовавшиеся в результате эоловой переработки донных отложений Арала, сложены из очень мелкого песка со средним геометрическим размером 80...120 мкм и  $\sigma_{\lg x}$  менее 0,15. Именно они являлись очагами развития песчано-солевых бурь и источниками аэрозоля, выносимого ветром за их пределы в прошлом столетии [4].

При дальнейшем снижении уровня воды в водоеме к осушенным песчаным и супесчаным грунтам присоединились поверхности, состоящие из алевритовых осадочных пород. Поведение такого мелкого аэрозоля в



районе Арала совершенно не изучено. Неизвестен его элементный и ионный состав, содержание в атмосферных потоках, влияние на рассеяние и изменение спектрального состава солнечного излучения и на радиационный баланс. Известно только, что алевриты состоят преимущественно из минеральных зерен (кварц, полевой шпат, слюда и др.) размером 0,005...0,1 мм (5...100 мкм), но детальная информация о функции распределения их частиц по размерам отсутствует.

Алевритовые породы должны так же легко подвергаться выдуванию, как и песчаные, так как они содержат в своем составе те же наиболее легко перемещаемые ветром частицы размером 70...100 мкм. Наличие в них более мелких частиц размером 5...50 мкм приводит к формированию более длинных шлейфов выносов аэрозолей из-за большей продолжительности жизни этих частиц в атмосфере.

Основным параметром полидисперсного песка, определяющим физические процессы его взаимодействия с воздушным потоком, является средний геометрический размер частиц  $x_0$ . Влияние дисперсии распределения сказывается на том, что реальные процессы ветрового переноса частиц твердой фазы (почвы, песка, солей) имеют не детерминированный, а статистический характер. Поэтому получаемые экспериментальные зависимости также имеют довольно значительные дисперсии и требуют вероятностного подхода к их описанию.

Многолетние градиентные исследования во время бурь выполнялись автором на метеорологических мачтах над подвижным песком 15 экспедициями, которые работали в Южном Прибалхашье и на осушенном дне Аральского моря (рис. 1). Измерения проведены над песками различной крупности, как над ровными спланированными поверхностями, так и в условиях сложного рельефа – над барханами высотой от 0,5 до 1,5 м. Средний геометрический размер частиц песка  $x_0$  в различные годы в местах проведения экспедиций изменялся от 78 до 270 мкм,  $\sigma_{lgx}$  – от 0,09 до 0,15.

На 16-метровых метеорологических мачтах на высотах 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 9 и 16 м проводились измерения средней за 10 минут скорости ветра импульсными анемометрами. На этих же уровнях измерялась переносимая ветром масса песка уловителями Семенова (рис. 2), конструкция которых позволяет применять их для градиентных исследований на мачтах. Случайные погрешности измерения уловленной пескоуловителями массы песка во время бурь на уровне 0,25 м с вероятностью  $p = 0,84$  не превышали

15 %, с  $p = 0,95$  были меньше 20 % и с  $p = 0,99$  – менее 25 %, среднее значение погрешности  $\varepsilon_{50\%} = 9,3$  %. На высотах 9 и 16 метров случайные погрешности измерений оказались значительно меньше, чем около поверхности песка. На уровне 9 метров –  $\varepsilon_{50\%} = 5$  %, а на высоте 16 метров –  $\varepsilon_{50\%} = 3,8$  %. Это указывает на лучшую однородность потока частиц на больших высотах вследствие их турбулентного перемешивания. Исследования процесса улавливания частиц в аэродинамической трубе позволили определить значения систематических погрешностей пескоуловителей, которые лежат в зависимости от скорости потока в интервале 0,6...2 % [8].



*Рис. 1. Передвижная метеорологическая станция с градиентным шестнадцатиметровыми мачтами на осушенном дне Арала.*



*Рис. 2. Пескоуловитель для градиентных измерений переноса массы песка на метеорологических мачтах.*

Рассмотрим результаты исследований ветрового переноса массы песка в приземном слое атмосферы высотой  $h$ , полученные экспедициями. Ранее мы изучали эту проблему на меньшем объеме измерений 6-ти экспедиций в Приарале и ограничивали определение массы песка в слое переноса 16-ю метрами [4]. На рис. 3 и 4 приведены результаты измерений твердого расхода массы песка  $q(z)$ , полученные при различных скоростях ветра и над песками различной крупности. Твердым расходом (следуя работе [5]) будем называть массу частиц твердой фазы (песок, соли, пыль), переносимую в единицу времени через единичную площадь сечения потока. Размерность твердого расхода  $M \cdot L^{-2} \cdot T^{-1}$  единица твердого расхода в СИ –  $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$ . Твердый расход связан с массовой концентрацией зависимостью

$$q_z = c_z u_p, \quad (3)$$

Здесь  $q_z$  – твердый расход песка на высоте,  $z$ ;  $c_z$  – массовая концентрация на той же высоте;  $u_p$  – скорость частиц твердой фазы в воздушном потоке. Размерность массовой концентрации  $M \cdot L^{-3}$ , единица в СИ –  $кг \cdot м^{-3}$ . Чаще для измерений массовой концентрации используют производные единицы –  $мг \cdot м^{-3}$  или  $мкг \cdot м^{-3}$ . Более удобной величиной при определении масс песка или других аэрозолей, перемещаемых воздушными потоками, является твердый расход.

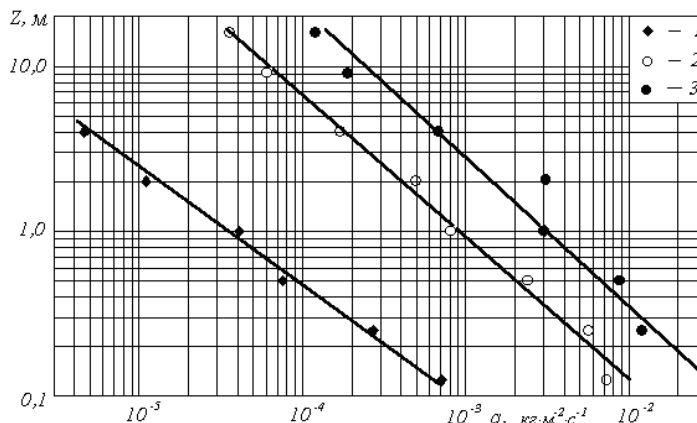


Рис. 3. Профили твердого расхода во время бурь различной интенсивности над песчаной поверхностью с  $x_0 = 100 \dots 120$  мкм и  $\sigma_{lg x} = 0,12$ ; 1 –  $u_* = 0,40$  м/с; 2 –  $u_* = 0,60$  м/с; 3 –  $u_* = 0,74$  м/с.

Измеренные во время бурь профили твердого расхода массы песка аппроксимируются степенной функцией вида

$$q(z) = q_1 (z / z_1)^{-\alpha}, \quad (4)$$

где  $q_1$  – твердый расход массы песка на высоте  $z_1$ ;  $\alpha$  – показатель степени профиля, определяющий наклон линии зависимости  $q(z)$  в координатах  $\lg z$  и  $\lg q$ .

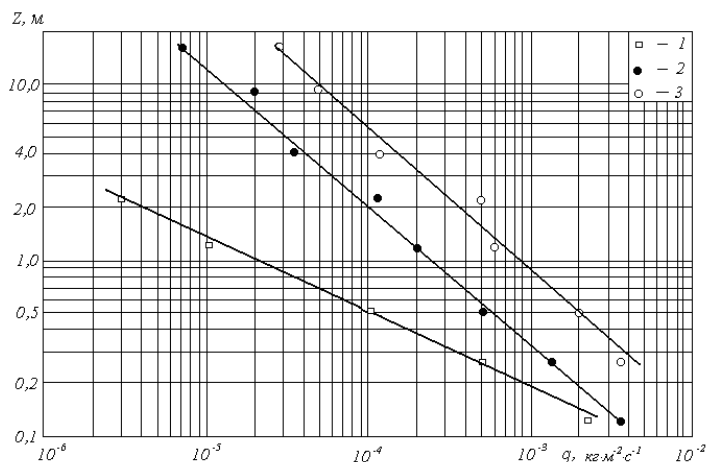


Рис. 4. Профили твердого расхода песка во время бурь над песками различной крупности при одинаковой динамической скорости потока  $u_* = 0,4$  м/с. Значения  $x_0$ : 1 – 220 мкм, 2 – 100 мкм, 3 – 78 мкм.

Отклонение экспериментальной точки на высоте два метра на крайнем правом профиле твердого расхода песка (рис. 3) весьма типично при больших скоростях ветра. Оно вызвано попаданием струи песка с гребня ближайшего бархана, которая не успевает рассеиваться в турбулентном потоке на этом расстоянии. Такие отклонения в профиле твердого расхода могут наблюдаться в интервале высот от 0,5 до 4 м в зависимости от высоты бархана, его расстояния от мачты с приборами и скорости ветра. Чаще всего эти погрешности измерений отмечаются на одном уровне, реже – на двух.

Рис. 4 иллюстрирует влияние размеров частиц песка на высоту их переноса. Все три профиля расхода песка получены при одинаковой динамической скорости потока  $u_* = 0,40$  м/с над песчаными поверхностями с различным размером частиц. Измерения выполнены в условиях слабых песчаных бурь. Хорошо видно, что над крупным песком перенос идет в основном ниже двух метров ( $q_2 = 4 \cdot 10^{-6}$  кг·м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>), тогда как над мелким песком аналогичные расходы массы наблюдаются на высотах 20...30 м. Измерения профилей расхода песка над песчаными поверхностями с различным размером частиц в условиях бурь различной интенсивности, позволили определить зависимость показателя степени  $\alpha$  в формуле (4).

Оказалось, что он является линейной функцией отношения гидродинамической крупности частиц среднего геометрического размера  $\omega_g$  (скорости их свободного падения) к динамической скорости потока  $u_*$

$$\alpha = 0,57 \cdot \omega_g / u_* . \quad (5)$$

Полученный результат качественно подтвердил предсказанный теоретически Г.И. Баренблаттом и Г.С Голицыным вид зависимости  $\alpha = f(\omega_g / u_*)$  [2, 15]. Таким образом, профили твердого расхода массы песка во время песчаных бурь можно описать в приземном слое атмосферы формулой

$$q(z) = q_1 \left( \frac{z}{z_1} \right)^{-0,57 \frac{\omega_g}{u_*}} , \quad (6)$$

где  $\omega_g$  определялась нами для среднего геометрического размера частиц песка на поверхности  $x_0$ . Это избавило нас от неопределенности выбора  $\omega_g$  в связи с изменением дисперсного состава песка с высотой переноса [4].

Другой важной характеристикой ветропесчаного потока является общий расход  $Q_z$ . Им называется масса частиц твердой фазы, переносимая в единицу времени через нормально ориентированную относительно потока поверхность, ограниченную полосой фронта переноса шириной 1 м и высотой  $z$ . Общий расход рассчитывается путем интегрирования профилей твердого расхода по высоте переноса  $z$

$$Q_z = \int_0^z q(z) dz . \quad (7)$$

Размерность общего расхода –  $M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$ , единица в СИ –  $кг \cdot м^{-1} \cdot с^{-1}$ . Величина  $Q_z$  называется полным расходом двухфазного потока, если верхняя граница интегрирования в равенстве (7) равна максимальной высоте подъема частиц твердой фазы воздушным потоком. Интегрирование по формуле (7) встречает большие трудности вследствие неопределенности вида функции  $q(z)$  в тонком приповерхностном (пограничном) слое ветропесчаного потока.

Для мелкого песка ( $x_0 < 120$  мкм) интеграл (7) был представлен в виде суммы двух интегралов  $Q_z = \int_0^{z_1} q_z dz + \int_{z_1}^h q_z dz$ . Первый из них учитывает общий расход в пограничном слое ветропесчаного потока, второй – в при-

земном слое атмосферы высотой  $h$ . Высота приземного слоя атмосферы  $h$  зависит от скорости ветра и изменяется при бурях в пределах от двух – трех десятков до 150 метров. Подынтегральная функция первого интеграла была принята не меняющейся с высотой переноса песка и равной твердому расходу песка на высоте  $z_1 = 1$  см. Второй интеграл вычислялся от  $z_1$  до  $h$  с использованием подынтегральной функции вида  $q(z) = q_1(z/z_1)^{-\alpha}$ .

Расчеты общего расхода песка по этой схеме в слое переноса 0...5 см дали хорошую сходимость с его экспериментальными измерениями на песке с  $x_0 = 90$  мкм и  $\sigma_{lgx} = 0,11$ .

Поэтому этот метод интегрирования затем был использован при определении  $Q_z$  по результатам измерений твердого расхода мелкого песка на осушенной части дна Арала.

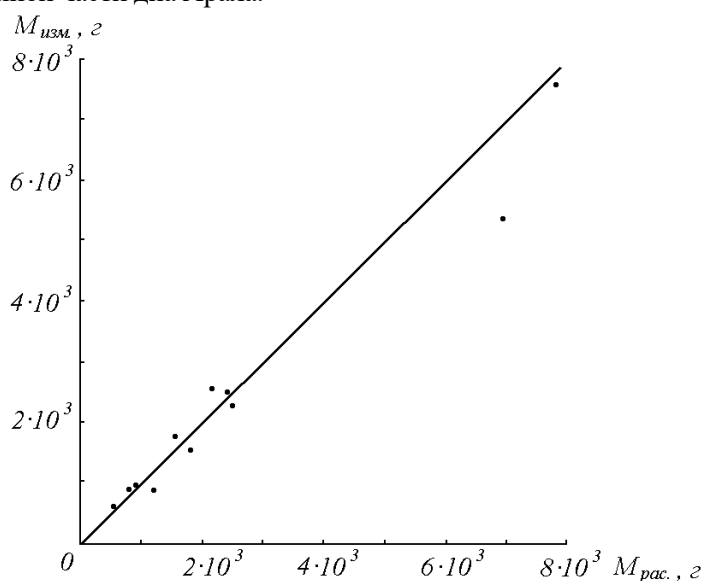


Рис. 5. Сравнение рассчитанной  $M_{рас}$  и измеренной  $M_{изм}$  масс песка, переносимых в слое 0...5 см.

На крупном песке с  $x_0 > 200$  мкм такая схема интегрирования себя не оправдала. Результаты вычисления общего расхода  $Q_z$  оказываются сильно завышенными. Очевидно, в предложенной схеме не учитывается отставание летящих крупных частиц песка от потока воздуха, что приводит к завышенным результатам. Для корректного интегрирования профиля твердого расхода над крупным песком необходимы исследования кинема-

тики и динамики пограничного слоя ветропесчаного потока, чтобы получить его аналитическое описание.

Масса песка  $M$  в кг/м (или т/км), перенесенного ветром за все время пыльной бури через полосу фронта переноса шириной 1 м и высотой  $z$ , может быть получена путем интегрирования по времени  $t$  общего (или полного расхода)

$$M = \int_0^{\tau} Q_z(t) dt, \quad (8)$$

где  $Q_z(t)$  – функция изменения общего (полного) расхода во времени;  $t$  – продолжительность бури, с.

Результаты наших исследований профилей твердого и общего расхода песка показали на ошибочность широко распространенного мнения о том, что при песчаных бурях достаточно измерять  $Q_z$  только в слое высотой до 0,5 или 1 м. Оказалось, что только при слабых явлениях переноса над мелким песком  $Q_z$  в слое 0...10 м сравнительно незначительно превышает  $Q_z$  в слое 0...1 м, (различие достигает 3...5 %). Но при бурях средней и большой интенсивности, когда  $\alpha$  в формуле (6) становится менее 1,5, систематические ошибки в определении  $Q_z$  достигают уже 10...30 % при ограничении высоты интегрирования одним метром. При очень сильных бурях ( $\alpha \leq 1$ ) интегрирование по высоте даже до 10 м недостаточно и его необходимо продолжать до верхней границы переноса, которой, как показано в работе украинских метеорологов, чаще всего является слой инверсии температуры вблизи границы планетарного пограничного слоя атмосферы [3]. При вычислении  $Q_z$  верхней границей интегрирования у нас была принята верхняя граница приземного слоя атмосферы. Она определялась по формуле

$$h = 0,05 k_1 / (z_1 f), \quad (9)$$

где  $k_1$  – коэффициент турбулентности на уровне  $z_1 = 1$  м;  $f$  – параметр Кориолиса.

Наибольший научный и практический интерес представляет оценка масс частиц, переносимых в различных слоях приземного и планетарного пограничного слоев атмосферы на выходе ветропесчаного потока из источника выноса. В статье автора такие оценки были сделаны для сильной песчаной бури при скоростях ветра 18...20 м/с над песчаным массивом с  $x_0 = 120$  мкм [9]. Ниже приводятся полученные расходы массы пес-

ка в различных слоях ветропесчаного потока  $Q_{z_1} - Q_{z_2}$ , нормированные на значения полного расхода в 1000-и метровом слое переноса  $Q_{z=1000}$ .

$z_1 - z_2, \text{ м}$	0...10	10...50	50...100	100...200	200...400	400...600	600...800	800...1000
$\frac{Q_{z_1} - Q_{z_2}}{Q_{z=1000}}$	0,808	0,082	0,0298	0,027	0,0246	0,0133	0,009	0,007

Хорошо видно, что наибольшая масса песка переносится в нижней части приземного слоя атмосферы – до 81 % её содержится в слое 0...10 м. Во всей толще приземного слоя, мощность которого достигала во время бури около 150 м, перемещается до 94 % массы песка. На остальную часть пограничного слоя атмосферы приходится 6 % массы песка. Становится ясно, что в дальнем переносе участвует не более 5...6 % от всей перемещаемой ветром массы песка. При более слабых по интенсивности бурях, по сравнению с рассмотренной, доля частиц, участвующих в дальнем переносе, будет ещё меньше [9]. Эти оценки опровергают сложившееся среди многих исследователей пустынь мнение, что достаточно исследовать при ветровом переносе песка только нижний метровый слой ветропесчаного потока. Такие измерения позволительно делать только над крупным песком со средним геометрическим размером свыше 170...180 мкм.

При исследовании общего расхода песка наибольший интерес и практическую значимость имеет поиск его зависимости от скорости ветра и размеров частиц песка. По-видимому, первая попытка получить зависимость  $Q_z$  от аналога числа Фруда  $Fr_* = u_*^2 / (g \cdot x_0)$ , в котором скорость потока  $u$  была заменена динамической скоростью  $u_*$  (или скоростью трения, как её называют западные исследователи), принадлежит Хсу [16]. Он обобщил имевшиеся к тому времени немногочисленные измерения  $Q_z$  над песчаными поверхностями во время бурь и попытался представить их в виде степенной зависимости третьей степени

$$Q_z = k \cdot \left( \frac{u_*}{\sqrt{g \cdot d}} \right)^3,$$

где  $k$  – размерный коэффициент пропорциональности,  $d$  – размер частиц. У разных авторов, чьи материалы измерений использовал Хсу,  $k$  оказался различным. Это указывает на то, что или учет зависимости  $Q_z$  от  $d^{-3/2}$  неверен, или зависимость носит не детерминированный, а стохастический характер.



Большинство же рассмотренных Хсу зависимостей  $Q_z = f(Fr_*)$  представлены в его статье на рисунках в виде идеальных детерминированных. Однако в работе Д. Свасека и Д. Тервиндта, на значительном экспериментальном материале измерений переноса песка, был показан статистический характер зависимости  $Q_z = f(u_*)$  [17]. Статистический характер связи объясняется турбулентной структурой потока, полидисперсностью частиц песка, многообразием других природных факторов и их вариацией в атмосфере и поверхностном слое грунта, которые оказывают влияние на интенсивность переноса массы песка. Наиболее важным для северных пустынь, по нашему мнению, является влияние увлажнения верхнего слоя песчаного грунта на интенсивность ветрового переноса его массы [10]. При поиске зависимости обычно используется всего лишь 2...3 параметра, которые не могут описать всё влияние на процесс переноса песка природных факторов, что и приводит к большому их статистическому разбросу.

Первое обобщение наших измерений общего расхода песка экспедициями 1980...1986 гг. при бурях на Арале подтвердило стохастический вид зависимости  $Q_z = F(u_*^2 / (g \cdot x_0))$  [4]. Тогда нами была найдена зависимость среднего значения  $\bar{Q}_z$  50-ти процентной обеспеченности от числа  $Fr_*$  в слое 0...16 м и дополнена вероятностным описанием возможных отклонений от математического ожидания

$$\bar{Q}_z = 1,8 \cdot 10^{-7} [u_*^2 / (gx_0)]^2. \quad (10)$$

Зависимость общего расхода песка 5 % вероятности имела вид

$$Q_{5\%} = 7,5 \cdot 10^{-7} [u_*^2 / (gx_0)]^2, \quad (11)$$

а 95 % вероятности

$$Q_{95\%} = 3,6 \cdot 10^{-8} [u_*^2 / (gx_0)]^2. \quad (12)$$

Формула 50-ти процентной обеспеченности была рекомендована для климатических исследований переноса масс песка песчаными бурями. На основе (10) выполнена оценка выносимых ветром масс песка и солей с осушенной части дна Арала [4].

Накопление новых результатов измерений при бурях экспедициями 1988...2002 гг., увеличение высоты интегрирования профилей твердого расхода песка до верхней границы приземного слоя атмосферы  $h$  позволило нам вновь вернуться к получению более точной зависимости  $\bar{Q}_z = f(Fr_*)$ . На рис. 6 приведена новая полученная зависимость для об-

щего расхода песка. Данные рис. 6, полученные при отличающихся погодных условиях в различных частях осушившегося дна моря в разные сезоны и годы, достаточно полно отображают то природное многообразие ситуаций, при которых происходит ветровой перенос песка. Очевидно, что измерения  $Q_z$  представляют статистический ансамбль. И рис. 6 подтверждает наличие статистической, а не детерминированной зависимости  $Q_z$  от динамического числа Фруда, так как одному значению параметра (числу  $Fr_*$ ) соответствует большое количество значений функции  $Q_z$ . Поэтому, необходимо было найти зависимость  $\overline{Q_z}$  от числа  $Fr_*$  и дополнить ее вероятностным описанием.

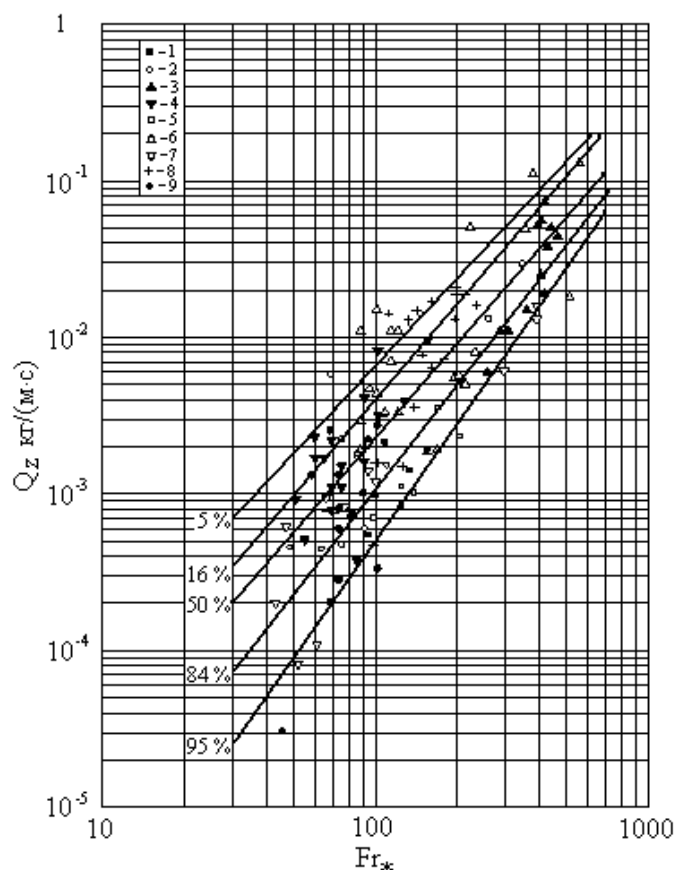


Рис. 6. Зависимость общего расхода песка в приземном слое атмосферы  $Q_z$  различной обеспеченности от динамического аналога числа Фруда  $Fr_* = u_*^2 / (g \cdot x_0)$ . Разными условными знаками обозначены результаты определения  $Q_z$  над песками различной крупности  $x_0$ .

Статистическая обработка данных была проведена по схеме, предложенной С.А. Китайгородским при поиске им зависимости  $z_0 = f(u_*)$  морской взволнованной поверхности [6]. Вся область значений чисел  $Fr_*$  рис. 6, для которых были выполнены определения  $Q_z$ , была разбита на восемь интервалов. У каждого интервала вычислены средние значения чисел Фруда  $\overline{Fr}_{i^*}$  ( $i = 1 \dots 8$ ). На клетчатке вероятностей для кривых распределения с умеренной асимметричностью, для каждого интервала чисел Фруда, были построены 8 накопленных функций вероятностей  $Q_z$ . С кривых распределений были сняты значения общего расхода  $Q_{z-p\%}$  обеспеченностью 5, 16, 50, 84 и 95 %. Эти величины наносились на поле рис. 6 для средних значений чисел Фруда  $\overline{Fr}_{i^*}$  в соответствующем  $i$  – интервале. Затем по этим точкам были проведены зависимости общего расхода заданной обеспеченности  $Q_{z-p\%}$ . Для зависимостей общего расхода песка заданной обеспеченности от числа  $Fr_*$  были получены аналитические выражения

$$Q_{z5\%} = 7,78 \cdot 10^{-7} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^2; \quad (13)$$

$$Q_{z16\%} = 3,82 \cdot 10^{-7} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^2; \quad (14)$$

$$\overline{Q}_z = Q_{z50\%} = 2 \cdot 10^{-7} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^2; \quad (15)$$

$$Q_{z84\%} = 3,02 \cdot 10^{-8} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^{2,28}; \quad (16)$$

$$Q_{z95\%} = 7,94 \cdot 10^{-9} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^{2,42}. \quad (17)$$

На рис. 6 проведены все пять степенных зависимостей (13) – (17). Они позволяют получить представление о доверительных интервалах значений общего расхода песка для некоторых заданных вероятностей при массовых расчетах общего расхода песка по значениям числа  $Fr_*$ . Для климатических исследований переноса песка ветром следует использовать уравнение 50-ти процентной обеспеченности (15). Все пять эмпирических зависимостей (13) – (17) справедливы для интервала значений чисел Фруда от 25,5 до 700.

Как и следовало ожидать, новые уравнения (13) – (17) отличаются от ранее полученных (10) – (12). Первые три уравнения имеют такой же показатель степени у числа Фруда  $Fr_* = u_*^2 / (g \cdot x_0)$ , равный 2, но размер-

ные коэффициенты пропорциональности у них возросли на 4...11 %. Увеличение их вполне понятно и ожидалось, так как возросли высоты слоев, в которых определялся общий расход песка  $Q_z$ .

Показатель степени уравнений (14) и (15) высокой обеспеченности ( $p = 84\%$  и  $p = 95\%$ ) оказались заметно  $> 2$ . Объяснить это можно тем, что эти расходы песка наблюдаются при слабых по интенсивности процессах, определяемых либо ограничением поступления частиц в поток из-за увлажнения поверхности, либо прерывистым характером дефляции при небольших скоростях ветра. По результатам измерений во время бурь пескоуловителями твердый расход рассчитывается по следующей формуле:

$$q_z = \frac{M_z}{F \cdot t}, \quad (18)$$

где  $M_z$  – масса песка, уловленного приборами на высоте  $z$ , кг;  $F$  – площадь приемного отверстия прибора,  $m^2$ ;  $t$  – время экспозиции прибора (время осреднения расхода), с. При прерывистом характере процесса дефляции песчаной поверхности время переноса частиц  $t_p$  оказывается меньше времени экспозиции приборов  $t$ . Это приводит к занижению значений расхода песка и, как следствие, к увеличению показателя степени в уравнениях (16) и (17.)

У большинства западных исследователей, по-видимому, очень велик авторитет Р. Багнольда [14]. Они ищут зависимости горизонтального потока массы песка  $Q_z$  только от третьей степени  $u_*$  или от скорости ветра  $u$ , несколько видоизменяя впервые полученную Р. Багнольдом формулу. В то же время, в советской научной литературе не было такого единого подхода. Так, в теоретической работе Б.А. Шуляка [13] показано, что расход песка  $Q_z$  пропорционален четвертой степени динамической скорости  $u_*^4$  и скорости ветра  $u^4$ . Г.И. Баренблатт и Г.С. Голицын [2, 15] указывают, что предельное содержание объемной концентрации потока, несущего очень мелкие частицы, пропорционально  $u_*^4$ . Полученные нами зависимости общего расхода песка также пропорциональны четвертой степени  $u_*$  и подтверждают их теоретические выводы. На возможность отличия показателя степени от 3 указывал так же Б.Н. Сенкевич [12].

Работа выполнена при поддержке Комиссии Европейского Союза, контракт №516721 (INCO) – CALTER.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья. / Под ред. И.И. Скоцеляса – СПб.: Гидрометеоиздат, 1995. – 269 с.
2. Баренблатт Г.И., Голицын Г.С. Локальная структура развитых пыльных бурь. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 44 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. Гидрометеорологические проблемы Приаралья / Под. ред. Г.Н. Чичасова.– Л.: Гидрометеоиздат, 1990.– 277 с.
5. Дюнин А.К. Механика метелей. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1963.– 378 с.
6. Китайгородский С.А. Физика взаимодействия атмосферы и океана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 284 с.
7. Семенов О.Е. О распределении почвенных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов // Тр. КазНИГМИ. – 1970. – Вып.36. – С. 153 – 165.
8. Семенов О.Е. О точности измерения расхода песка во время бурь // Гидрометеорология и экология. – 1995. – №3. – С.113 – 125.
9. Семенов О.Е. Моделирование переноса тяжелой быстро оседающей примеси воздушным потоком при бурях // Гидрометеорология и экология. –2006. – №3. – С.15 – 35.
10. Семенов О.Е. О влиянии увлажнения песка на его ветровой перенос. // Гидрометеорология и экология. –2007. – №1. – С. 7 – 28.
11. Семенов О.Е. Экспериментальные исследования кинематики и динамики пыльных бурь и поземков // Тр. КазНИГМИ. – 1972. – Вып.49.– С. 3 – 31.
12. Сенкевич Б.Н. О генезисе основных форм эолового рельефа песчаных пустынь. – Ашхабад, Изд-во «Ылым», 1976. – 183 с.
13. Шуляк Б.А. Физика волн на поверхности сыпучей среды и жидкости. – М.: Наука, 1971.– 400 с.
14. Bagnold R.A. The physics of blown sand and desert dunes. – London: Methuen. 1954. – 265 p.
15. Varenblatt G.I., Golitsyn G.S. Local structure of Matyre Dust Storms // J. of the Atmospheric Sciences. – 1974 – Vol. 31, No 7. – P. 1917 – 1933.

16. Hsu Shih-Ang. Wind Stress Criteria in Eolian Sand Transport. // J. Geoph. Research. – 1971 – Vol. 76, No 36. – P. 8684 – 8686.
17. Svasek J.N., Terwindt J.H.J. Measurements of sand transport by wind on a natural beach // Sedimentology. – 1974. –V.21, №2. – p.311–321.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата, г. Алматы

**АРАЛ ТҮБІНІҢ ҚҰРҒАҒАН БӨЛІГІНДЕ ҚҰМДЫ ДАУЫЛ  
КЕЗІДЕГІ ҚҰМ МАССАЛАРЫНЫҢ ШЫҒЫНЫ ТУРАЛЫ**

Физ.-мат. ғылымд. канд. О.Е. Семенов

*Дауыл кезінде атмосфераның жерге жақын қабатындағы құмдардың қатаң шығындарының профильдерін өлшеу нәтижелері талданады. Бұл қабаттағы құмның жалпы шығынының, Фрудтың өлшемсіз санының аналогына тәуелділігі ықтималды түрде берілген:  $Fr_* = u_*^2 / (g \cdot x_0)$ , мұндағы  $u_*$  – динамикалық жылдамдық,  $g$  – еркін түсу үдеуі,  $x_0$  – беткейдегі құм бөлшектерінің орташа*

*геометриялық өлшемі.*

$$Q_{z5\%} = 7,78 \cdot 10^{-7} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^2;$$

$$Q_{z16\%} = 3,82 \cdot 10^{-7} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^2; \quad Q_{z50\%} = 2 \cdot 10^{-7} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^2;$$

$$Q_{z84\%} = 3,02 \cdot 10^{-8} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^{2,28}; \quad Q_{z95\%} = 7,94 \cdot 10^{-9} \left[ u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^{2,42}.$$

*Дауыл кезінде құм массаларының тасымалдануын климаттық есептеу үшін 50 пайыздық қамтамасыздандыру тәуелділігі ұсынылады.*

УДК 551.510.534

**ДИНАМИКА И ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА МЕСЯЧНЫХ  
ВЕЛИЧИН ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА НАД  
КАЗАХСТАНОМ**

Канд. геогр. наук А.В. Чередниченко

*Предлагается типизация полей общего содержания озона (ОСО), выполненная впервые, для территории Республики Казахстан. Показано, что конкретные типы – это результат крупномасштабных циркуляционных процессов над территорией северного полушария. В качестве примера приведены типичные случаи с привлечением синоптического материала с наименьшим и наибольшим концентрациями озона над республикой.*

Динамика атмосферного озона над Казахстаном после пятидесятих годов прошлого века практически не изучалась. Однако обоснованно повышенный интерес к проблеме со стороны мирового сообщества и ряд Международных Конвенций, к которым присоединился Казахстан, сделали такие исследования необходимыми [6, 8].

Динамика общего содержания озона (ОСО) над Казахстаном изучалась нами за период с 1998 по 2006 гг. Распределение ОСО над Казахстаном – это результат крупномасштабной общей циркуляции атмосферы над значительной частью Северного полушария. Поэтому использовалась информация об ОСО на пространстве от Атлантического до Тихого океанов. Такие данные регулярно публикуются в обзорах журнала «Метеорология и Гидрология», а также содержатся в работах [3, 4, 5 и др.].

Пространственные размеры Казахстана, по сравнению с крупномасштабными процессами, относительно не велики и можно было бы ограничиться типизацией полей распределения ОСО только над его территорией. Например, на рис 1 (а) и (б) для поля ОСО над Казахстаном характерны величины, близкие к норме (поле нулевых отклонений), а для поля ОСО на рисунке 1 (в) характерны повышенные концентрации ОСО, увеличивающиеся с юга на север, для (г) – пониженные концентрации ОСО и т.д. Однако, при такой типизации будет потеряна связь между распределением ОСО над Казахстаном и элементами общей циркуляции атмосферы, что не позволит использовать такую типизацию в качестве основы для

разработки рекомендаций к прогнозу или самого прогноза отклонения ОСО от нормы. Поэтому, имея в виду особенности распределения ОСО над Казахстаном, мы типизировали поля ОСО над значительно большей территорией от Атлантики до Тихого океана.

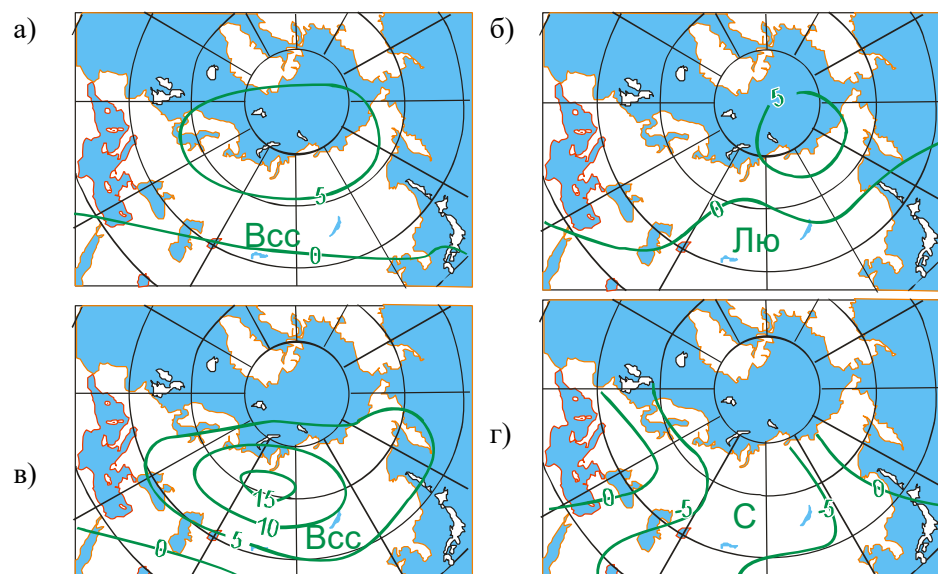


Рис. 1. Пример типа полей распределения ОСО в Северном полушарии.  
 а) высокое север Сибири (Всс); б) норма Ложбина на юге (Лю); в) высокое север Сибири (Всс); г) низкое (С)

Кроме того, в Казахстане имеется всего четыре станции, которые измеряют ОСО, и качество данных не всегда надежное [3, 7]. Поэтому наличие измерений ОСО на прилегающих территориях позволяет осуществлять пространственный контроль наших данных.

Все поля средних месячных величин ОСО мы типизировали по отношению к Казахстану, его условной центральной точки. В табл. 1 приведены формы поля ОСО, выделенные типы, средние и крайние величины ОСО, над Казахстаном, полученные на основе типизации средних месячных полей ОСО за 2004...2006 гг. над Казахстаном и прилегающими территориями [9]. Формы полей возможно пока излишне детализованы, т.к. еще не оценена степень значимости отдельных уточнений. Однако в целом разновидностей форм не так много.

На рис. 1 приведены некоторые типы распределения ОСО. Так на рис 1а и 1в представлен один и тот же тип «высокое, север Сибири» (Всс), т.е. область максимальных величин ОСО расположена над севером Западной Сибири. Различие заключается в интенсивности области и ее геогра-



фическом положении. В первом случае большая часть слабо оформленного центра (максимальное превышение ОСО над нормой 5%) расположена за Полярным кругом, горизонтальные градиенты ОСО невелики и через Казахстан, примерно деля его территорию пополам в широтном направлении, проходит изолиния нулевых отклонений месячных величин ОСО от нормы. Во втором случае максимальное превышение ОСО в центре составляет 15 %, центр компактно расположен в районе Полярного круга, горизонтальные градиенты ОСО велики. Через территорию Казахстана в широтном направлении, тоже примерно деля его территорию пополам, проходит изолиния 5 %, т.е. над северной частью Казахстана отклонение величин ОСО от нормы составляет 5...7 %, а над южной – 0...5 %.

На рис. 1б представлено распределение величин ОСО при типе «Ложбина с юга» (Лю). В этом случае ось ложбины проходит примерно через центральные районы Казахстана и над большей частью его территории имеют место пониженные величины ОСО.

На рис. 1г представлен тип «Седловина», когда территория Казахстана находится между двумя активными областями повышенных величин ОСО западнее и восточнее от него.

Нет необходимости и возможности в статье приводить анализ всех выделенных типов. В то же время в названиях типов, приведенных в табл. 1, содержится указание на форму поля ОСО, аналогично тому, как это принято для полей давления. В табл. 1 можно видеть также, что средние величины отклонений ОСО, снятые для центра территории Казахстана, от месяца к месяцу меняются слабо, в пределах 2...3 % от нормы. Редко эти отклонения достигают 4 %. Представлялось поэтому, что для огромной территории такие отклонения не достаточно показательны, т.к. они характеризуют только общий фон ОСО. Поэтому найдены также экстремальные величины отклонений от нормы, наблюдавшиеся над Казахстаном в каждом месяце. Можно видеть, что размах таких отклонений редко был меньше 5 %, часто превышая 10 % при средних в 6...7 %.

Разработанная типизация полей ОСО над территорией Казахстана, в дальнейшем может быть использована при разработке рекомендаций к прогнозу или самого прогноза полей ОСО. Создать метод прогноза ОСО в целом для Казахстана в будущем, ввиду большого размаха пространственных отклонений будет достаточно сложно.

Как возникают аномалии? Это медленное смещение значений ОСО в ту или другую сторону, наблюдающееся в течение месяца или кратко-

временные большие скачки, влияющие на величину средних за месяц величин? Попробуем разобраться.

Таблица 1

Форма поля, средние и экстремальные величины ОСО над Казахстаном

	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2004 год												
Форма поля	С	С	С	ЛЮ	НЮС	НВ	ГЮ	ГЮ	РазГ	ГЮ	ГЮ	ГЮ
Среднее	2	3	-2	3	-3	0	2	3	1	1	2	3
Экстремумы	1/-2	3/-2	2/-5	9/-5	-3/2	-5/2	9/-4	8/-2	4/-3	8/-2	7/-2	5/0
2005 год												
Форма поля	ГЮ	ГЮ, ВВ, ВВ, НЮЗС	ВВ, НЗ	наГЮ	НЗС	НВ	РазС	ГЮ	ГЮ	ЛСЗ	ЛС	С
Среднее	2	2	0	0	0	-2	1	3	2	-4	-4	-2
Экстремумы	4/-2	5/-5	2/-2	-5/1	-5/1	-10/1	2/-1	5/-2	3/-2	-5/1	-7/1	-2/2
2006 год												
Форма поля	ВВ	ЛЮ	ЛЮ	РазН	НЮ	С	НВ	ВСС	РазН	С	С	Нк
Среднее	3	-2	-2	-2	-3	-2	3	3	2	2	1	-3
Экстремумы	-6/2	-8/2	8/2	-6/-1	-9/0	3/-5	-6/-2	10/0	9/2	2/-2	6/-2	7/-6

*Примечание:* С – седловина, НЗ – низкое, западное, ЛЮ – ложбина с юга, ВВ – высокое, восточнее Казахстана, НЮ – низкое, юг Сибири, НЗС – низкое, Западная Сибирь, НВ – низкое восточнее Казахстана, НВ – низкое, восточнее, ГЮ – гребень с юга, Нк – низкое над Казахстаном, РазГ – размытый гребень, ВСС – высокое, север Сибири, РазН – размытое низкое, ЛСЗ – ложбина на северо-западе, НЮЗС – низкое, юг Западной Сибири, ЛС – ложбина на севере (севернее)

Анализ обширного имеющегося материала показал, что иногда знак отклонения от нормы в том или ином районе сохраняется из месяца в месяц в течение квартала и более. В других же случаях обширные и значительные аномалии, отмечаемые в каком-то районе в одном месяце, в следующем месяце изменяются на обширные и значительные аномалии ОСО, но уже другого знака. Устойчивость аномалий отклонений величин ОСО от нормы видимо облегчали бы их прогноз, (например, методами простой временной автокорреляции), а неустойчивость ведет к усложнению предсказуемости [8, 9].

Данных об ОСО только станций Казахстана оказалось недостаточно. К тому же, как отмечено выше, наши данные часто бракуются Миро-

выми центрами анализа. Поэтому мы использовали данные об ОСО с прилегающих территорий. Для поиска ответа на данный вопрос мы попытались систематизировать всю имеющуюся у нас и в литературе информацию о характере изменения месячных величин ОСО. Результаты этой работы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Особенности образования аномалий ОСО над некоторыми районами

Район	Месяц	Год	Тип отклонения	Характер
Екатеринбург	апрель	2004	выше нормы	аномально высокие ежедневные данные;
Петропавловск-Камчатский	май	2004	дефицит ниже порога аномальности	в течение трех дней ОСО ниже порога аномальности;
Сибирь и Казахстан	май	2004	ниже нормы	в течение шести дней наблюдалась озоновая аномалия;
ЕТР	декабрь	2003	ниже нормы	регулярные низкие значения в течение месяца на фоне аномально высоких температур;
Чарджоу	3 квартал	2004	выше нормы	ежедневные повышенные значения ОСО;
Ханты-Мансийск	апрель	1999	выше нормы	регулярные значения весь месяц;
Средняя Азия и Казахстан	апрель	1999	аномально высокие	во второй и третьей декадах;
Сибирь	май	1999	аномально низкие	вторая половина мая;
ЕТР	май	1999	выше нормы	повышенные ежедневные значения;
Красноярск	июнь	1999	дефицит	в течение месяца (4 раза за месяц фиксировались положительные отклонения);
Караганда	октябрь	1999	максимальный дефицит	продолжительные периоды пониженного отклонения ОСО;
Ашхабад	декабрь	1999	максимальный дефицит	продолжительные периоды пониженного отклонения ОСО.

Можно видеть, что в некоторых случаях, например, в Чарджоу, третий квартал 2004 г., величины ОСО были выше нормы ежедневно в течение нескольких месяцев. В то же время, над Сибирью и Казахстаном в

мае 2004 г. большой дефицит ОСО был только в течение шести дней. Этого оказалось достаточным, чтобы среднее за месяц значение ОСО оказалось ниже нормы.

В табл. 2 видно, что и те и другие случаи встречаются часто. В работе [8] показано, что в субтропических широтах временная изменчивость ОСО меньше, чем в умеренных. Видимо, по югу Казахстана в будущем, если такая задача будет решена, прогнозы средних месячных отклонений ОСО от нормы будут более успешными, чем по северу территории.

В результате выполненных исследований ОСО, пространственного распределения месячных, квартальных и годовых величин над Восточной частью Северного полушария и Казахстана получено следующее:

- все многообразие распределения экстремумов ОСО над полушарием, для территории Казахстана удалось свести к трем имеющим достаточно высокую повторяемость типам;
- поскольку предполагается, что каждый конкретный тип формируется в результате вполне определенных циркуляционных условий, то следует изучить эти условия и, научившись их прогнозировать на месяц, сезон, год, легко разработать и соответствующие методы прогноза отклонений ОСО от нормы;
- внутримесячная структура ОСО сложная. Это может быть и плавный изо дня в день, повышенный (пониженный) по сравнению с нормой ход ОСО, дающий соответствующую аномалию за месяц. Возможны и кратковременные в течение трех или более дней резкие до 35...40 % отклонения значений ОСО от нормы, которые затем влияют на значение средних ОСО за месяц. Природа таких ситуаций разная, соответственно анализ и прогноз их тоже сложен [1, 10].

Далее нами были отобраны случаи экстремальных величин ОСО над Казахстаном. При этом за случай брали ситуацию, когда хотя бы на одной из станций Казахстана ОСО отклоняется в любую сторону от нормы до 2,5 или больше значений среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ) [11, 12].

Для примера рассмотрим аэросиноптические условия, когда имели место экстремальные значения ОСО. **Случай аномально высокого ОСО в Семипалатинске за 20 сентября 2006 г.** Согласно приземной карте барической топографии, через Семипалатинск прошли два холодных атмосферных фронта, переместившиеся с северо-запада. За холодными фронтами отмечается антициклон с центром немного северо-западнее Семипалатинска. Наличие этого антициклона указывает на то, что холодное вторжение было интен-

сивным. Это подтверждается и разностью температур в зоне фронтов, которая составляет 17 °С. Известно, что приземные температуры могут сглаживаться облачностью и орографией. Однако анализ карты  $OT_{1000}^{500}$  показывает, что разность средних температур нижней тропосферы перед и за холодными фронтами составляет 15...16 °С, (рис. 2). Таким образом, произошло мощное северное вторжение. Ложбина холода на уровне 500 гПа ориентирована от циклона с центром северо-западнее Новой Земли к юго-востоку, затем вдоль меридиана 70 °в.д. и далее к юго-юго-западу (рис. 3). Холодный воздух в системе этой ложбины проник до южных границ Казахстана и в Среднюю Азию.

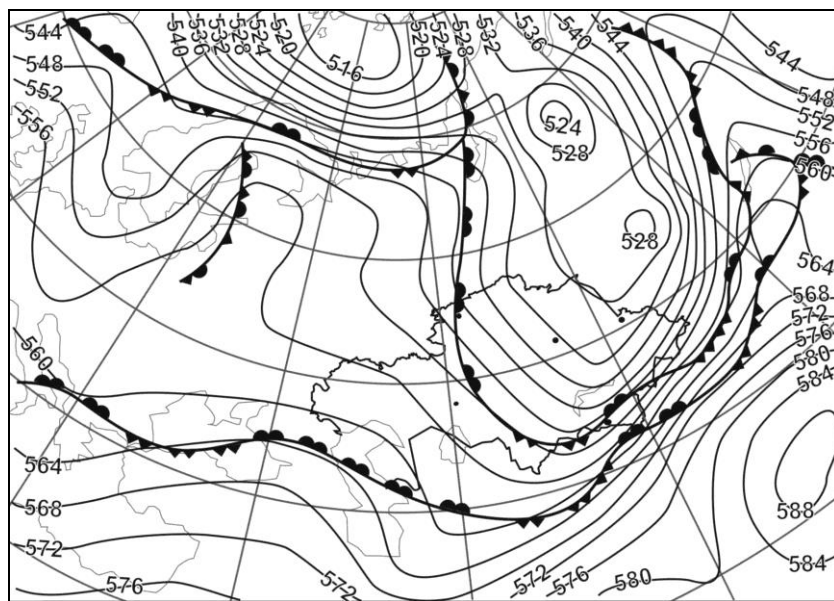


Рис. 2. Карта схема  $OT_{1000}^{500}$  за 20.09.2006 г.

Вместе с холодным арктическим воздухом, который согласно приземной карте проник только до широты Алматы западнее от нее, но захватил Семипалатинск, пришел и атмосферный озон, максимум которого имеет место в районе полярного круга.

Особенно хорошо ложбина просматривается на уровне АТ-300 (рис. 4). По периферии ложбины наблюдалось струйное течение, особенно сильное в юго-восточной части ложбины, т.е. в зоне атмосферных фронтов. На уровне 300 гПа скорости ветра на оси струйного течения достигали 45...60 м/с. Семипалатинск находился под этой областью, однако холодные фронты через него уже прошли.

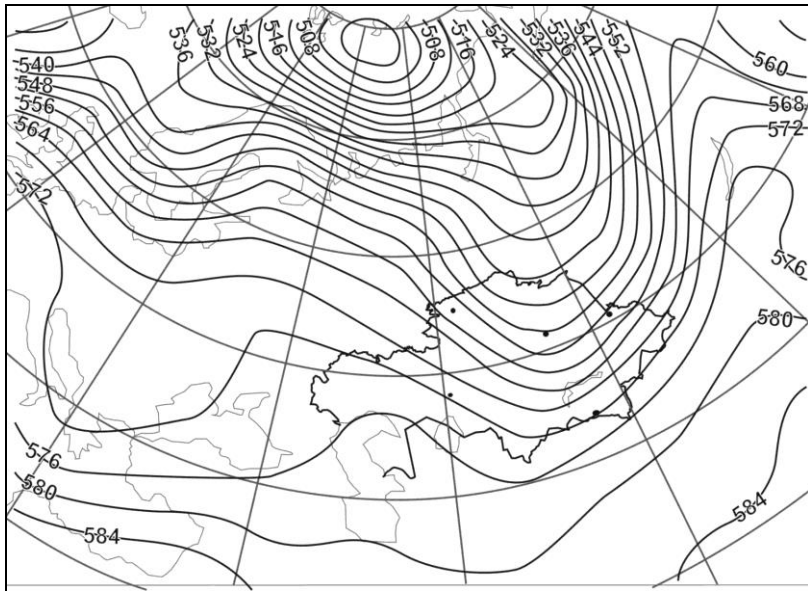


Рис. 3. Карта схема AT-500 за 20.09.2006 г.

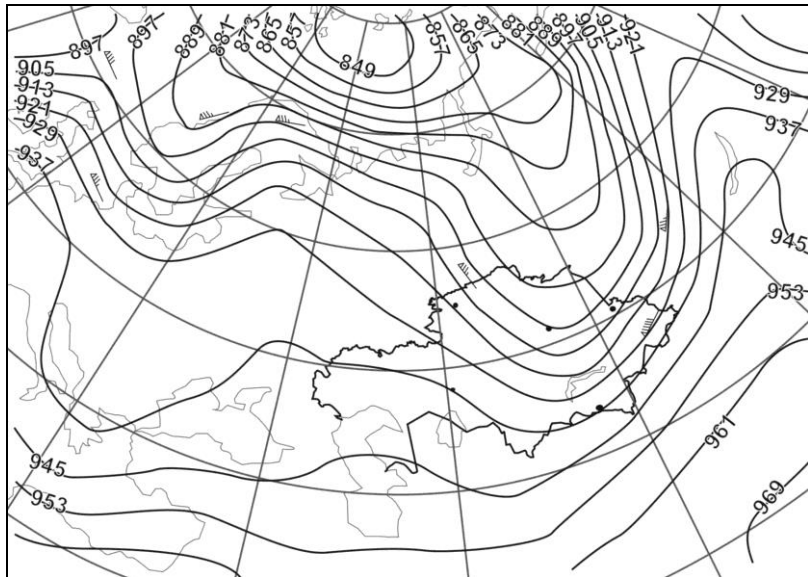


Рис. 4. Карта схема AT-300 за 20.09.2006 г.

Таким образом, экстремально высокие концентрации озона наблюдались в системе особенно глубокой ложбины, на ее юго-восточной периферии в результате вторжения холодного арктического воздуха, богатого озоном.

**Случай аномально низкого ОСО в мае 2004 г.** Случай аномально низкого содержания озона отмечался в Караганде и Семипалатинске одновременно и продолжался в течение нескольких суток с перерывами. Ввиду

значительной продолжительности наблюдаемой ситуации рассмотрим аэросиноптический материал за двое смежных суток.

15 мая над северо-востоком Казахстана, югом Центральной Сибири и Монголией располагался обширный антициклон. Караганда находилась на западной периферии, а Семипалатинск несколько ближе к центру. Два теплых атмосферных фронта, перемещались на периферии антициклона, проходя с севера Каспийского моря к северо-северо-востоку, и только над севером Западной Сибири приняли широтное направление.

На карте  $OT_{1000}^{500}$  центральные районы Казахстана, юг Урала, юг и центральные районы Западной Сибири занимал обширный гребень тепла. Ось гребня проходила значительно западнее Алматы (рис. 5). Вблизи оси располагалась изогипса 576...580 дкм, т.е. гребень был очень теплым.

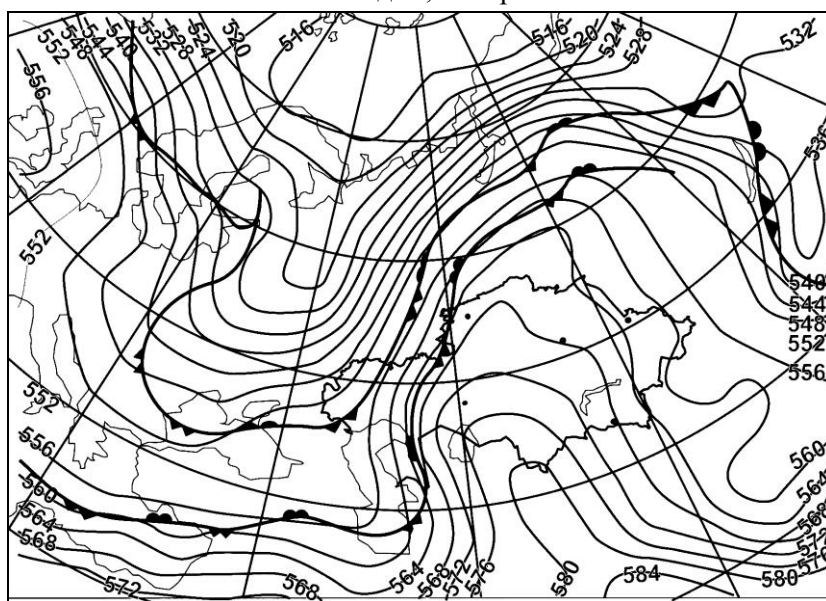


Рис. 5. Карта схема  $OT_{1000}^{500}$  за 15.05.2004 г.

На уровне 500 гПа над севером Казахстана отмечалась самостоятельная область высокого давления, которая захватывала и Алматы. Станции Караганда и Семипалатинск находились вблизи центра антициклона (рис. 6). На уровне 300 гПа (рис. 7) полоса между Аралом и Алматы занята гребнем высокого давления, который над центральными районами Казахстана существенно расширялся. Ось гребня и струйные течения западнее Семипалатинска находились за пределами Казахстана далеко на северо-западе (рис. 7).

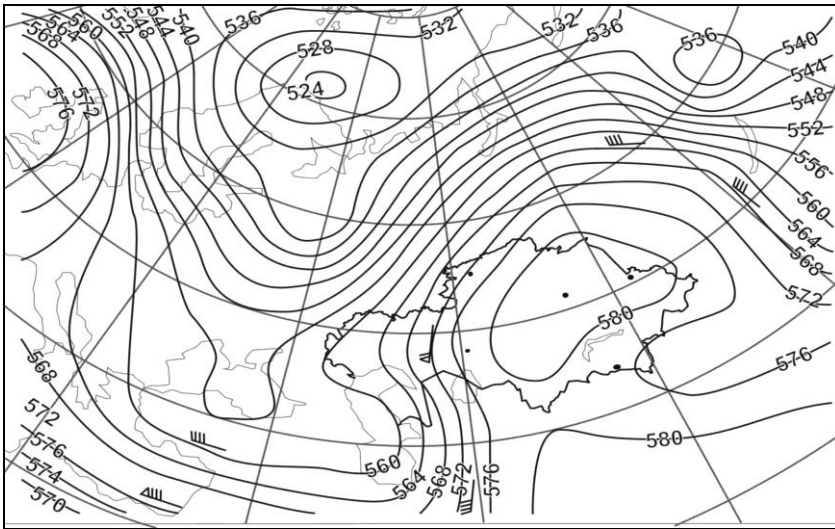


Рис. 6. Карта схема AT-500 за 15.05.2004 г.

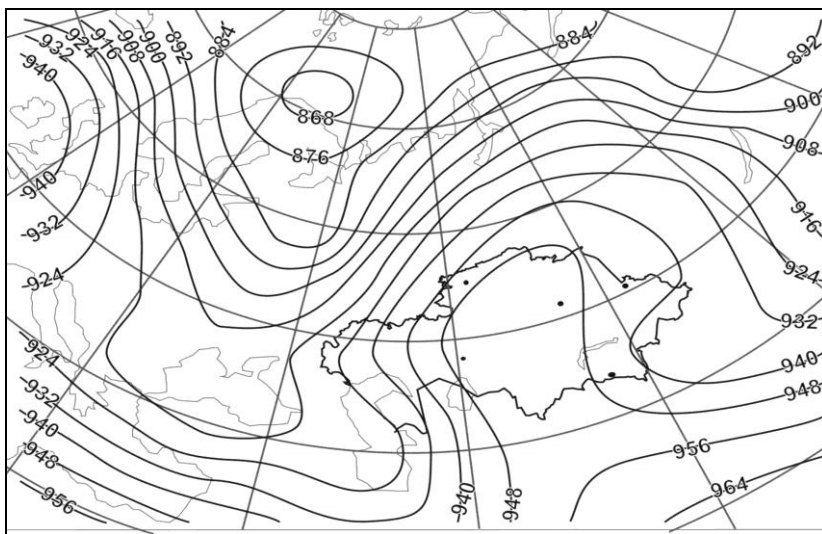


Рис. 7. Карта схема AT-300 за 15.05.2004 г.

Положение изогипс на уровне 500 гПа (они меридианальны и над Западным Казахстаном сгущены) указывает на то, что в ближайшее время следует ожидать продолжения выноса тепла на Казахстан, усиление гребня тепла на  $OT_{1000}^{500}$ , и медленного смещения всей системы к востоку.

16 мая антициклон у земли разделен на две самостоятельные области высокого давления. Произошло смещение всей системы к востоку. На  $OT_{1000}^{500}$  ось гребня тепла по-прежнему была ориентирована меридианально



и располагалась между Аралом и Алматы (рис. 8). Однако температура нижней тропосферы повысилась. Если 15 мая через Алматы проходила изогипса 560 дкм, то 16 мая – 569 дкм. Повышение температуры нижней тропосферы так же произошло над центральными и восточными районами Казахстана.

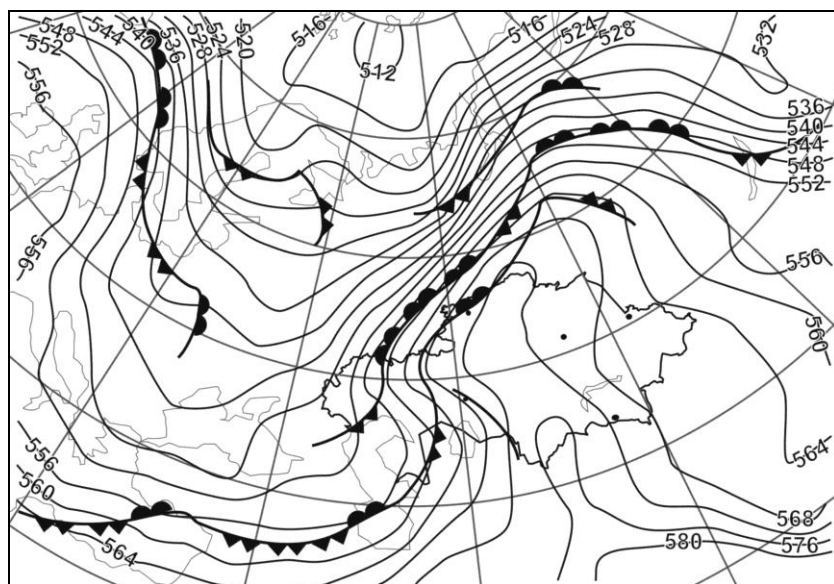


Рис. 8. Карта схема  $OT_{1000}^{500}$  за 16.05.2004 г.

На уровне 500 гПа над центральными и восточными районами Казахстана сформировалась самостоятельная область высокого давления, замкнутая изогипсой 584 дкм, тогда как 15 мая она замыкалась изогипсой 580 дкм, т.е. имел место рост давления. По югу Казахстана, произошло некоторое падение давления на этом уровне, что возможно связано с орографией. Над Западным Казахстаном изогипсы сгущены и ориентированы меридианально, т.е. вынос тепла с юга на северные районы продолжался (рис. 9).

На уровне 300 гПа над Севером Казахстана и югом западной Сибири сформировалась самостоятельная область высокого давления, замкнутая изогипсой 948 дкм. Ветры над этими районами слабые, только северо-западнее Центрального Урала на периферии в районе атмосферных фронтов имело место струйное течение (как и в прошлые сутки), ориентированное к северо-востоку. Скорости на оси около 30...40 м/с, изогипсы сгущены умеренно (рис 10).

Таким образом, дефицит ОСО, составивший  $2,7\sigma$ , а в последующие сутки и более, имел место в системе гребня, сформировавшегося в результате

интенсивного меридианального выноса тропического воздуха через западные районы Казахстана. В верхней тропосфере на 300 гПа сформировалась самостоятельная область высокого давления, указывающая одновременно и на интенсивность выноса тепла и то, что смещение системы будет медленным. На самом деле так и было. С перерывами, в результате пульсации параметров аэросиноптической системы, дефицит ОСО имел место в течение нескольких суток как над Карагандой, так и над Семипалатинском. Над Алматы, однако, дефицит ОСО не наблюдался, так как здесь имело место поступление холодного воздуха по восточной периферии системы.

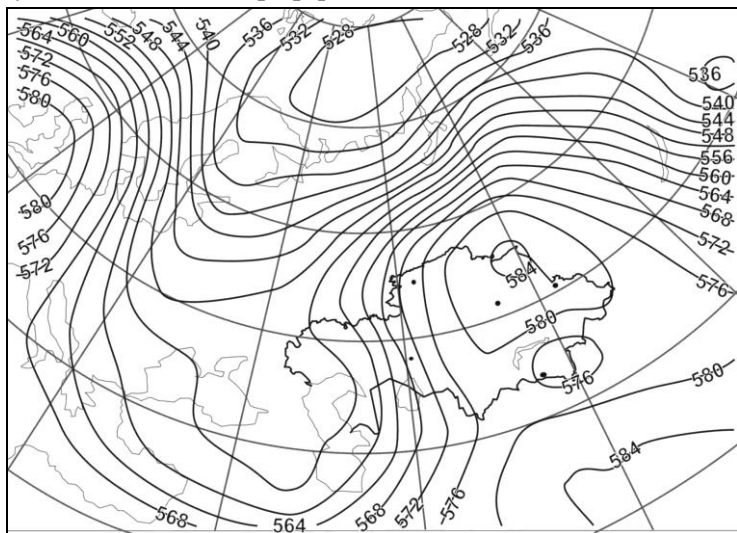


Рис. 9. Карта схема АТ-500 за 16.05.2004 г.

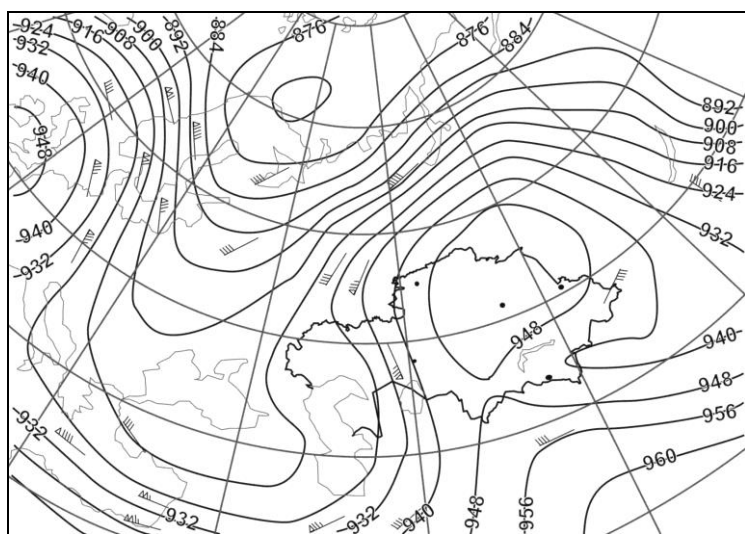


Рис. 10. Карта схема АТ-300 за 16.05.2004 г.

Глубокий анализ всех случаев аномальных ОСО, которые мы собрали, может позволить найти количественные характеристики между ОСО над Казахстаном и параметрами циркуляции, на основе которых возможна разработка рекомендаций к прогнозу экстремальных ОСО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белан И.Д. Проблема тропосферного озона и некоторые результаты его измерений. // Оптика атмосферы и океана. – 1996. – Том 9. – № 9. – С. 1184 - 1213.
2. Вароцос К.А., Кондратьев К.Я. Загрязнение тропосферы и ультрафиолетовая солнечная радиация. // Оптика атмосферы и океана. – 1994. – № 2. – С.1020-1030.
3. Егорова Т.А., Розанов Е.В., Зубов В.А., Кароль И.Л. Модель для исследования трендов озона (мезон). // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2003. – Том 39. – № 3. – С. 310-326.
4. Еланский Н.Ф. Российские исследования атмосферного озона в 1999...2002 гг. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2004. – Том 40. – № 4. – С. 567-576.
5. Кароль И.Л., Киселев А.А. Фотохимические модели атмосферы и их использование в исследованиях озоносферы и климата (обзор) // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2006. – Том 42. – № 1. – С. 3-34.
6. Кондратьев К.Я. Глобальная динамика озона. // Итоги науки и техники. Сер. Геомагнетизм и высокие слои атмосферы. Том 19. – М.: ВИНТИ, 1989. – 212 с.
7. Кондратьев К.Я., Вароцос К.А. Исследование тропосферного озона в Европе // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 10. – С. 12-23.
8. Перов С.Я., Хргиан Л.Х. Современные проблемы атмосферного озона. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 287 с.
9. Хргиан А.Х. Физика атмосферного озона. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 292 с.
10. Sinnhuber В.М. et al. Large loss of total ozone during the Arctic winter of 1999/2000. – Geophys. Res. Lett., 2006, Vol. 27. – No. 21. – P. 3473 - 3476.
11. The Northern Hemisphere Stratosphere in the Winter and Spring of 1999/2000. – The Report of European Ozone Research Coordinating Union. – 2000. – P. 4 - 6.
12. World Meteorological Organization (WMO). Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002, Global Ozone Research and Monitoring Project – Report № 47. – 2003, P. 3.1—3.58.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата, г. Алматы

## **ҚАЗАҚСТАНДА ОЗОННЫҢ ЖАЛПЫ ҚҰРАМЫНЫҢ АЙЛЫҚ ШАМАСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ ЖӘНЕ ІШКІ ҚҰРЫЛЫМЫ**

Геогр. ғылымд. канд. А.В. Чередниченко

*Қазақстан Республикасының аймағы үшін алғаш рет орындалған озонның жалпы құрамының алабын типтеу берілген. Нақты түрлер – бұл, солтүстік жарты шар аймағындағы ірі өлшемді циркуляциялық процесстердің нәтижелері екені көрсетілген. Мысал ретінде республикадағы озонның ең аз және ең көп концентрациялары бар синоптикалық материалдарды қолданғандағы типтік жағдайлар келтірілген.*

УДК 551.524.3

**ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ  
АЗЕРБАЙДЖАНА**

Канд. геогр. наук С.Г. Сафаров

Э.С. Сафаров

*По данным наблюдений 25 метеорологических станций за период 1961...2005 гг. исследован характер изменения температурного режима на территории Азербайджана. Показано, что нынешний этап потепления начался с середины 70-х годов. При этом с середины 90-х годов темпы потепления значительно увеличивались. Установлено, что за период 1991...2005 гг. среднегодовая температура воздуха, в среднем по республике относительно периода 1961...1990 гг., повысилась на 0,5 °С, варьируя для различных регионов в пределах 0,3...0,8 °С. Наибольшее потепление отмечено в январе, августе и октябре. Потепление отмечено во всех сезонных периодах, однако наиболее значительное повышение температуры произошло летом и зимой.*

Как известно, в последние годы средняя температура воздуха у поверхности Земли возрастает практически во всех регионах мира. Так как температура воздуха является важнейшей характеристикой климата, изменение ее статистической структуры приводит к перестройке процессов переноса тепла и влаги в атмосфере, которое в свою очередь иногда сопровождается увеличением природных катаклизмов – засух и наводнений, тайфунов и смерчей, градобитий, оползней и т.д.

Современная концепция потепления основана на антропогенном факторе. В данной концепции допускается, что повышение температуры приземного слоя атмосферы в основном происходит под влиянием выбросов парниковых газов. К ним относятся четыре наиболее важных вида: углекислый газ (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), хлорфторуглероды (ХФУ) и закись азота (N<sub>2</sub>O) [3].

Сторонники антропогенной теории считают, что увеличение концентрации углекислого газа является следствием большого количества сжигаемого углеводородного сырья, что усиливает парниковый эффект и является причиной изменения климата. Однако противники антропогенной теории утверждают, что основная часть парниковых газов, выбрасы-

ваемая в атмосферу, связана с природными факторами (извержение вулканов, лесные пожары и т.д.).

По данным Всемирной Метеорологической организации (ВМО) в 2005 году концентрация углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) в атмосфере увеличилась на 35 % по сравнению с доиндустриальным периодом (до 1750 года) [2].

Опасение, что рост концентрации углекислого газа является главной причиной нынешнего потепления, заставило политиков принять международные соглашения (Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (1992 г.) и Киотский протокол (1999 г.)) направленные на стабилизацию и сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу.

Средняя глобальная температура за последние сто лет (1906...2005 гг.) выросла на  $0,74 \pm 0,18$  °С. Средняя скорость потепления, рассчитанная для последних 50 лет ( $0,13 \pm 0,03$  °С за 10 лет), почти в два раза больше, чем та же величина, рассчитанная для последних ста лет. Согласно 4-му Докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [5], за последние 15 лет изменение средней глобальной температуры происходит еще большими темпами –  $0,3...0,4$  °С/15 лет. Наряду с этим, в зависимости от различных физико-географических и других факторов в различных регионах изменение температурного режима приземного слоя атмосферы проявляется по-разному. Исследования, проводимые в различных регионах мира, показывают, что наибольшее повышение температуры отмечается в высоких широтах и в основном в холодное время года. За последние десятилетия средняя температура воздуха в арктическом бассейне увеличивалась в два раза быстрее, чем глобальная температура. На территории России потепление за последние 35 лет оказалось более резким по сравнению с глобальным (1971...2005 гг.): с 1951...1970 гг. температура выросла на  $1,52$  °С [2].

На территории Азербайджана, инструментальные наблюдения за температурой воздуха проводятся, начиная со второй половины 19-го века. Исследованию климатических особенностей, в том числе температурного режима Азербайджана, посвящены многочисленные работы [1 и другие]. В последние годы также проводились исследования с целью выявления характера и масштаба изменения отдельных характеристик климата, в том числе температуры воздуха [4 и другие]. В работе [4] по данным наблюдений 8 метеорологических станций за период 1881...1997 гг. установлено, что на исследуемой территории, за исключением М Ленкоран, произошло повышение среднегодовой температуры воздуха. В различных

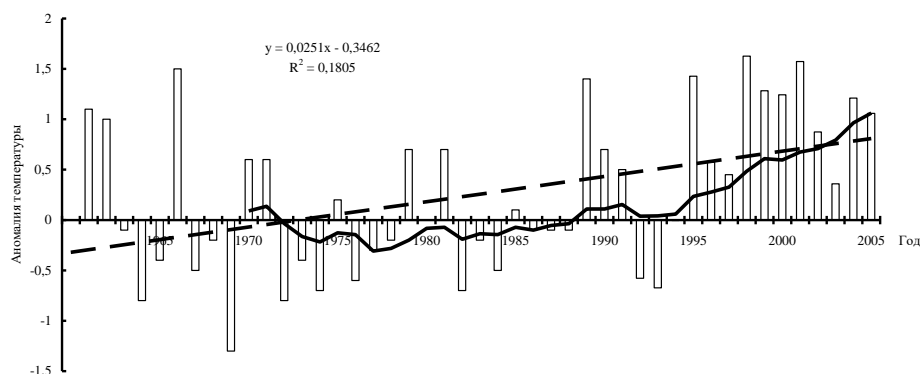
регионах значения изменения оказались различными и, в общем, варьировали в пределах от 0,2 до 1,5 °С. Наименьшие изменения температуры отмечены на морских и прибрежных станциях, а также на станциях восточного склона Малого Кавказа. Наиболее ощутимое потепление отмечено в зимний период, значение которого для различных регионов варьировало в пределах 0,4...3,6 °С. В работе [4] также исследованы особенности изменения температурного режима на территории Азербайджана в различные периоды. В частности установлено, что в период первого глобального потепления в 1911...1940 гг. и в период второго глобального потепления в 1971...1997 гг. на большей части территории республики произошло значительное повышение температуры воздуха, которое во многом превосходит аномалии глобальной температуры. Потепление отмечено даже в период глобального похолодания в 1941...1970 гг.

Учитывая очевидные тенденции изменения температуры воздуха и количество выпадающих осадков, в работе [4] согласно рекомендациям ВМО рассчитаны новые климатические нормы за период 1961...1990 гг. На основании более обширного материала путем сравнения средних (за периоды 1958...1977 и 1978...1997 гг.) также исследовались изменения температуры воздуха. При этом получено, что за период 1978...1997 гг. по сравнению с периодом 1958...1977 гг. произошло различное по интенсивности потепление. Однако аномалии среднегодовых температур незначительны и для различных регионов составляют 0...0,3 °С. Наибольшее повышение температуры отмечено в зимние месяцы, а в мае и июне наоборот наблюдалось практически повсеместное похолодание.

Большой интерес также представляет исследование температурных изменений последних лет (1991...2005 гг.) в масштабе территории Азербайджана. В данной работе на основании наблюдений 25 метеорологических станций (М) анализируется ход изменения температуры воздуха за период 1961...2005 гг. и проводится сравнение среднегодовых, среднемесячных и среднесезонных температур за период 1991...2005 гг. с новыми климатическими нормами за период 1961...1990 гг.

С этой целью для каждого года, месяца и сезона рассчитаны средние значения температуры воздуха и их аномалии относительно климатических норм. Для каждой станции построены графики временного хода изменения аномалий температуры (рис. 1). Анализ этих графиков показал, что от года к году для преобладающего большинства станций знаки аномалии температуры меняются практически синхронно, а ее величина ва-

рьюет относительно в небольшом пределе. Поэтому указанная на рис. 1 картина временного хода аномалии температуры воздуха характерна и для других станций.



*Рис. 1. Временной ход аномалии среднегодовой температуры воздуха, М Гянджа. 1961...2005 гг.*

О значительном повышении температуры воздуха за рассматриваемый период свидетельствует существенный положительный линейный тренд  $R^2 = 0,18$  (рис. 1). Следует отметить, что, как и в других регионах мира, потепление маскируется большой естественной изменчивостью температуры: наблюдались как положительные, так и отрицательные аномалии. Как видно на рисунке, наибольшие положительные аномалии отмечены в 1966, 1995, 1998, 2002 и 2005 гг., а наибольшая отрицательная аномалия – в 1969 году. Однако в целом за весь период 1961...2005 гг. потепление проявляется достаточно отчетливо.

Как известно, линейный тренд сглаживает межгодовую изменчивость метеорологических элементов, в том числе температуру воздуха. Поэтому для выявления закономерностей временного хода аномалий температуры воздуха, использован метод скользящего осреднения с периодом 11 лет (рис. 1). Как видно, нынешний период потепления начался с середины 70-х годов, однако до начала 90-ч годов его темпы были относительно медленными. В этом периоде, несмотря на общую тенденцию слабого увеличения, наблюдались как положительные, так и отрицательные аномалии температуры. Однако, начиная с 1995 г, наблюдались только положительные аномалии, величина которых в большинстве случаев имела относительно большие значения. В результате этого за период 1995...2005 гг. темпы повышения температуры резко увеличивались.

В табл. 1 даны разности среднегодовой, среднемесячной, а в табл. 2 среднесезонной температуры для каждой станции периода



1991...2005 гг. и периода 1961...1990 гг. Карта распределения разностей среднегодовых температур воздуха по территории показана на рис. 2.

Из табл. 1 следует, что за период 1991...2005 гг. среднегодовая температура воздуха в среднем по республике увеличилась на 0,5 °С, варьируя для различных регионов в пределах 0,3...0,8 °С. Полученные результаты являются статистически значимыми и практически соответствуют повышению глобальной температуры, как указано в 4-ом докладе МГЭИК [5]. На всех рассматриваемых станциях наблюдалось повышение температуры. Относительные ошибки при определении значений разности среднегодовых температур не превышали 7 %.

Четкой зависимости величины разности от высоты станции над уровнем моря не наблюдается. Как видно из рис. 2, на западной части южного склона Большого Кавказа (Алибей, Загатала, Шеки) разность температуры составляет 0,5 °С, однако на восточной части этого склона (М Огуз, М Гебеле) она несколько больше и на предгорьях северо-восточного склона (М Губа) имеет максимальное значение – плюс 0,8 °С.

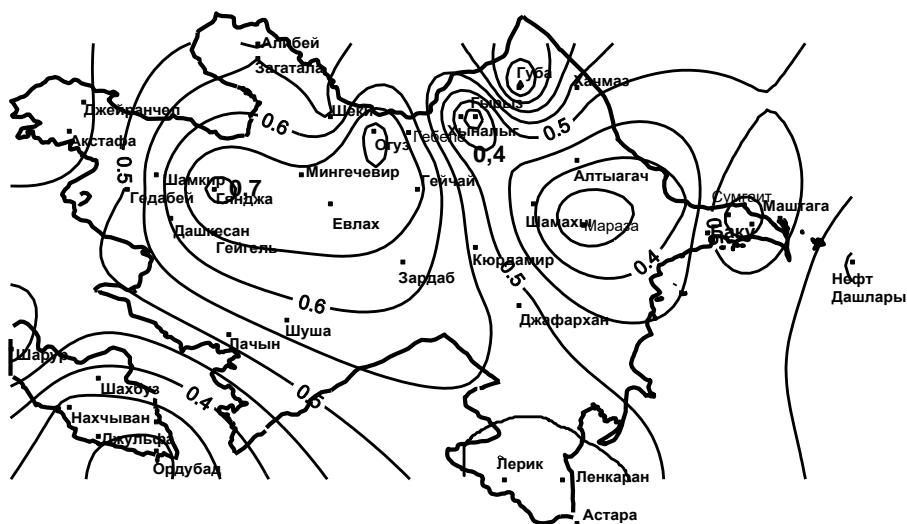


Рис. 2. Территориальное распределение разности средних годовых температур воздуха периода 1991...2005 гг. и периода 1961...1990 гг.



Таблица 1

Разность между средними температурами воздуха периода 1991...2005 гг. и периода 1961...1990 гг.

Станция	Н, м	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Акстафа	331	1,0	1,1	0,6	-0,1	-0,3	0,2	0,2	1,2	0,3	1,1	-0,1	-0,2	0,4
Джейранчел	419	1,0	0,9	0,6	0,0	-0,1	0,3	0,3	1,3	0,4	1,0	-0,2	-0,2	0,4
Гедабей	1480	0,5	0,3	0,5	0,4	0,1	0,7	0,6	1,8	1,0	1,3	-0,6	-0,6	0,5
Гянджа	312	1,3	1,3	0,9	0,5	0,1	0,6	0,5	1,5	0,5	1,2	-0,1	0,3	0,7
Шамкир	165	1,1	1,1	0,8	0,3	0,0	0,4	0,4	1,3	0,4	1,2	-0,1	0,1	0,6
Шеки	639	0,9	1,1	0,8	0,4	0,0	0,3	0,5	1,3	0,4	0,9	-0,3	0,2	0,5
Загатала	487	1,0	1,1	0,9	0,4	0,1	0,4	0,3	1,2	0,3	0,9	-0,2	0,2	0,5
Алибей	1745	0,9	0,5	0,7	0,4	-0,1	0,3	0,3	1,0	0,5	1,3	-0,2	0,2	0,5
Гебеле	679	1,0	0,9	0,9	0,5	0,1	0,5	0,6	1,5	0,6	0,9	0,0	-0,2	0,6
Огуз	582	1,2	1,0	1,0	0,7	0,2	0,7	0,8	1,6	0,6	1,0	0,1	-0,1	0,7
Губа	550	1,6	1,2	1,3	0,7	0,0	0,4	0,6	1,1	0,9	1,5	-0,2	0,1	0,8
Гырыз	2071	0,6	0,0	0,2	0,5	0,1	0,3	0,4	1,0	0,3	1,3	-0,6	0,1	0,4
Алтагадж	1099	0,8	0,8	0,8	0,4	-0,1	0,1	0,2	0,9	0,4	1,3	-0,7	0,1	0,4
Мараза	754	0,7	0,8	0,7	0,3	-0,2	0,0	0,1	0,9	0,3	0,7	-0,5	-0,2	0,3
Хачмаз	27	1,3	0,8	0,9	0,2	0,2	0,5	0,5	1,1	0,5	1,1	-0,3	-0,4	0,5
Гейчай	107	1,1	0,7	0,7	0,3	-0,1	0,7	1,0	2,0	0,9	0,9	0,0	-0,2	0,7
Зардаб	-5	1,4	1,1	0,9	0,5	0,1	0,4	0,5	1,2	0,6	0,9	-0,2	0,2	0,6
Джафархан	-16	1,3	0,9	0,8	0,3	-0,2	0,1	0,5	1,3	0,6	0,9	-0,2	0,1	0,5
Ленкоран	-13	1,0	0,8	0,8	0,6	0,2	0,4	0,5	1,2	0,5	0,8	-0,1	-0,1	0,6
Нефт дашлары	-17	0,7	0,7	0,8	0,4	0,2	0,2	0,3	0,7	0,3	0,7	-0,1	-0,2	0,4

Станция	Н, м	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Сумгаит	-20	0,9	0,9	0,8	0,5	0,0	0,1	0,1	0,6	0,3	0,7	-0,1	-0,4	0,4
Маштага	-27	1,0	1,0	1,0	0,8	0,4	0,4	0,4	1,0	0,4	0,9	0,0	-0,2	0,6
Шарур	812	0,7	1,6	0,4	0,7	0,5	0,5	0,5	1,2	0,4	1,1	-0,1	-1,2	0,5
Нахчыван	875	0,8	1,0	0,0	0,5	0,2	0,5	0,4	0,9	-0,1	0,7	-0,1	-0,9	0,3
Ордубад	928	0,9	0,8	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	1,1	0,3	1,1	-0,3	-1,0	0,3
Среднее по республике		1,0	0,9	0,7	0,4	0,1	0,4	0,4	1,2	0,5	1,0	-0,2	-0,2	0,5
Ср. квадрат. отклонение		0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1

*Примечание:* Н – высота станции над уровнем моря.

Таблица 2

Разность между средними многолетними сезонными температурами воздуха периода 1991...2005 гг. и периода 1961...1990 гг.

Станция	Сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
Актафа	0,6	0,1	0,5	0,4
Джейранчел	0,6	0,2	0,6	0,4
Шамкир	0,8	0,4	0,7	0,5
Гянджа	1,0	0,5	0,9	0,5
Гедабей	0,1	0,3	1,0	0,6
Шеки	0,7	0,4	0,7	0,3
Алибей	0,5	0,3	0,5	0,5
Загатала	0,8	0,5	0,6	0,3
Огуз	0,7	0,6	1,0	0,6
Гебеле	0,6	0,5	0,9	0,5
Губа	1,0	0,7	0,7	0,7
Гырыз	0,2	0,3	0,6	0,3
Хачмаз	0,6	0,4	0,7	0,4
Алтагадж	0,6	0,3	0,4	0,3
Мараза	0,4	0,3	0,3	0,2
Гейчай	0,5	0,3	1,2	0,6
Зардаб	0,9	0,5	0,7	0,4
Джафархан	0,8	0,3	0,6	0,4
Ленкоран	0,6	0,5	0,7	0,4
Нефт дашлары	0,4	0,5	0,4	0,3
Сумгаит	0,5	0,4	0,3	0,3
Маштага	0,6	0,7	0,6	0,4
Шарур	0,4	0,5	0,7	0,5
Нахчыван	0,3	0,2	0,6	0,2
Ордубад	0,2	0,0	0,5	0,4
В среднем по республике	0,6	0,4	0,7	0,4
Среднее квадратическое отклонение	0,2	0,2	0,2	0,1

В предгорьях юго-восточного склона Большого Кавказа (М Алтагадж и Мараза) отмечено относительно небольшая разность – 0,3...0,4 °С. На морских и прибрежных станциях (Нефт Дашлары, Сумгаит, Маштага и

Ленкоран) разность температуры варьирует в пределах 0,4...0,6 °С. На западной части северного склона Малого Кавказа (Акстафа, Джейранчел) температурная разность составляет 0,4 °С, однако от запада к востоку ее значение постепенно растет и на М Гянджа достигает 0,7 °С. На равнинных территориях (Зардаб, Джафархан, Гейчай) значение разности относительно высокое и варьирует в пределах 0,5...0,7 °С. На большей части территории Нахчыванской автономной республики (М Ордубад и Нахчыван) разность температуры минимальна – 0,3 °С. Вероятно, такое разнообразие распределения разности температуры по территории Азербайджана обуславливается особенностями физико-географического положения, взаимодействия общей циркуляции атмосферы с местной орографией и характеристиками подстилающей поверхности.

Распределение разности температуры по месяцам за рассматриваемый период имеет свои особенности (табл. 1) и несколько отличается от предыдущих климатических периодов, исследованных в [4]. Прежде всего, следует отметить, что положительные температурные разности отмечались не только в холодный, но и в теплый период года. Значительные положительные разности отмечены не только в январе, феврале, а также августе и октябре месяцах. Наибольшие положительные разности отмечены в августе, где среднее по республике повышение температуры составило 1,2 °С, а на отдельных станциях (Гедабей, Губа) – плюс 1,8...2,0 °С. За счет частых положительных температурных аномалий последних лет август стал наиболее жарким месяцем для большинства станций республики, опередив в этом июль. Следует отметить, что такое значительное повышение температуры в теплый период года несколько противоречит современной концепции глобального потепления, которая предусматривает наибольшее повышение температуры в холодный период года и в высоких широтах. В марте, за исключением Нахчыванской зоны также отмечено значительное потепление. В мае температурный режим относительно стабилизировался и, в среднем, практически не отличается от климатической нормы. В апреле, июне, июле и сентябре средняя температура повысилась на 0,3...0,4 градуса, а в ноябре и декабре отмечено незначительное похолодание. Следует отметить, что от месяца к месяцу знак разности температуры для большинства рассматриваемых станций сменялся практически синхронно.

Изменение температуры по сезонам также носило своеобразный характер. Потепление отмечалось во всех сезоны года. Однако, как видно из таблицы 2, зимой и летом температурные разности в среднем по республике имели наибольшие значения (0,6 и 0,7 градусов, соответственно). Весенние и осенние

потепления, в среднем, оказались близкими к 0,4 °С. Наименьшее повышение зимней температуры отмечено на отдельных высокогорных станциях Большого и Малого Кавказа (Гырыз, Гедабей) – плюс 0,0...0,2 и на станциях Нахчыванской зоны – плюс 0,2...0,3 °С. В остальных регионах оно изменялось в пределах 0,5...1,0 °С. В распределении весенних, летних и осенних разностей температуры по территории четкой закономерности не наблюдалось.

Таким образом, по сравнению с предыдущими периодами, в 1991...2005 гг., в общем, по республике темпы повышения среднегодовой температуры значительно увеличились. Такое повышение, в первую очередь связано с резким увеличением температуры как зимнего, так и летнего сезонов. С другой стороны, неравномерное изменение температурного режима в различные месяцы и сезоны свидетельствует о том, что на территории Азербайджана на фоне общего увеличения темпа потепления климата, одновременно происходит изменение внутригодового хода температуры воздуха.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климат Азербайджана / Под ред. А.А. Мадат-заде, Э.М. Шыхлинского. – Баку: Из-во АН Аз. ССР, 1968. – 343 с.
2. Мелешко В.П. Потепление климата: причины и последствия // Химия и жизнь. – 2007. – №4
3. Обаси Г.О.П. ВМО и глобальное потепление. – ВМО – №741. – 24 с.
4. Сафаров С.Г. Современная тенденция изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджане. – Баку: 2000, 297 с.
5. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report. Technical Summary

Департамент по гидрометеорологии Министерства Экологии и Природных Ресурсов Азербайджанской республики, г. Баку  
Бакинский Государственный Университет, г. Баку

#### **АЗЕРБАЙЖАН АЙМАҒЫНДА ТЕМПЕРАТУРА ТӘРТІБІНІҢ ӨЗГЕРҮІ**

Геогр. ғылымд. канд. С.Г. Сафаров  
Э.С. Сафаров

*1961...2005 жж. аралығындағы 25 метеорологиялық стансалардың бақылау мәліметтері бойынша Азербайжан аймағындағы температура тәртібінің өзгеру ерекшеліктері келтірілген. Жылынудың қазіргі кезеңі 70-ші жылдардың ортасынан басталғаны көрсетілген. 90-шы жылдардың ортасынан бастап жылыну айтарлықтай жоғарылаған.*

*1991...2005 жж. аралығында ауаның орташа жылдық температурасы 1961...1990 жж. аралығына қарағанда республикада шамамен 0,5 °С, әр түрлі аймақтарда – 0,3...0,8 °С-қа көтерілгені анықталды. Қатты жылыну қаңтар, тамыз және қазан айларында байқалған. Жылыну кезеңнің барлық мерзімінде де байқалды, бірақ ауа температурасының айтарлықтай көтерілуі жазда және қыста байқалды.*



УДК 556.164.048

**УТОЧНЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА СТОК  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ВОДОСБОРОВ  
ОСНОВНЫХ РЕК СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ТОБОЛ-ТОРГАЙСКОГО  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАССЕЙНА**

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов  
Б.Б. Айтымова  
А.Т. Калибаева  
А.А. Белгожаева

*Предложена уточненная оценка влияния сельскохозяйственного освоения водосбора реки Тобол на ее сток. Показано, что значительное освоение речных водосборов приводит к значительному сокращению годового стока, особенно в маловодные годы. Полученные результаты могут быть использованы для устранения неоднородности рядов годового стока рек.*

Речная сеть Тобола принадлежит бассейну Карского моря. Река Тобол берет начало на восточных отрогах Южного Урала в 10 км к юго-западу от с. Саржан; впадает в р. Ертис с левого берега у г. Тобольска. Длина реки 1591 км, площадь бассейна 395000 км<sup>2</sup>; в пределах Костанайской области (до впадения р. Убаган) расположено только среднее течение реки протяженностью 682 км и часть ее водосбора площадью 121000 км<sup>2</sup>. На западе бассейн граничит с бассейном р. Урал, на юге и востоке – с водосборами р.р. Торгай и Есиль. Основными притоками р. Тобол являются: рр. Шортанды, Синташты, Аят, Уй, Тогузак и Убаган. В многолетнем разрезе сток р. Тобол подвержен значительным колебаниям, особенностью которых является чередование групп многоводных и маловодных лет.

Долины р. Тобол и ее основных притоков хорошо разработаны, их ширина достигает нескольких километров, от 2...3 км в верхнем течении до 20...30 км на нижнем участке. Пойма луговая, ровная, изредка пересечена староречьями. До устья р. Шортанды р. Тобол летом ежегодно пересыхает, и вода остается только в разобщенных плесах длиной 0,2...0,5 км, шириной 20...50 м и глубиной до 2...4 м и более. Ниже река пересыхает только в отдельные годы. После впадения р. Аят, размеры реки значительно увеличиваются на участке устье р. Аят – устье р. Убаган преобладают плесы длиной от

0,2 до 0,5 км, шириной 40...100 м, глубиной чаще всего 2...5 м. Перекаты обычно короткие (0,1...0,5 км) их ширина 5...15 м, глубина 0,1...0,5 м.

По размещению речной сети бассейн р. Тобол делится на три характерные части: левобережную, междуречье Тобол – Убаган и бассейн р. Убаган. Крупным левым притоком Тобола является р. Аят. Начинается Аят за пределами области при слиянии речек Караталы-Аят и Камышлы-Аят. Длина реки от истоков до устья составляет 117 км, водосборная площадь – 12,6 тыс. м<sup>2</sup> [5].

В результате хозяйственной деятельности многие притоки и сама р. Тобол зарегулированы многочисленными прудами и водохранилищами. До Костанайско – Курганской границы имеется 7 водохранилищ. Общий объём их составляет 1502,4 млн. м<sup>3</sup>, полезный – 1431,7 млн. м<sup>3</sup>, самые крупные: Верхнее-Тобольское – 816 млн. м<sup>3</sup>, Каратомарское – 586 млн. м<sup>3</sup>.

Освоение целинных и залежных земель на обширных территориях республики привело к существенному изменению водного режима рек и временных водотоков Северного и Центрального Казахстана. Большие изменения на поверхности водосборов рассматриваемых районов в связи с интенсивной распашкой и сельскохозяйственным освоением обширных пространств целинных и залежных земель не могли не отразиться на водном режиме и стоке рек.

Верхняя и средняя часть бассейна р. Тобол располагает большими земельными ресурсами, пригодными для земледелия. Начало их интенсивного использования связано с освоением целинных и залежных земель в Северном и Центральном Казахстане в середине 50-х годов. В это время распашка резко возросла. Продолжалась она и в 1956...1964 годах, но более медленно. Затем наступил период ее относительной стабилизации (рис. 1), характеризующийся сравнительно небольшими изменениями площади пашни, которые были обусловлены в основном временным выбыванием части земель из севооборота [6].

На рис. 1 приведены графики изменения во времени доли распаханых земель ( $K_d$ ) в бассейнах рек Тобол – г. Костанай, Тобол – с. Гришенка, Аят – с. Варваринка. Графики подтверждают динамику изменения сельскохозяйственного землепользования во второй половине прошлого века.

Такое масштабное агротехническое мероприятие не могло не отразиться в той или иной степени на изменении годового стока рек данного бассейна. Исследования, проводимые ГГИ в 1956 г. по данному вопросу пришли к следующим выводам, что возможное уменьшение нормы стока

для полей, полностью распашанных очень малых водосборов (площадью менее 10 км<sup>2</sup>), средних водосборов (около 50 км<sup>2</sup>) и более крупных бассейнов рек (от 3000 км<sup>2</sup>), в зависимости от водности района, в среднем соответственно составляет: от 15 до 50 %, от 15 до 25 %, от 10 до 20 % и менее 10 %. На водосборах, сложенных в основном рыхлыми (супесь, песок, щебень) почвогрунтами, оно будет больше, а на глинах – меньше указанных величин. Уменьшающая поверхностный сток роль пахоты на пологих водосборах (со средним уклонами менее 5...6 %) будет проявляться сильнее, а на крутых (уклоны свыше 15 %) – слабее. В очень многоводные и маловодные годы сток рек и временных водотоков под влиянием распашки их водосборов практически не изменится.

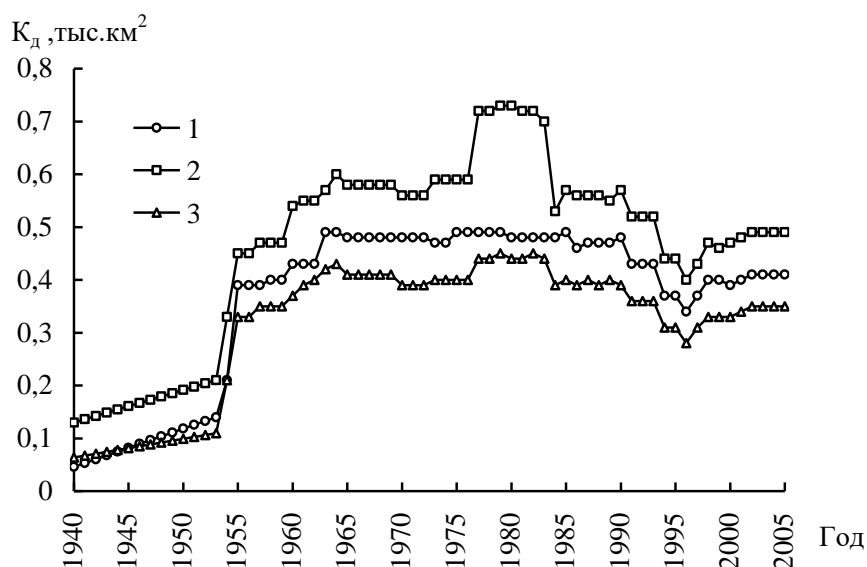


Рис. 1. Изменение во времени доли распашанных земель: 1 – бассейн р. Тобол до с. Гришенка; 2 – бассейн р. Аят до с. Варваринка; 3 – бассейн р. Тобол до г. Костанай.

Комплексное использование и охрана водных ресурсов при той интенсификации развития производительных сил, которая имела место в начале второй половины 20 столетия, требовали постоянного совершенствования существующих методов расчета и прогноза изменений водного баланса и стока рек под влиянием хозяйственной деятельности. В 1976 году в ГГИ были разработаны «Методические рекомендации по оценке и учету влияния агролесомелиоративных мероприятий на годовой сток в гидрологических расчетах».

Рекомендациями предусматривается способ оценки влияния агролесомелиоративных мероприятий на речной сток – это косвенный метод, основанный на результатах анализа испарения с почвы и изменений этой величины на лесоаграрных комплексах. Согласно уравнению водного баланса, любое изменение суммарного испарения под влиянием сельскохозяйственного освоения территории должно соответственно отразиться на годовом стоке [3]. Результаты этих исследований приобретают существенное значение для оценки влияния указанных мероприятий в районах с неустойчивым снежным покровом. Оценка влияния считается достоверной, если разница результатов расчета не превышает 20...25 %. Данный способ основан на методе анализа водного баланса. Балансовые методы более универсальны; они позволяют наиболее достоверно оценить изменения стока, происшедшие в прошлом, настоящем и ожидаемые в будущем. Позднее, при дальнейших методических разработках в данном направлении на основе дополнительного накопления необходимой информации по водному балансу производились уточнения выше упомянутых рекомендаций. В последствии ГГИ выпустили «Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования», где подробно излагаются основные методы оценки и учета всего комплекса хозяйственных мероприятий на речной сток [4]. Руководствуясь данными Методическими рекомендациями, был произведен расчет оценки влияния агротехнических мероприятий на годовой сток основных рек Торгайского водохозяйственного бассейна (р. Тобол – г. Костанай, р. Тобол – с. Гришенка, р. Аят – с. Варваринка).

Изменение стока под влиянием агротехнических мероприятий для степной зоны Северного Казахстана определяется по формуле:

$$\Delta Y = \sum_{i=1}^n \left[ 0,003 \bar{X} H^{0,71} \left( \frac{1,42}{(H+1)^{0,45}} - 0,02 \right) K_{w(p)} K_w' K_w'' f_H \right] K_{xw} - \sum_{i=1}^n \left[ \frac{0,06 (\bar{S} + \bar{x}) I^{0,44}}{(I+1)^{0,23}} K_{y(p)} K_y' K_y'' f_H \right] K_{xy}, \quad (1)$$

где  $\Delta Y$  – изменение годового стока рек под влиянием агротехнических мероприятий на их водосборах, мм;  $\sum_{i=1}^n$  – суммарное изменение стока на n-ом участке с преобразованным стоком на водосборе с учетом различия в почвогрунтах, уклонах склонов и глубинах до уровня грунтовых вод;  $\bar{X}$  – сред-

няя многолетняя сумма осадков, мм;  $\bar{S}$  – среднее многолетнее значение максимальных запасов воды в снеге на сельскохозяйственных полях, мм;  $\bar{x}$  – атмосферные осадки за период склонового стекания, мм;  $f_H$  – доля площади водосбора под пашней в пределах суглинистых и супесчаных почвогрунтов с глубинами до уровня грунтовых вод  $H$  см;  $K_{y(p)}$ ,  $K_{w(p)}$  – коэффициенты для вычисления изменений стока (склонового и грунтового) любой заданной обеспеченности  $P$ ;  $K'_y$ ,  $K'_w$  – коэффициенты для вычисления изменений стока (склонового и грунтового) на супесчаных и суглинистых почвогрунтах (на суглинистых почвогрунтах коэффициенты равны единице);  $K''_y$ ,  $K''_w$  – коэффициенты, учитывающие глубину распашки ( $> 25$  см) и сопутствующие агротехнические мероприятия;  $K_{xy}$ ,  $K_{xw}$  – коэффициенты, учитывающие водность района в пределах природных зон [1].

В табл. 1...3 приведены результаты оценки влияния распаханых площадей на сток рр. Тобол – с. Гришенка, Тобол – г. Костанай, Аят – с. Варваринка. В столбце 2 помещены исходные данные о стоке рек до 1954 г. т.е. в естественных условиях, при отсутствии влияния на его величину хозяйственной деятельности. Для реки Тобол – с. Гришенка это влияние изменяется от минус 1 % до минус 43 % в маловодный год. В среднем за период 1931...1953 гг. это влияние оценивается на минус 14 %.

Таблица 1

Изменение годового стока р. Тобол в створе с. Гришенка под влиянием распаханности водосбора

Год	Годовой сток, Q мм	Доля распаханых земель	Изменение стока, $\Delta Q$		Q+ $\Delta Q$ , мм
			$\Delta Q$ F <sub>отн.</sub> , мм	%	
1931	8,7	0,43	-0,7	-8,38	7,94
1932	24,3	0,43	-0,4	-1,48	23,9
1933	1,8	0,43	-0,8	-43,1	1,03
1934	7,0	0,43	-1,0	-13,6	6,07
1935	0,4	0,43	-0,1	-12,2	0,39
1936	0,3	0,43	0,0	-10,4	0,3
1937	0,045	0,43	0,0	-37	0,03
1938	0,8	0,43	-0,1	-15,2	0,64
1939	1,1	0,43	-0,3	-25,1	0,83
1940	3,8	0,43	-1,0	-25	2,86
1941	91,1	0,43	0,6	0,64	91,7
1942	76,1	0,43	0,1	0,15	76,2
1943	19,5	0,43	-0,6	-2,91	18,9

Год	Годовой сток, Q мм	Доля распаханых земель	Изменение стока, $\Delta Q$		Q+ $\Delta Q$ , мм
			$\Delta Q F_{отн.}$ , мм	%	
1944	2,0	0,43	-0,8	-43	1,12
1945	8,1	0,43	-1,0	-11,9	7,12
1946	37,7	0,43	-0,4	-0,95	37,3
1947	68,8	0,43	-0,4	-0,52	68,4
1948	53,0	0,43	-0,4	-0,68	52,6
1949	4,0	0,43	-1,0	-24,1	3
1950	17,3	0,43	-0,6	-3,28	16,7
1951	1,4	0,43	-0,5	-35,9	0,91
1952	16,0	0,43	-0,6	-3,54	15,4
1953	17,5	0,43	-0,6	-3,23	17

Таблица 2

Изменение годового стока р. Тобол в створе г. Костанай под влиянием распаханности водосбора

Год	Годовой сток, Q мм	Доля распаханых земель	Изменение стока, $\Delta Q$		Q+ $\Delta Q$ , мм
			$\Delta Q F_{отн.}$ , мм	%	
1931	6,5	0,44	-0,7	-11,5	5,74
1932	15,0	0,44	-0,5	-3,34	14,50
1933	2,8	0,44	-1,0	-34,9	1,80
1934	5,6	0,44	-1,0	-17,4	4,62
1935	2,0	0,44	-0,9	-43,0	1,16
1936	2,0	0,44	-0,7	-34,7	1,28
1937	0,9	0,44	-0,1	-10,8	0,77
1938	1,1	0,44	-0,3	-24,4	0,81
1939	1,3	0,44	-0,4	-33,7	0,88
1940	3,2	0,44	-1,0	-30,4	2,23
1941	41,0	0,44	0,6	1,45	41,6
1942	45,4	0,44	0,1	0,25	45,6
1943	12,8	0,44	-0,7	-5,8	12,1
1944	3,0	0,44	-1,0	-32,7	2,00
1945	7,5	0,44	-1,0	-13,1	6,55
1946	26,6	0,44	-0,4	-1,4	26,3
1947	44,4	0,44	-0,4	-0,8	44,0
1948	28,9	0,44	-0,4	-1,3	28,5
1949	4,5	0,44	-1,0	-21,5	3,56
1950	12,8	0,44	-0,7	-5,8	12,1
1951	3,2	0,44	-1,0	-29,6	2,29
1952	10,6	0,44	-0,7	-6,99	9,89
1953	15,1	0,44	-0,7	-4,9	14,3

Изменение годового стока р. Аят в створе с. Варваринка под влиянием распаханности водосбора

Год	Годовой сток, Q мм	Доля распаханной земель	Изменение стока, $\Delta Q$		Q+ $\Delta Q$ , мм
			$\Delta Q$ Фотн., мм	%	
1931	12,5	0,54	-1,2	-9,3	11,4
1932	26,2	0,54	-0,7	-2,6	25,5
1933	6,65	0,54	-1,2	-17,5	5,48
1934	11,1	0,54	-1,2	-10,5	10
1935	5,49	0,54	-1,2	-21,2	4,33
1936	5,39	0,54	-1,2	-21,6	4,23
1937	1,05	0,54	-0,2	-22,8	0,81
1938	0,87	0,54	-0,1	-13,2	0,76
1939	3,95	0,54	-1,2	-29,4	2,79
1940	11,1	0,54	-1,2	-10,5	9,89
1941	69,6	0,54	-0,4	-0,6	69,2
1942	86,1	0,54	0,7	0,9	86,8
1943	23,2	0,54	-0,7	-2,9	22,5
1944	9,52	0,54	-1,2	-12,2	8,35
1945	15	0,54	-0,9	-5,9	14,1
1946	40,9	0,54	-0,4	-1	40,5
1947	72,8	0,54	0,2	0,2	72,9
1948	44,1	0,54	-0,4	-1	43,7
1949	11,3	0,54	-2,3	-20,5	9,01
1950	23,3	0,54	-0,7	-2,9	22,6
1951	9,52	0,54	-1,2	-12,2	8,35
1952	17,1	0,54	-0,7	-4	16,4
1953	36,7	0,54	-0,4	-1,2	36,3

Для р. Тобол в створе г. Костанай влияние распаханности водосбора на годовой сток изменяется от минус 1 % до минус 43 % в маловодный год. В среднем за период 1931...1953 гг. это влияние составляет минус 16 % от годового стока.

Для р. Аят влияние распаханности водосбора на сток изменяется от минус 1 % до минус 30 %. В среднем за период 1931...1953 гг. это влияние составляет минус 10 % от годового стока.

Следует отметить, что при использовании этой методики для речных бассейнов, расположенных в засушливых районах Северного и Центрального Казахстана, в ряде случаев были получены довольно значительные отрицательные поправки, отражающие влияние агролесомелиоративных мероприятий на сток, которые существенно превышали минус 100 %.

Так, по р. Тобол в створе с. Гришенка влияние агротехнических мероприятий ( $\Delta Q$ ) за 1935 г. составляет минус 0,9 мм (210 %). За 1936 г. – минус 0,8 (228 %), за 1937 год – минус 0,6 (1246 %). По р. Аят в створе с. Варваринка влияние агротехнических мероприятий ( $\Delta Q$ ) за 1937 год составляет минус 0,9 мм (87 %). За 1938 год – минус 0,7 (80 %). По р. Тобол в створе г. Кустанай влияние агротехнических мероприятий ( $\Delta Q$ ) за 1938 г. составляет минус 1,0 мм (90 %).

Естественно такие результаты не соответствовали действительности. В связи с этим возникла необходимость установления причин, приводящих к таким результатам, и разработки способов их уточнения. По нашему мнению указанные обстоятельства связаны с отсутствием в методике учета действующей площади водосбора при формировании речного стока. Представление о действующей площади водосбора и необходимости ее использования при гидрологических расчетах впервые встречается в работах А. Б. Заводчикова [2]. По его мнению, действующей площадью водосбора, является та его часть, которая принимает участие в формировании речного стока. Как известно, в засушливые годы сток в районах Северного и Южного Казахстана формируется в основном за счет снегозапасов накопленных за зимний период в гидрографической сети водосбора и примыкающих к ней участков склонов, которые составляют 2...5 % его общей площади. В многоводные годы в формировании стока за счет снегозапасов принимает участие почти вся площадь речного бассейна. Изменение действующей площади водосбора А.Б. Заводчиков в основном связывает и изменение водности года – т. е. стока различной обеспеченности. Однако действующая площадь для рек с относительно низкой водоносностью изменяется в основном от 25 % до 40...50 %, в то время как для рек с высокой водоносностью она, как правило, составляет не менее 50 %. Таким образом, действующая площадь водосбора зависит как от водности района, в котором он расположен, так и от водности года. В качестве характеристики водоносности и водности можно использовать относительные параметры – слой стока или модуль стока. Зависимость действующей площади бассейна от модуля стока или слоя стока по нашему мнению может быть представлено в следующем виде:

$$F_{Д} = \frac{A}{1 + \exp(a - \nu h)} + c, \quad (2)$$

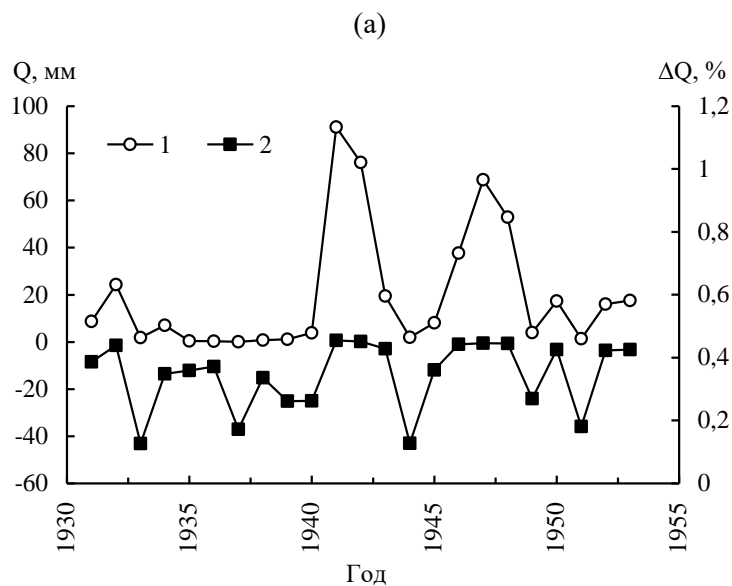
где  $F_{Д}$  – относительная действующая площадь водосбора, в долях единицы;  $h$  – слой стока, мм;  $A$  – амплитуда основных изменений действующей



площади, в долях единицы,  $c$  – минимальная действующая площадь, равная площади гидрографической сети водосбора, в долях единицы;  $a$ ,  $b$  – параметры. Для решения задачи по оценке влияния агролесомелиоративных мероприятий на речной сток параметры выражений (2) в первом приближении могут быть приняты:  $A = 0,98$ ,  $c = 0,02$ ,  $a = 4,76$ ,  $b = -3,40$ .

По мере накопления исходных материалов и результатов оценки влияния агролесомелиоративных мероприятий на речной сток параметры формулы (2) следует уточнять. Полученные характеристики действующей площади водосбора при использовании изложенной выше расчетной схемы по нашему мнению следует умножать на коэффициенты  $K_{ху}$ , и  $K_{хв}$ , учитывающие водоносность и водность района в пределах отдельных природных зон. Следовательно, можно полагать, что действующая площадь водосбора зависит от водности рек. С увеличением водоносности реки она увеличивается до 90...100 %, а с их уменьшением – уменьшается до 2...5 %. В качестве характеристики водоносности и водности реки могут быть использованы как уже отмечалось выше такие характеристики как слой и модуль весеннего или годового стока.

С учетом  $F_d$  поправки, учитывающие хозяйственную деятельность (столбец 6 в табл. 1...3), уже не превышают 100 %. Результаты оценки влияния распаханых площадей на сток р. Тобол – с. Гришенка, Тобол – г. Костанай приведены на рис. 2.



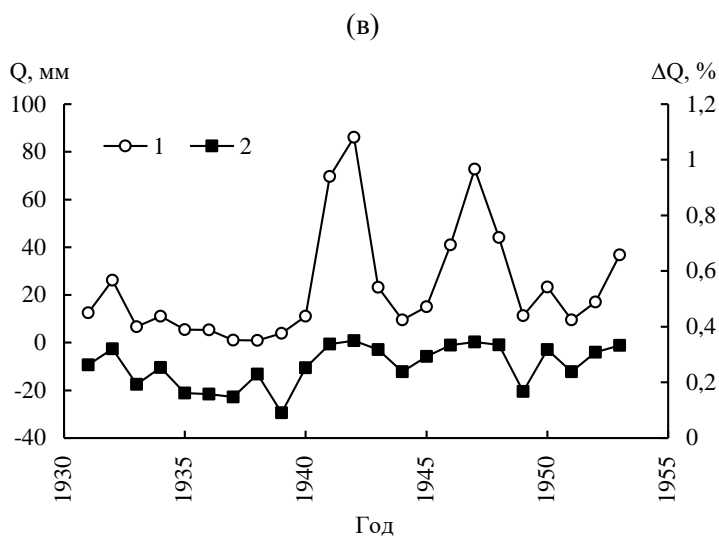
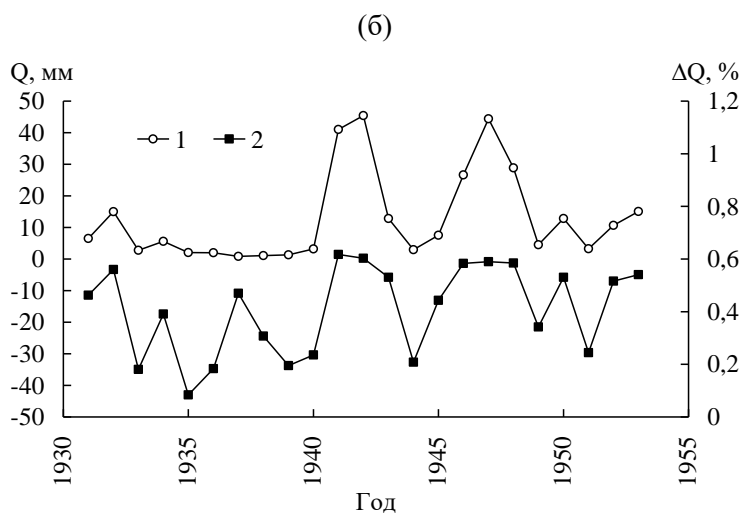


Рис. 2. Годовой сток р. Тобол – с. Гришенка (а), р. Тобол – г. Костанай (б), р. Аят – с. Варваринка (в) под влиянием агротехнических мероприятий: 1 – годовой сток реки в естественных условиях, мм; 2 – изменение стока в %.

На рис. 2 видно, что влияние распаханности на сток в среднем за период 1933...1953 гг. составляет: для р. Тобол – с. Гришенка 14 %, для р. Тобол – г. Костанай 16 %, для р. Аят – с. Варваринка 10 %.

Приведенные в табл. 1...3 и на рис. 2 исправленные на величину распаханности водосборов значения годового стока р. Тобол – с. Гришенка, р. Тобол – г. Костанай и р. Аят – с. Варваринка могут быть использованы при выполнении гидрологических расчетов в условиях современной сельскохозяйственной деятельности в пределах речных водосборов. Ис-

пользование этих данных совместно с результатами последующих наблюдений после освоения целинных и залежных земель позволит устранить неоднородность рядов годового стока и более надежно определить их статистические характеристики.

В заключении следует отметить, что введение понятия по действующей площади водосбора ( $F_{\text{отн.}}$ ) позволяет расширить использование выражения (1), для оценки влияния сельскохозяйственного освоения поверхности речных бассейнов на водные ресурсы равнинных регионов Казахстана и засушливых районов юго-восточной части Европейской территории России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айтымова Б.Б., Калибаева А.Т. Оценка влияния агротехнических мероприятий на сток основных рек Ишимского водохозяйственного бассейна. // Гидрометеорология и экология. – 2007. – № 1. – С. 90 - 92.
2. Заводчиков А.Б. Опыт расчета гидрографов весенних половодий по генетической формуле стока. // Труды ГГИ. – 1965. – Вып. 127. – С. 158 - 173.
3. Методические рекомендации по оценке и учету влияния агролесомелиоративных мероприятий на годовой сток в гидрологических расчетах. – Л: Гидрометеоздат, 1976. – С. 67 - 71.
4. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. – Л: Гидрометеоздат, 1986. – С. 71 - 72.
5. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. – Вып. 2. Кустанайская область Казахской ССР. – Л: Гидрометеоздат, 1959. – С. 154 - 156.
6. Разработать метод прогноза весеннего притока воды к каскаду Тобольских водохранилищ: Отчет о НИР/КазНИГМИ, № ГР 01.9.10029073 – Алматы, 1993. – С. 43 - 46.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

#### **ТОБЫЛ-ТОРҒАЙ СУШАРУАШЫЛЫҚ АЛҚАБЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БӨЛЕГІНДЕГІ НЕГІЗГІ ӨЗЕНДЕРДІҢ СУ ЖИНАУ ӘСІРІНЕ, АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ АҒЫНЫҢ ИГЕРУІН АҢЫҚТАУ БАҒАСЫ**

Геогр. ғылымд. канд. В.В. Голубцов  
Б.Б. Айтымова  
А.Т. Калибаева  
А.А. Белгожаева

*Тобыл өзенінің ағынына ауылшаруашылық су жинауының игеруіне әсер ететін аңықтау бағасы усынылған. Әсіресе қуаңшылық жылда, өзендердің су жинауын айтарлықтай игеру, жылдық ағынның анағұрлым қысқартылатыны көрсетілген. Алынған нәтижелер арқылы жылдық ағын қатарының бір қалыпсыздығын жоюға қолданылады.*

УДК 551.524.34

**К ОЦЕНКЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТАЯНИЯ ЛЕДНИКОВ ПО  
ДАНЫМ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Г.Н. Бисенгалиева

*Изложена гипотеза, объясняющая различие в трендах средних годовых расходов воды на близко расположенных гидропостах на р. Киши Алматы (Илейский Алатау).*

Глобальное потепление является одной из важнейших экологических проблем всего человечества. Исследования показывают, что в течение последнего столетия температура воздуха нашей планеты увеличилась на 0,6 °С, а на территории Республики Казахстан – на 1,5 °С, что в два с половиной раза больше, чем общемировые [3]. Потепление климата приводит к изменению характеристик многих климатозависимых природных процессов. Одним из них, имеющих большое экономическое значение, является таяние ледников.

Ледник Центральный Туюксуйский расположен в центральной части северного склона Илейского Алатау. По данным, приведенным в статье Е.Н. Вилесова и В.И. Морозовой [1], за период 1958...1998 гг. ледник потерял 30 % своего объема. В статье Н.Е. Касаткина [4] приведены новые данные об изменении размеров этого ледника. За период 1998...2006 гг. ледник Туюксу потерял 10 млн. м<sup>3</sup> льда или 8 % объема.

С изменением объема ледников меняется и гидрологический режим рек. Сокращение ледников может оказывать на питание рек как положительное, так и отрицательное влияние. Изменение ледникового стока зависит от площади, которая появляется за счет повышения фирновой линии. Если с этой площади сток талых вод окажется значительнее, чем он был на стаявших участках, то влияние на питание рек будет положительным. Если же новые участки окажутся менее ценными по водности, то влияние будет отрицательным. Однако степень отрицательного влияния не так велика, так как здесь учитывается лишь масса, связанная с исчезнувшей площадью ледника [6].

Оценка темпов дегляциации затрудняется сложностью и дороговизной геодезических работ, выполняемых при измерении морфометрических характеристик ледников. В настоящее время определение изменения объема

производится по данным об изменении его площади, что является крупным недостатком метода расчета, так как при этом используются формулы, в которых учитываются связи между площадью и объемом ледника, полученные для стационарного режима оледенения. Использование таких формул может приводить к большим погрешностям при определении объема ледника. Так, из работы Ю.К. Нарожного и С.А. Никитина следует, что в горном Алтае потеря объемов льда была обусловлена на 83 % за счет утончения ледников, и лишь на 17 % – за счет сокращения их площади [5].

В принципе о темпах дегляциации можно судить, наблюдая за изменением стока горных рек, т.к. ледники обеспечивают до 50 % их летнего стока. Однако при этом можно столкнуться со следующими обстоятельствами. Как следует из ранее сказанного, объем Центрального Туюксуйского ледника уменьшается из-за его сильного таяния. Однако анализ расходов воды [7, 8, 9, 10, 11] на ГП Мынжилки (бассейн р. Киши Алматы) за период 1941...2000 гг. свидетельствует о том, что линия тренда расходов имеет отрицательный наклон (рис. 1).

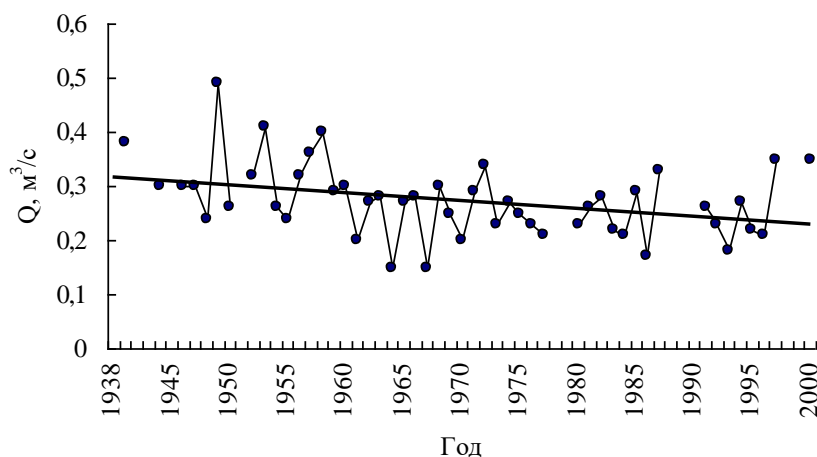


Рис. 1. Ход средних годовых расходов воды на ГП Мынжилки и линия тренда за период 1941...2000 гг.

ГП Мынжилки расположен на высоте 3017 м в непосредственной близости от современной морены ледника Туюксу, и поэтому питание р. Киши Алматы в этом створе обусловлено преимущественно таянием ледников. Потепление климата в данном районе в 20 веке подтверждается результатами измерения температуры воздуха на М Мынжилки. На основе регулярных стандартных наблюдений в статье Е.Н. Вилесова [2] представ-

лены следующие графики: ход средних годовых температур (рис. 2) и ход годовых сумм осадков (рис. 3) по М Мынжилки.

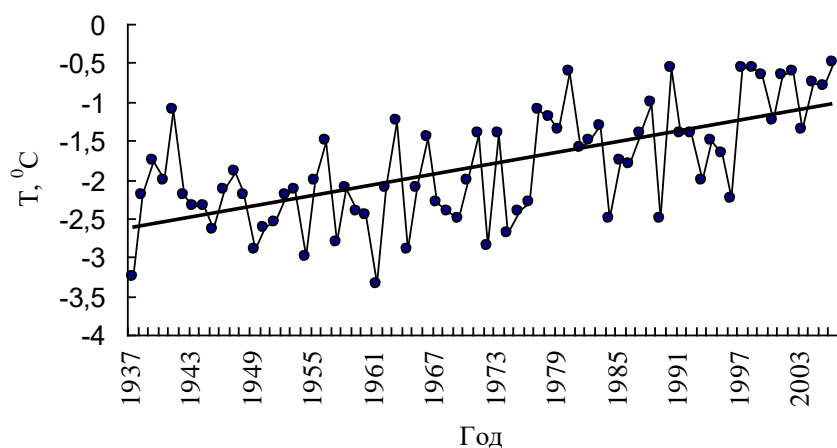


Рис. 2. Ход средней годовой температуры воздуха на М Мынжилки и линия тренда за период 1937...2006 гг. (по Вилесову [2]).

Минимальная средняя годовая температура воздуха составляет минус 3,3 °С (1961 г.), а максимальная – минус 0,5 °С (2006 г.). Среднее многолетнее значение годовой температуры воздуха (норма) за период 1937...2006 гг. составляет минус 1,8 °С. Сравнение термических условий периодов 1937...1972 гг. и 1973...2006 гг. показало, что в первый из них средняя годовая температура составила минус 2,2 °С (0,4 °С ниже 35-летний нормы), а во второй минус 1,4 °С (0,4 °С выше нормы).

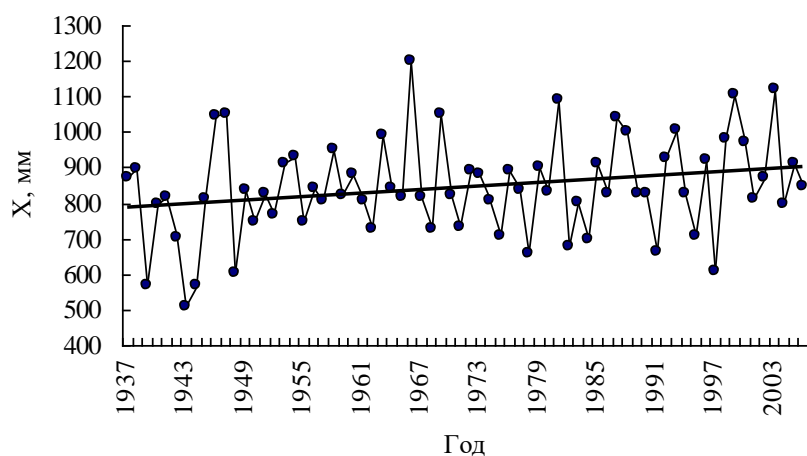


Рис. 3. Межгодовой ход атмосферных осадков на М Мынжилки и линия тренда за 1937...2006 гг. (по Вилесову [2]).

На рис. 3 видно, что несмотря на значительное колебание осадков от года к году имеет место монотонное увеличение их количества. Следовательно, казалось бы, тренд стока на ГП Мынжилки должен быть положительным. На то, что сток р. Киши Алматы увеличивается, указывают и наблюдения на гидропосту, расположенном ниже по течению р. Киши Алматы – створ «выше устья р. Сарысай» [7, 8, 10, 11] (рис.4), и где доля дождевого питания реки так же незначительна.

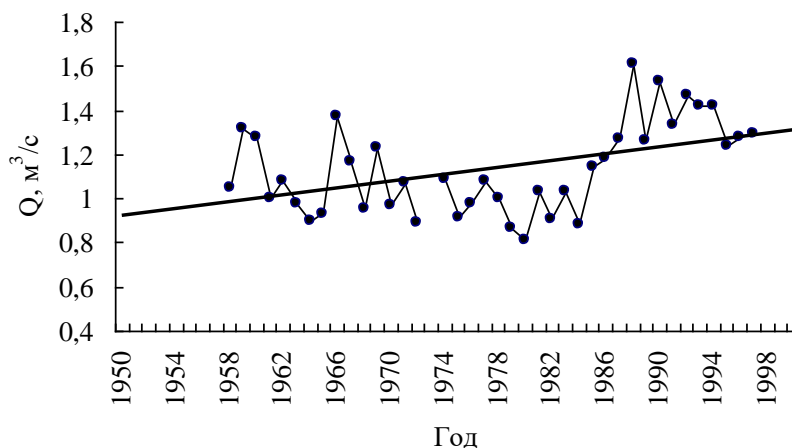


Рис. 4. Ход средних расходов воды выше устья р. Сарысай за 1958...1997 гг.

Чем же можно объяснить различие в трендах расходов воды в реке на близких по расстоянию створах? Наблюдение за таянием ледника Туюксу показывает, что большая часть талых вод в пределах его языка стекает по подземным каналам в теле ледника и мощной толщии рыхлообломочных отложений, по которой движется ледник. Часть воды выклинивается во фронтальной зоне ледника Туюксу, формируя поверхностный сток, другая часть продолжает движение по подземным каналам стока, в обход створа ГП Мынжилки. На это указывают выход родниковых вод ниже упомянутого гидропоста, а так же наблюдаемое увеличение расхода воды в р. Киши Алматы в створе Ворота Туюксу.

Цель настоящего сообщения – обратить внимание на то обстоятельство, что при поиске связи стока горных рек с деградацией оледенения необходимо учитывать возможность перераспределения стока на поверхностную и подземную составляющие при изменении морфометрических характеристик ледников.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Морозова В.И. Ледник Туюксу. Результаты сравнения

- съепок 1958 и 1998 г. // Гидрометеорология и экология. – 2003. – №3. – С. 82-90.
2. Вилесов Е.Н. Изменение климата высокогорья Илейского Алатау в условиях глобального потепления // Гидрометеорология и экология. – 2007. – № 1. – С. 29-38.
  3. Долгих С.А., Смирнова Е.Ю., Сабитаева А.У. К вопросу о построении сценариев изменения климата Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №1. – С. 7-19.
  4. Касаткин Н.Е. Новые данные об изменении размеров ледника Центральный Туюксуиский // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 4. – С. 93-101.
  5. Нарожный Ю.К., Никитин С.А. Современное оледенение Алтая на рубеже 21 века // Материалы гляциологических исследований. – 2003. – Вып. 95. – С. 93-101.
  6. Пальгов Н.Н. Современное оледенение в Заилийском Алатау.– Алма-Ата: АНКазССР, 1958. – 310 с.
  7. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Алматы, 1988. Книга 1. Вып. 4. – С. 156.
  8. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Алматы, 2001. Книга 1. Вып. 4. – С. 227.
  9. Основные гидрологические характеристики. Т. 13. Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – С. 166-168.
  10. Основные гидрологические характеристики. Т. 13. Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 96.
  11. Основные гидрологические характеристики. Т. 13. Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – С. 122.

РГП «Казгидромет»

## **ГИДРОМЕТРИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША МҰЗДАҚТАРДЫҢ ЕРУ ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ**

Г.Н. Бисенғалиева

*Кіші Алматы өзенінде (Іле Алатауы) бір-біріне жақын орналасқан гидробекеттердің орташа жылдық су өтімі трендтерінің арасындағы айырмашылықты түсіндіру гипотезасы берілген.*



УДК 556. 114

**ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАНАЛА  
ЕРТИС – КАРАГАНДА****Сообщение 2. Органические и биогенные вещества, нефтепродукты в воде.**

Доктор геогр. наук С.М. Романова

*Приведен анализ литературных данных и материалы собственных исследований по изучению режима органических веществ, биогенных элементов в воде канала им. К. Сатпаева в многолетнем цикле.*

Кроме минеральных компонентов, растворенных газов вода канала Ертис – Караганда (КЕК) содержит органические и биогенные вещества, обеспечивающие жизнь водным растениям и организмам, их взаимоотношение со средой. Органические вещества (ОВ) в водоемах и водотоках образуются в основном за счет различных внутриводоемных процессов (прижизненные выделения здоровых клеток, отмирание и распад отдельных популяций, биохимические взаимодействия, ферментативное разложение и др.), а также в результате поступления извне. Использование воды, содержащей большое количество фитопланктона, создает определенные трудности в эксплуатации канала, вызывает биологические помехи в работе гидротехнических сооружений и ухудшается качество воды.

Содержание легкоокисляющихся органических веществ (оценено по величине перманганатной окисляемости) в 1978...1992 гг. колеблется в пределах 0,8...12,8 мгО/дм<sup>3</sup> при среднегодовых колебаниях 3,5...8,6 мгО/дм<sup>3</sup> и лишь в 1993 г. отмечено повышенное содержание (8,3...31,0 мгО/ дм<sup>3</sup>, среднегодовое 15,7 мгО/ дм<sup>3</sup>). Значения перманганатной окисляемости (ПО) для воды КЕК в большинстве случаев не выходят за пределы средних их значений для природных вод аридных зон (5...10 мгО/ дм<sup>3</sup>) и подвержены сезонным и годовым колебаниям.

На содержание ОВ в природных водах вообще и КЕК, в том числе, оказывают влияние многие факторы, главными из которых являются гидрологический режим, количество взвешенных веществ, значения рН, температура воды, донные отложения и продукты разложения растительности.

Остановимся на последнем факторе более подробно. Поступление органических и взаимосвязанных с ними биогенных веществ в водоем или во-

доток происходит, прежде всего, из почв и донных отложений при разложении древесной и кустарниковой растительности, высшей водной растительности, наземных растений водосборного бассейна, фитопланктона, а также с атмосферными осадками, при береговой эрозии и др. Оценить влияние этих процессов на гидрохимический режим и качество воды зачастую весьма затруднительно, но крайне необходимо не только для познания и развития процессов, но и для их моделирования и прогнозирования указанных компонентов в проектируемых и действующих водоемах и водотоках.

В настоящее время накоплена определенная информация о скорости процесса разложения отдельных видов высшей водной растительности в озерах и водохранилищах РФ и Украины [6, 8]. В Казахстане для условий КЕК такие работы были впервые проведены в КазНИИРХ под руководством Н.А. Амиргалиева [2, 3]. В результате многолетних опытов рассчитан баланс биогенных и органических веществ (1977...1979 гг.), изучена самоочищающая способность водных масс канала и его водохранилищ (1980...1986 гг.). Так, показано, что на долю погруженной растительности приходится 71,4 %, воздушно-водной – 27,3 и фитопланктона – 1 % от общего запаса сухой фитомассы (27,6 тыс.т). В канале и его водохранилищах за счет деструкции и минерализации водной растительности и фитопланктона ежегодно образуется, соответственно, 1079 и 33 т органического углерода, 329 и 49 т минерального азота и фосфора.

Исследуемый регион характеризуется тем, что в водные объекты ЭТЭК, в том числе и в аванкамеры насосных станций (НС) ветрами заносится степное растение перекасти-поле (курай), которое оседает на дно и подвергается разложению в течение более года. Опыты показали, что за счет деструкции этого растения, ежегодно вносимого в количестве около 3,0 тыс.т, в КЕК попадает 119 т  $C_{орг}$ , 6,9 т минерального азота и фосфора. В районах НС удаляется около 10 % попавших растений, остальное количество деструктурируется. Распад легкоокисляющейся части ОВ на участке головного транзита канала в летнее время заканчивается в среднем за 6 суток, осенью, при меньших значениях температуры (12...16 °С) – за 10...12 суток. Это дало основание автору [3] констатировать факт достаточно высокой самоочищающей способности водных масс канала.

В 1991 г. в воде КЕК была определена бихроматная окисляемость (БО) и органический углерод (таблица 1). Содержание трудноокисляющегося органического вещества в воде канала отличается большой изменчивостью в течение года (21,1...98,0 мгО/дм<sup>3</sup>) и многолетнем цикле

(13,6...38,1 мгО/дм<sup>3</sup>) [5]. Значения БО весной и летом выше, чем в остальные сезоны года. Значение ПО составляет в среднем 16 % от бихроматной окисляемости.

Средняя годовая концентрация органического углерода составляет 16,9 мг/дм<sup>3</sup>, при колебании от 7,9 до 36,7 мг/дм<sup>3</sup>. Наибольшие его концентрации отмечены (как ПО, так и БО), весной и летом.

Таблица 1  
Предельные и средние значения окисляемости, органического углерода в воде канала Ертис – Караганда (1991 г.)

Сезон	ПО	БО	С <sub>орг.</sub>	ПО/С <sub>орг.</sub>	ПО/БО, %
	мг/дм <sup>3</sup>				
зима	4,8	22,0	8,2	0,6	22
весна	4,8...6,4	21,1...98,0	7,9...36,7	0,3	6...23
	5,7	45,9	17,2		
лето	6,0...6,4	85,8...85,8	8,2...32,2	0,3	7...7
	6,3	85,8	20,2		
осень	6,8	53,4	22,0	0,3	13
среднее за год	5,9	51,8	16,9	0,4	16

В 1969...1978 гг. содержание органического углерода не превышало 14,3 мг/дм<sup>3</sup>. Сопоставляя данные по органическому углероду в различных водных объектах Казахстана (р. Ертис у головного водозабора – 7,9 [1], р. Ертис, верховье – 6,8, Бухтарминское водохранилище – 6,9, р. Бухтарма – 5,3, оз. Зайсан – 6,3 [11], оз. Балкаш – 8,5 [12], Киргизии – реки бассейна оз. Иссык-Куль – 1,7 мг/дм<sup>3</sup> [7]), видно, что вода КЕК более богата органическим веществом. Причиной этого являются перечисленные выше источники поступления органического вещества и физико-географические условия региона.

Поскольку отношения ПО/БО, ПО/С<sub>орг.</sub> колеблются в пределах меньших единицы, можно предположить, что в воде КЕК преобладают органические соединения планктонного происхождения с алифатической структурой. Такое явление отмечалось многими исследователями [1, 10, 13]. В период становления КЕК и его водохранилищ эти отношения изменялись в пределах, соответственно, 17...52 и 0,4...1,4 [1].

Известно, что коэффициент БО/С<sub>орг.</sub> представляет собой кислородный эквивалент относительно углерода (К<sub>ов</sub>). Рассчитанные значения К<sub>ов</sub> в природных водах в различные сезоны года неодинаковы, что естественно, обусловлено разной степенью окисленности органических веществ. Значение К<sub>ов</sub> для воды канала составляет в среднем 2,4...4,2, редко достигает 10,5. Поскольку полученные значения в летнее время и в среднем за год

больше кислородного эквивалента глюкозы (2,7), то степень окисленности органических веществ в это время понижена и ее значения имеют отрицательный знак. Осенью наблюдается противоположная картина ( $K_{об} = 2,4$ ). Весной и зимой значение коэффициента  $K_{об} = 2,7$ .

Нефтепродукты относятся к наиболее опасным загрязнителям не только природных вод, но и экосистем в целом. Расширение географии нефтедобычи и нефтепереработки, а также спектра применения нефти и ее продуктов в Казахстане обостряет экологическую ситуацию на прилегающих территориях.

Национальным экологическим центром РК постоянно совершенствуется и приводится в действие экологическая политика на нефтедобывающих (НДЗ) и нефтеперерабатывающих (НПЗ) заводах, в частности, Павлодарском НПЗ [11]. По данным Н.Ю. Медведевой мощность этого завода (ПНПЗ) составляет 7,5 млн. тонн нефти в год. Доля Павлодарского НПЗ в общем объеме производства продуктов нефтепереработки РК составляет по бензину – 60 %, керосину – 54 %, дизельному топливу – 44 %, мазуту – 22 %.

Нефтепродукты попадают в водоемы и водотоки при перевозке нефти водным путем, со сточными водами любых предприятий, особенно НДЗ и НПЗ, при аварийных выбросах в атмосферу или водный источник.

Определение содержания нефтепродуктов в воде КЕК проводилось нами в 1986...1988 гг. и 1991 г. (таблица 2). Вода КЕК загрязнена нефтепродуктами и превышает рыбохозяйственные ПДК в 3,6...16,0 раз, причем максимальная концентрация (0,80 мг/дм<sup>3</sup>) отмечена зимой 1991 г. [14].

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов в воде канала Ертис – Караганда, мг/дм<sup>3</sup>

Год	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	
1986	0,18	0,05	0,23	
1987	0,25	0,10	0,31	
1988	0,15	0,12	0,18	
1991	0,40	0,24	0,80	
ПДК в.р.	0,05			
1991 г.				
Место отбора	Дата	t °С	мг/дм <sup>3</sup>	В единицах ПДК
НС №4	февраль	0,4	0,80	16,0
НС №2	апрель	5,9	0,24	4,8
НС №5	апрель	5,4	0,27	5,4
НС №4	июнь	19,0	0,32	6,4

При изучении гидрохимии КЕК большое внимание уделялось также режиму и динамике биогенных элементов, от которых в значительной степени зависит формирование качества воды, развитие первичной продукции и др. процессы. Кроме того, данные по биогенным элементам необходимы для гидроэкологической оценки водных экосистем ЭТЭК.

Из соединений азота преобладающими (до 88,5 %) являются *нитраты* (рисунок 1).

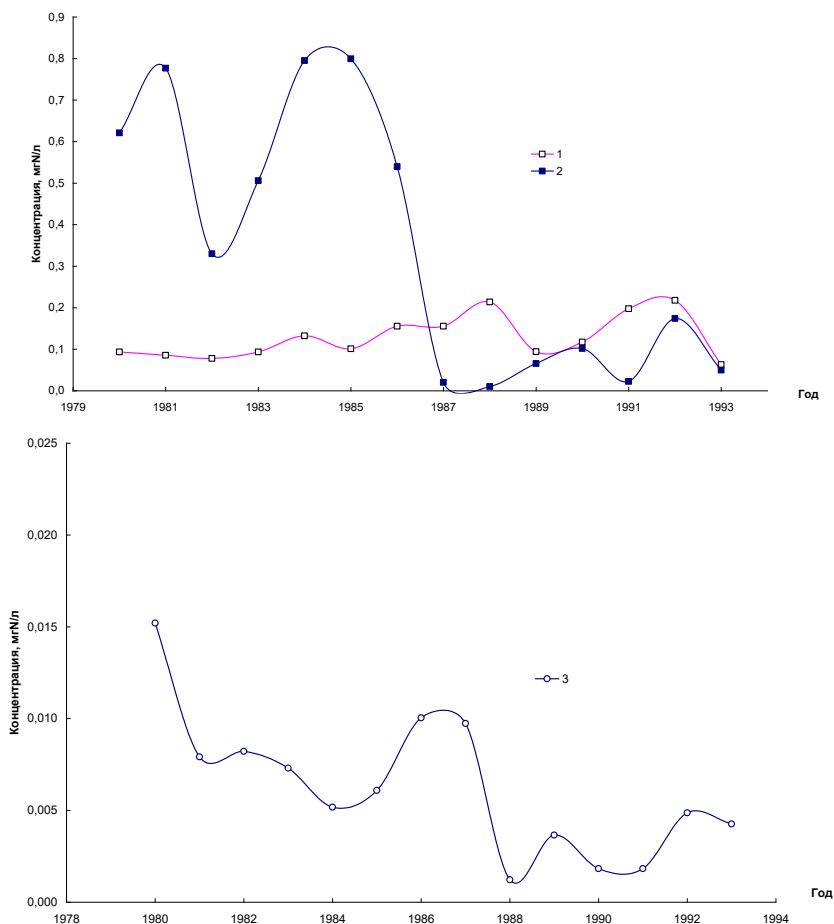


Рис. 1. – Изменение концентраций соединений азота в воде канала Ертыс – Караганда в многолетнем цикле. 1 –  $\text{NH}_4^+$ , 2 –  $\text{NO}_3^-$ , 3 –  $\text{NO}_2^-$ .

За 14-летний период наблюдений концентрация  $\text{NO}_3^-$  – ионов в воде КЕК изменялась в пределах 0...1,39 мгN/дм<sup>3</sup>, при средних значениях 0,02...0,80 мгN/дм<sup>3</sup>. Содержание нитратов в воде р. Ертыс за 1969...1978 гг. изменялось в пределах 0...3,99 мг/дм<sup>3</sup>, что составляло

90,1 % от суммы соединения азота [1], а в 1989...1990 гг. – 0...0,54 мг/дм<sup>3</sup> (63,1 % от суммы соединений азота). Самые высокие концентрации нитратов в воде КЕК, как и в самой р. Ертис, наблюдаются зимой, а самые низкие – летом (обычно в августе). В зимний период при минимальном потреблении азота происходит разложение ОВ и переход азота из органических форм в минеральные. Кроме того, мы полагаем, что источником приноса нитратов в канал являются поступающие в его русло подземные и грунтовые воды. Следует отметить, что русло канала в районе исследования небетонированное. Зимой, ранней весной и осенью, когда потребность в воде канала невелика и по нему прокачивают мало воды, в его русло поступают подземные и грунтовые воды, которые содержат повышенные концентрации нитратов. Кроме того, дополнительно нитраты, а также нитриты и ионы аммония, фосфатов поступают в канал за счет деструкции степных растений, попадающих в аванкамеры НС, о чем убедительно доказал опытным путем Н.А. Амиргалиев [2].

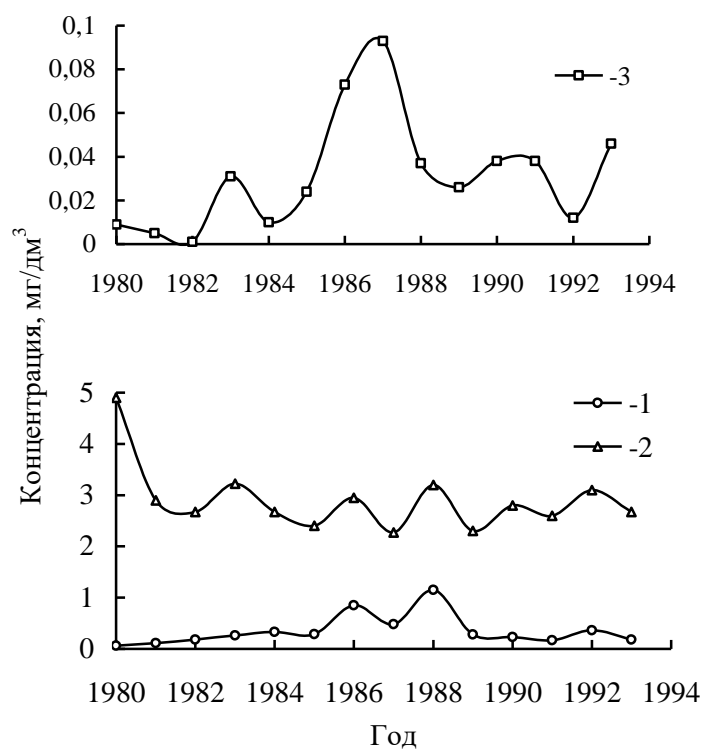


Рис. 2 – Изменение концентраций железа (1), кремния (2) и фосфора (3) в воде КЕК в многолетнем цикле.

Основным процессом, способствующим снижению концентрации  $\text{NO}_3^-$ -ионов, является потребление их фитопланктоном и денитрифицирующими бактериями, которые при дефиците растворенного в воде кислорода используют нитратный кислород на окисление органических веществ.

Из всех форм азота наименее устойчивыми являются *нитриты*. На их долю приходится 1,8 % от суммы соединений азота. Максимальная их концентрация ( $0,03 \text{ мгN/дм}^3$ ) наблюдается в осенне-зимний период. Весной и летом их содержание чаще снижается до нуля, либо не превышает  $0,01 \text{ мгN/дм}^3$ . В многолетнем цикле для нитритов прослеживается такая же закономерность, как и для нитратов: начиная с зимы 1988 г., отмечается уменьшение среднегодового содержания  $\text{NO}_2^-$  до  $0,004 \dots 0,016 \text{ мг/дм}^3$ , обусловленное, вероятней всего, водностью года. В таких же пределах ( $0 \dots 0,013 \text{ мг/дм}^3$ ) изменялась концентрация  $\text{NO}_2^-$  и в 1969...1978 гг. Практически постоянно в межгодовом и внутригодовом циклах концентрация  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NO}_2^-$ -ионов в воде канала не превышает, соответственно, 40,0 и  $0,08 \text{ мг/дм}^3$  ПДК для водотоков рыбохозяйственного назначения.

*Аммонийный азот* образуется в результате бактериального разложения азотсодержащих ОБ. Пределы варьирования концентрации  $\text{NH}_4^+$  ионов в многолетнем цикле составляют  $0 \dots 0,550 \text{ мг/дм}^3$ , причем максимум приходится на осенний период, как и в воде р. Ертис. Если разность в концентрации  $\text{NH}_4^+$  ( $C_{\max} - C_{\min}$ ) до 1986 г. составляла в среднем  $0,08 \text{ мгN/дм}^3$ , то после 1986 г. –  $0,24 \text{ мгN/дм}^3$ . За исследуемый период среднегодовая концентрация аммонийных ионов в воде КЕК не превышает ПДК ( $0,389 \text{ мгN/дм}^3$ ), но в отдельные сезоны их содержание приближается к ПДК.

В период своих наблюдений автор [1] отмечал, что благодаря установлению постоянной проточности и некоторой стабилизации уровня режима КЕК, а также с прекращением влияния залитой территории к 1975...1978 гг. максимальное содержание  $\text{NH}_4^+$  не превышало  $0,10 \text{ мг/дм}^3$ . В последующие годы наших работ в воде КЕК (НС №4) в большинстве случаев содержание аммонийных ионов колеблется в пределах  $0,15 \dots 0,40 \text{ мг/дм}^3$ . Такое увеличение их концентрации можно с уверенностью отнести к антропогенному фактору. Аналогичная картина отмечается и с нитритами. Если к 1975...1978 гг. содержание  $\text{NO}_2^-$  редко превышало

0,005, чаще 0,001, то в 1980...1993 гг. концентрация  $\text{NO}_2^-$  возросла на порядок (чаще 0,01...0,03 мг/дм<sup>3</sup>).

Содержание общего минерального *фосфора* очень низкое во все сезоны многолетнего цикла (0...0,184 мг/дм<sup>3</sup>), при среднегодовом колебании 0,001...0,093 мг/дм<sup>3</sup> вследствие низкой растворимости его соединений и интенсивного поглощения гидробионтами (рисунок 2). И, тем не менее, присутствие ионов ортофосфорной кислоты в водных массах природного водоема сильно влияет на развитие водных организмов и должно учитываться при определении и оценке биопродуктивности. Известно, что повышенные концентрации не только растворимых фосфатов, но и других биогенных элементов приводят к евтрофированию водотоков и водоемов.

В результате накопления соединений азота, фосфора, железа и кремния при замедленном потоке вод усиленно начинают развиваться растения и микроорганизмы, затем происходит их гибель. Все это приводит к ухудшению физико-химических свойств воды: уменьшается ее прозрачность; вода приобретает зеленый или желто-бурый цвет; появляется неприятный вкус и запах; повышаются значения pH; в осадок может выпасть карбонат кальция. Если сопоставить наши данные по содержанию фосфора в воде КЕК и других реках РК (среднегодовые за 1968...2001 гг.): р. Ишим 0...0,286; р. Сырдарья 0,002...0,40; р. Нура 0...1,06; р. Урал 0...0,269; р. Талас 0,004...0,240 мг/дм<sup>3</sup>, то видно, что они значительно ниже [4]. Очевидно, почвы вдоль трассы канала, донные отложения бедны фосфатами. Это связано также с отсутствием сброса в канал промстоков, содержащих соединения фосфора. Кроме того, известно, что фосфор на 70...80 % прочно связывается в труднорастворимые формы почв, а 20...30 % усваивается растениями и организмами.

Вода КЕК содержит относительно низкие концентрации *железа*, как и большинство рек Казахстана. Пределы варьирования среднегодовых концентраций железа составляют 0,06...0,85 мг/дм<sup>3</sup>. Чаще его концентрации не превышают ПДК(0,5 мг/дм<sup>3</sup>). Повышенные концентрации железа, 1,8...3,4 ПДК, отмечены в зимнее время 1985, 1986, 1988 и 1990 гг. В это время отмечалось и повышенное содержание  $\text{O}_2$ , гумусовых веществ, которые способствовали переходу железа в растворенное состояние преимущественно в виде комплексных соединений.

Из всех изученных биогенных элементов *кремний* является преобладающим (62,0 %). На долю нитратов приходится 25,3 %, железа 7,7 %, аммония – 3,7 %, фосфора – 0,9 %, нитритов – 0,4 % от суммы всех био-



генных элементов. Самые высокие концентрации кремния ( $8,8 \text{ мг/дм}^3$ ) обнаружены в зимнее время 1980 г., в остальные годы его содержание не превышает  $4,6 \text{ мг/дм}^3$ .

Необходимо отметить тот факт, что для всех биогенных элементов в многолетний период четко выраженной циклической закономерности не выявлено. Это свидетельствует о том, что соединения азота, фосфора, кремния и железа принимают активное участие в различных процессах экосистем «вода – ил – растение – организмы», протекающих с неодинаковой скоростью в различные сезоны года. В общем случае режим и динамика главных ионов, минерализации, газов, органических и биогенных веществ в воде канала (НС №4) зависит прежде всего от состава воды р. Ертыс, от влияния своей водосборной площади, участия веществ в различных гидрохимических, гидробиологических процессах и других факторов. В большинстве случаев нитраты накапливались зимой и весной, причем в зимний период отмечался их годовой максимум. В летний период за счет потребления водными растениями их содержание снижалось до годового минимума (рисунок 1). Противоположный внутригодовой ход прослеживается в режиме аммонийного азота за счет процессов нитрификации [14]. Наблюдавшееся некоторое увеличение содержания аммонийного азота до  $0,24 \dots 0,68 \text{ мг/дм}^3$  в осенний период может быть связано с накоплением в русле канала продуктов биохимического распада степной растительности, например, перекасти-поле, а также возможным поступлением азотных соединений с атмосферными осадками и с водосборного бассейна.

Строгой закономерности в распределении нитритов по сезонам года обнаружить не удалось. В большинстве случаев максимальные концентрации железа и кремния отмечались в зимне-весенний период за счет разложения фитопланктона, организмов и поступления с талыми снеговыми водами, минимальные – летом и ранней осенью за счет потребления их растительностью и зообентосом. Наиболее высокие концентрации фосфора обнаруживаются в воде КЕК в вегетационный период.

Анализируя данные предельных среднегодовых концентраций биогенных элементов в воде КЕК в многолетнем цикле, можно отметить следующее. Максимальное суммарное содержание всех биогенных элементов возросло в 1,4 раза (с  $11,8$  до  $16,3 \text{ мг/дм}^3$ ) в период антропогена (1980...1993 гг.) по сравнению с периодом становления и сформировавшегося гидрохимического режима (1969...1978 гг.). Больше всего возросла концентрация железа, на  $8,2 \%$ , затем – на  $2,0 \%$  нитратов, а фосфора и аммония – на  $0,7 \%$ , нитритов – на  $0,6 \%$ . Содержание кремния, наоборот,

уменьшилось на 12,2 %. Минимальное суммарное содержание биогенных элементов за эти периоды уменьшилось в 1,9 раз (от 1,36 до 0,71 мг/дм<sup>3</sup>). Это уменьшение обязано железу (на 2,9 %) и фосфору (на 0,5 %). Доля минимального содержания кремния и железа от суммы биогенов возросла, соответственно, на 2,7 и 0,7 %.

Таким образом, вышеприведенный материал свидетельствует об очевидном действии антропогенного фактора на режим органических и биогенных веществ, нефтепродуктов в воде канала в современный период: забор воды канала на подпитку водохранилищ-охладителей и другие гидротехнические нужды, приводящий к изменению гидрологических параметров; загрязнение воздушного бассейна и водоемов ЭТЭК из-за работы ГРЭС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А. Гидрохимия канала Иртыш-Караганда. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 199 с.
2. Амиргалиев Н.А. Искусственные водные объекты Северного и Центрального Казахстана (гидрохимия и качество воды). – Алматы: НИЦ «Бастау», 1998. – 191 с.
3. Амиргалиев Н.А., Лопарева Т.Я., Накупбеков С. Роль растительности в балансе органических и биогенных веществ в канале Иртыш – Караганда // В кн.: Круговорот вещества и энергии в водоемах. Гидрохимия и донные отложения. – Иркутск, 1981. – Вып. 5. – С. 5-7.
4. Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж. и др. Биогенные вещества в основных водотоках Казахстана. – Алматы: Каганат, 2003. – 723 с.
5. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования Киев: Наукова Думка, 1979. – 290 с.
6. Денисова А.И., Тимченко В.М., Нахшина Е.П. и др. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. – Киев: Наукова Думка, 1989. – 216 с.
7. Кадыров В.К. Гидрохимия оз. Иссык-Куль и его бассейна. – Фрунзе: Илим, 1986. – 212 с.
8. Ленчикова О.Е., Каплин В.Т. Поступление органических и биогенных веществ из растительного покрова в природные воды // Гидрохимические материалы. – 1970. – Т. 53. – С. 139-144.
9. Медведева Н.Ю. Экологическая политика на Павлодарском НПЗ // Abstracts II International Seminar «The Influence of oil production and main oil pipe – lines on the Environment». – Almaty, Kazakhstan – 1998. – P. 27-28.

10. Мумжу В.А., Бесчетнова Э.И. Формирование режима органических веществ Нижней Волги // Гидрохимические материалы. – 1987. – Т. 99. – С. 15-20.
11. Пильгук В.Я. Физико-химия воды р. Иртыш в условиях создания водохранилищ: Автореф. дис... канд. хим. наук / Казахский Государственный университет им. Кирова. – Алма-Ата, 1975. – 30 с.
12. Романова С.М., Казангапова Н.Б. Озеро Балхаш – уникальная гидроэкологическая система. – Алматы: ДООИВА Братство, 2003. – 175 с.
13. Скопинцев Б.А., Гончарова И.А. Соотношение между перманганатной окисляемостью и содержанием органического углерода // Гидрохимические материалы. – 1977. – Т. 66. – С. 17-33.
14. Romanova S.M., Kunanbaeva G.S. et al. Petroleum in water of some reservoirs of Kazakhstan// Abstracts II International Seminar “The Influence of oil production and main oil pipe – lines on the Environment”. – Almaty, Kazakhstan – 1998. – P. 41-43.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы

### **ЕРТИС ҚАРАҒАНДА КАНАЛЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ СИПАТТАМАСЫ**

**2-ші хабарлама. Органикалық, биогенді заттар және мұнай өнімдері**

Геогр. ғылымд. докторы    С.М. Романова

*К. Сатпаев атындағы канал суының көп дылдық цикліндегі органикалық заттарды, биогенді элементерді дерттеудің әдеби жолулары мен өзіндік зерттеу жұмыстарының материалдары келтірілген.*

УДК 556.5.114 (075.8)

**О СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДАХ В ПРЕДСКАЗАНИЯХ  
ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЧНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ**

Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев

*При современном состоянии деградации речных экосистем важным становится восстановление речного комплекса до уровня наблюдавшихся при естественном гидрологическом режиме водотоков. Для этих целей необходимо четко прогнозировать перспективные природные процессы, которые могут происходить в речной экосистеме под влиянием антропогенных процессов. Поэтому данная статья посвящается статистическим методам предсказания природных процессов в речной экосистеме.*

Учет структурных особенностей при диагнозе характеристик в долгосрочном прогнозе природных процессов в речной экосистеме, возможен при следующих предпосылках: во-первых, чтобы статистические характеристики рядов были устойчивы; во-вторых, необходимо наличие определенной регулярности в проявлении цикличности. Первое условие в природных процессах выполняется весьма приближенно, что касается второго, то оно накладывает следующие ограничения – наличие в квазипериодических колебаниях закономерного чередования высоких и низких значений, а в квазислучайных (стохастических процессах) – хотя бы группировки высоких и низких значений, отличной от случайной. Чтобы выявить наличие случайности (неслучайности) колебаний, необходимо использовать критерии систематического ряда, например, критерии экстремумов, повышений или понижений ряда (критерии Б.П. Вайнберга, М.А. Омшанского, О.А. Дроздова и др.) [1, 2, 3]. Цель использования таких критериев – выявить свойства в колебаниях анализируемых рядов, отличных от колебаний, имеющих место в случайных бессвязных рядах. Отметим, что в последних (рядах) числа повышений и понижений приблизительно равны, а число экстремумов распределено асимптотически нормально со средним  $m, \approx 2n/3$  и дисперсией  $D, \approx (16n - 29)/90$ . Для проверки гипотезы случайности ряда  $x_i$  достаточно рассчитать фактическое нормированное число экстремумов:

$$t_{\vartheta} = n_{\vartheta}^* - m_{\vartheta} / \sqrt{D_{\vartheta}}, \quad (1)$$

и сравнить его с нормированным значением  $t_{\alpha}$  нормального закона распределения при заданном уровне значимости  $\alpha$ . При  $t_{\vartheta} > t_{\alpha}$ , гипотеза о случайности ряда будет, по-видимому, неверна. Сущность критерия проверки случайности по числу повышений или понижений ряда состоит в следующем. Пусть имеется выборка  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ; к повышениям (+) в ряду относится ситуация, когда  $x_{i-1} < x_i$ , к понижениям (-) – когда  $x_{i-1} > x_i$ . Общее число ситуаций (+) + (-) =  $N$  распределено асимптотически нормально с математическим ожиданием:

$$m_{+} = m_{-} = n/2. \quad (2)$$

и дисперсией

$$D_{+} = D_{-} = n + 1/12. \quad (3)$$

Зная  $m$  и  $D$ , можно рассчитать нормированные значения повышений или понижений:

$$t_{+}^* = \frac{n_{+}^* - m_{+}}{\sqrt{D_{+}}}; \quad t_{-}^* = \frac{n_{-}^* - m_{-}}{\sqrt{D_{-}}}, \quad (4)$$

где  $n_{+}^*$ ,  $n_{-}^*$  – соответственно, число повышений (понижений) в ряду. Затем, проводится сравнение  $t_{+}^*$  и  $t_{-}^*$  со значениями нормированных ординат таблицы закона нормального распределения. Если  $t_{+}^*$  и  $t_{-}^*$  по таблице окажется меньше уровня значимости, то гипотеза о случайности исследуемого ряда отвергается и принимается гипотеза об устойчивости тенденции к повышению или понижению. Критерий Б.П. Вайнберга позволяет обнаружить изменение уровня ряда, а критерий М.А. Омшанского – оценить длительность разных циклов. Критерий случайности О.А. Дроздова базируется на вычислении разностей –  $d_1 = x_2 - x_1$ ,  $d_2 = x_3 - x_2, \dots$ ,  $d_{n-1} = x_n - x_{n-1}$ , между членами исходной последовательности. Суммирование разностей  $d_i$  приводит к выражению

$$D_k = \sum_{i=1}^k d_i = x_{k+1} - x_1, \quad (5)$$

т. е. при суммировании разностей вновь получается разностный ряд, но с интервалом в  $k$  – членов. Относя эти накопления разности к среднему

квадратическому отклонению разностного ряда  $\sigma_{Dk}$ , получаем искомый критерий случайности  $C_k$  по сравнению с естественной изменчивостью:

$$C_k = D_k / \sigma_D. \quad (6)$$

При наличии систематических тенденций эволюций уровня, ряд  $-C_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, N$ ), при одном из значений  $k$ , наконец, выйдет за пределы нескольких единиц, что будет характеризовать надежность установления тенденции. Мощность критерия  $C_k$  возрастает при вычислении разностей не между отдельными членами ряда, а между исследуемыми  $n$ -летиями

$$d_k^{(n)} = \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=k+1}^{k+n} x_i - \sum_{i=k}^{k+n-1} x_i \right). \quad (7)$$

Суммирование  $d_k^{(n)}$  дает величины:

$$D_k^{(n)} = \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=k+1}^{k+n} x_i - \sum_{i=1}^n x_i \right). \quad (8)$$

Для случайного бесвязного ряда дисперсия определяется как:

$$\sigma_D^{2(n)} = 2 \cdot \sigma_x^2 / n, \quad (9)$$

откуда

$$C_k^n = D_k^{(n)} / \sigma_D^{(n)}. \quad (10)$$

Сравнивая ряд  $D_k^{(n)}$  с  $\sigma_D^{(n)}$ , можно более точно оценить существенность отличия изменений в ряду  $x_i$  от колебаний в случайном бесвязном ряду. Математически постановку задачи статистического прогноза можно сформулировать следующим образом. Пусть  $x(t)$  – стационарный процесс, наблюдавшийся до момента  $t_0$ . После  $t_0$  сведений о значениях процесса нет. Требуется предсказать  $\hat{x}(t_0 + \Theta)$  – значение процесса в момент  $(t_0 + \Theta)$ , причем, – с наилучшей точностью. Истинное значение процесса  $x(t_0 + \Theta)$ , как правило, не совпадает с предсказанным  $\hat{x}(t_0 + \Theta)$ . Их разность

$$e(t + \Theta) = x(t_0 + \Theta) - \hat{x}(t_0 + \Theta), \quad (11)$$

представляет ошибку прогноза на время  $\Theta$ , произведенного в момент  $t_0$ . Располагая прошлыми и текущими значениями прогноза (предысторией), можно получить характеристику процесса, определяющую связь между его значениями, разделенными временным промежутком  $\Theta$ , а именно – корреляционную функцию. В гидрометеорологических исследованиях понятие статистическо-

го прогноза обычно связывается с задачей экстраполяции (интерполяции) и сглаживания случайного процесса. По известной реализации:

$$z(t) = x(t) + y(t), \quad (12)$$

в которой  $x(t)$  – детерминированная составляющая;  $y(t)$  – случайная составляющая; в случае  $y(t) = 0$  (процесс без ошибок) прогноз сводится к чистой экстраполяции. В случае наличия ошибок  $y(t)$ , прежде чем определить истинное значение реализации  $x(t)$  в некоторый момент  $t + \Theta$ , необходимо отделить его от ошибки наблюдения. Это задача о сглаживании (фильтрации) случайного процесса. Задача об экстраполяции тесно связана со сглаживанием, так как реализация случайного процесса включает в себя ошибки измерения. При этом задача экстраполяции сглаживанием состоит в том, чтобы по имеющейся реализации (12) на промежутке  $t_0 + \Theta$  дать прогноз реализации  $x(t)$  в момент  $t + \Theta$ , при  $\Theta > 0$ . При  $\Theta < 0$  – имеет место задача интерполяции со сглаживанием. В математической постановке задачи предполагается, что математические ожидания процессов –  $m_x(t)$ ,  $m_y(t)$ , их автокорреляционные и взаимные корреляционные функции заданы. При этом обычно считают  $m_x(t)$  и  $m_y(t)$  равными 0. В противном случае, вместо  $x(t)$  и  $y(t)$  рассматриваются их центрированные случайные функции (аномалии) –  $\Delta x(t)$ ,  $\Delta y(t)$ . Математическое решение задачи статистического прогноза сводится к получению наилучшего результата по всему множеству реализаций, т. е. к нахождению такого оператора  $L$ , который в применении к множеству реализаций  $z(t)$  давал бы наилучшее, в некотором смысле, значение реализации  $x(t_0 + \Theta)$

$$x(t_0 + \Theta) = L(x(t) + y(t)). \quad (13)$$

Для оценки качества прогнозирования вводится критерий качества прогнозирования, так или иначе связанный с ошибкой прогноза, – средним квадратом ошибки:

$$e^{-2}(t_0 + \Theta) = M((x(t_0 + \Theta) - \hat{x}(t_0 + \Theta))^2) \Rightarrow \min. \quad (14)$$

Чтобы вычислить предсказанное значение, нужно уметь выбрать правило вычисления ожидаемой оценки  $\hat{x}(t_0 + \Theta)$  – алгоритм прогноза. Алгоритм предсказания  $\hat{x}$  должен связать с ним предысторию процесса и его вероятностные характеристики. С другой стороны, качество алгоритма определится дисперсией ошибки прогноза.

Рассмотрим простейшие алгоритмы прогноза.

## Вероятностное прогнозирование значений случайного процесса

Оценка значения в реализации случайного процесса (в силу случайности физических явлений) в будущем (в момент времени  $t$ ) не может быть вычислена по точной формуле, но может быть описана в вероятностном виде. В случае стационарного и эргодического процессов,  $P(x, t)$  не зависит от времени и может быть определена по единственной реализации  $x(t)$  как:

$$P(x) = P(x(t) \leq \xi) = \lim_{T \rightarrow \infty} \left( \frac{T(x(t) \leq \xi)}{T} \right), \quad (15)$$

где  $T(x(t) \leq \xi)$  – общее время, в течение которого реализация  $x(t)$  находится не выше уровня  $\xi$ . В этом случае, значение  $x(t)$  в произвольный момент времени не превышает данного значения  $\xi$ . При  $x \rightarrow -\infty$ , интегральная функция распределения  $P(x) = P(x, t)$  стремится к 0, при  $x \rightarrow \infty$  – стремится к 1. По характеру изменения функции распределения от 0 до 1 различаются случайные процессы с разной вероятностной структурой. Можно сказать, что плотность вероятности определяет скорость изменения функции распределения, поскольку вероятность различных событий можно находить интегрированием плотности вероятности на кривой:

$$P(x_1 \leq x(t) \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} P(x) \cdot dx = P(x_2) - P(x_1). \quad (16)$$

Функция распределения существует как для непрерывных, так и для прерывных случайных величин и является универсальной характеристикой случайных величин, так как плотность характеризует их с вероятностной точки зрения. Зная функцию распределения случайной величины, можно найти вероятность ее попадания на заданный участок, которая равна приращению функции распределения на этом участке. При  $x_1 \rightarrow 0$ , получим  $x_2$ ,

$$P(0 \leq x(t) \leq x_2) = \int_{-\infty}^{x_2} P(x) \cdot dx = P(x_2), \quad (17)$$

т. е. площадь под графиком плотности вероятности левее точки  $x_2$  равна значению дифференциальной функции распределения в точке  $x_2$ . Таким образом, прогнозирование вероятности того или иного элемента может быть осуществлено при знании или прогнозировании функции распределения. Задача прогнозирования при использовании вероятностных моделей заключается в определении по кривой распределения вероятностей величины параметра  $x$ , такого, когда вероятность  $P(x)$  равна заданному значению  $P$ . Следует пом-



нить, что точность прогноза, с вероятностной точки зрения, в этом случае, будет зависеть от точности прогноза функции распределения.

### Прогноз по последнему значению

Прогнозирование по последнему значению реализации (инерционный прогноз), заключается в том, что в качестве предсказанного значения  $\hat{x}(t_0 + \Theta)$  принимается значение  $x(t_0)$ :

$$\hat{x}(t_0 + \Theta) = x(t_0). \quad (18)$$

Предсказанное значение здесь не зависит от предыстории прогноза (предыстория представлена лишь одной точкой – последним значением  $x(t_0)$ ), а вероятностные характеристики не учитываются совсем. Алгоритм прогноза заключается в умножении значения последнего наблюдения  $x(t_0)$  на 1, т. е. не требует выполнения никаких вычислительных операций. Прогноз, таким образом, можно выполнить, ничего не зная о процессе, не производя никаких вычислений. Однако, точность прогноза очень низкая. Возможная ошибка прогноза по алгоритму (11) здесь определяется как:

$$e(t_0 + \Theta) = x(t_0 + \Theta) - x(t_0), \quad (19)$$

а ее средний квадрат  $e^{-2}$ , если  $m_x = 0$ ,

$$e^{-2}(\Theta) = M((x(t_0 + \Theta) - x(t))^2) = \sigma_x^2 - 2 \cdot r_x(\Theta) + \sigma_x^2 = 2 \cdot (\sigma_x^2 - r_x(\Theta)), \quad (20)$$

Средний квадрат ошибки прогноза растет от 0, при  $\Theta = 0$ , когда  $r_x(0) = \sigma_x^2$ , до  $2\sigma_x^2$ , при  $\Theta = \infty$ , когда  $r_x(\infty) = 0$ . Об истинном качестве этого способа прогноза можно говорить после сравнения полученной ошибки с ошибками других алгоритмов и способов прогноза. Простота этого способа обеспечила ему широкое распространение.

### Прогноз по математическому ожиданию

Прогнозирование по математическому ожиданию заключается в том, что в качестве предсказанного значения  $\hat{x}(t_0 + \Theta)$  принимается математическое ожидание  $m_x$ . Как и в предыдущем способе, предсказанное значение здесь не зависит от времени прогноза  $\Theta$ . Различие заключается в том, что, хотя не требуется никакой информации о предыстории, необходимы сведения о свойствах процесса – о его математическом ожидании. Алгоритм прогноза не требует никаких вычислительных операций. Ошибка прогноза вычисляется по зависимости:

$$e(\Theta) = x(t + \Theta) - m_x, \quad (21)$$

и представляет собой отклонение процесса от среднего в момент  $t_0 + \Theta$ .

Средний квадрат ошибки не зависит от времени прогноза и равен дисперсии прогноза:

$$e^{-2}(\Theta) = M((x(t_0 + \Theta) - m_x))^2 = \sigma_x^2. \quad (22)$$

При малой заблаговременности  $\Theta$  прогноз по последнему значению явно предпочтителен, однако, после получения некоторой критической величины заблаговременности прогноза  $\Theta^*$ , когда  $e^{-2}(\Theta^*) = \sigma_x^2$ , метод прогноза по математическому ожиданию дает большую точность. Наконец, при  $\Theta \rightarrow \infty$  квадрат ошибки прогноза по математическому ожиданию (норме) вдвое меньше, чем по последнему отсчету. Так, предсказывая расход воды в реке на несколько дней, мы, руководствуясь инерцией, ориентируемся на ее текущее состояние, совершенно игнорируя средние многолетние величины. Наоборот, пытаясь предвидеть летом весеннее половодье, мы, напротив, прежде всего, ориентируемся на «норму» половодья.

### Статистический прогноз по одной точке

Стационарный эргодический процесс может быть как ансамблем реализаций, так и одной реализацией неограниченной длительности. Сечения ансамбля представляют собой случайные величины, функция распределения которых отождествляется с одномерной функцией распределения процесса. Обозначим случайную величину  $x(t_0)$  как сечение процесса в момент  $t_0$  – через  $x$ , а сечение  $x(t_0 + \Theta)$  – через  $y$  и будем рассматривать систему двух случайных величин  $x$ ,  $y$  – последнего значения предыстории и предсказанного значения. Компоненты системы  $x$  и  $y$  подчинены одномерным нормальным законам –  $N_1(m_x, \sigma_x)$ ,  $N_2(m_y, \sigma_y)$ . Алгоритм прогноза в рассматриваемом способе формулируется так, что в качестве предсказанного значения  $\hat{x}(t_0 + \Theta)$  выступает условное математическое ожидание  $m_{y/x}$  величины  $y$ , при условии, что  $x = x(t_0)$

$$\hat{x}(t_0 + \Theta) = m_{y/x}, \quad (23)$$

где аналогично уравнению регрессии:

$$m_{y/x} = m_y + r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot (x - m_x); \quad (24)$$

$$\sigma_{y/x} = \sigma_y \cdot \sqrt{1-r^2}. \quad (25)$$

Известно, что закон, постулированный при условии, что первая компонента  $x$  приняла определенное значение, называется условным законом распределения и имеет вид:

$$f_{(y/x)} = \frac{f(x, y)}{f(x)} = \frac{1}{\sigma_y \cdot \sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{1-r^2}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2(1-r^2)}\right) \cdot \left(\frac{y-m_y}{\sigma_y} - r \cdot \frac{x-m_x}{\sigma_x}\right) \quad (26)$$

или

$$f_{(y/x)} = \frac{1}{\sigma_y \cdot \sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{1-r^2}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2(1-r^2)}\right) \cdot \left(y - m_y - r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot (x - m_x)\right). \quad (27)$$

С учетом (26) и (27), получим плотность нормально распределенной условной случайной величины:

$$f_{(y/x)} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma_{y/x}} \cdot \exp\left(-\frac{y - m_{y/x}}{2 \cdot \sigma_{y/x}^2}\right). \quad (28)$$

Из (28) следует, что, при изменении одной из компонент, вид закона распределения второй компоненты не меняется, а меняется лишь его параметр  $m_{y/x}$  – условное математическое ожидание (24). Условная дисперсия (25) от значения  $x$  также не зависит. Зависимость  $m_{y/x}$  от  $x$  линейна и называется регрессией  $y$  на  $x$ . Ошибка прогноза по соотношению (24) определяется как

$$e(t_0 + \Theta) = x(t_0 + \Theta) - \hat{x}(t_0 + \Theta) = y - m_{y/x} \quad (29)$$

и представляет отклонение случайной величины  $y$  от своего условного математического ожидания, а средний квадрат ошибки –  $\bar{e}^2(\Theta) = M(y - m_{y/x})^2$  равен условной дисперсии  $\sigma_{y/x}^2$ . Учитывая (25) и (26), установим, что:

$$\hat{x}(t_0 + \Theta) = m_{x/y} = m_y + r_{x/y} \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot (x - m_x) \quad (30)$$

и

$$\bar{e}^2(\Theta) = \sigma_{y/x} = \sigma_y^2 \cdot (1 - r^2). \quad (31)$$

Поскольку процесс  $x(t)$  стационарен, математические ожидания и дисперсии сечений одинаковы:  $\sigma_y = \sigma_x = \sigma$ ;  $m_y = m_x = m$ . Коэффициент

корреляции  $r_{xy}$  равен значению нормированной корреляционной (автокорреляционной) функции

$$r_{xy} = r(\Theta). \quad (33)$$

Теперь алгоритм прогноза прост:

$$\hat{x}(t_0 + \Theta) = m + r(\Theta) \cdot (x(t_0) - m), \quad (34)$$

а средний квадрат ошибки оказывается зависящим от  $\Theta$ :

$$e^{-2} = \sigma^2 \cdot (1 - r(\Theta)). \quad (35)$$

Алгоритм предполагает знание отклонения процесса от среднего в момент  $t_0$ , т. е. одной точки предыстории, знание нормированной корреляционной функции  $r(\Theta)$  и математического ожидания  $m$ .

### Динамико-стохастический метод сверхдолгосрочного прогноза

Математический аппарат прогнозирования динамико-стохастическим методом содержит в своей основе предположение о стационарности прогнозируемых процессов во времени и наличии в процессе внутрирядных связей (даже при сдвиге степени  $\tau > 1$ ). Задача линейного экстраполирования (прогноза) стационарной случайной последовательности, удовлетворяющей условиям:  $m_x = \text{const}$ ,  $r_x = r(\tau) \neq 0$ , заключается в необходимости подбора таких действительных коэффициентов  $k_\tau$ , при заданных  $m > 0$  и  $\Theta > 0$ , при которых линейная комбинация:

$$\hat{x}_0(t_0 + \Theta) = \bar{x} + k_1 \cdot \Delta x_{t-1} + k_2 \cdot \Delta x_{t-2} + \dots + k_m \cdot \Delta x_{t-m} = \bar{x} + \sum_{\tau=1}^m k_\tau \cdot \Delta x_{t-\tau}, \quad (36)$$

является наиболее точным приближением к случайной величине  $\hat{x}(t)$ . В соотношении (36):  $\bar{x}_0(t_0 + \Theta)$  – прогнозируемое на момент  $t = t_0 + \Theta$  значение исследуемой величины  $x(t)$ ;  $\bar{x}$  – среднее значение  $x(t)$ ;  $\Delta x_{t-1}, \Delta x_{t-2}, \dots, \Delta x_{t-m}$  – последовательность предшествующих моменту  $t$  значений величины  $x(t)$  в отклонениях от  $\bar{x}$ ;  $k_1, k_2, \dots, k_m$  – коэффициенты обратной связи, определяемые путем решения системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} k_1 + k_2 \cdot r_2 + \dots + k_m \cdot r_{m-1} &= r_1, \\ k_1 \cdot r_1 + k_2 + \dots + k_m \cdot r_{m-2} &= r_2, \\ \dots \quad \dots \quad \dots & \\ k_1 \cdot r_{m-1} + k_2 \cdot r_{m-2} + \dots + k_m &= r_m \end{aligned} \right\}, \quad (37)$$

где  $r_1, r_2, \dots, r_m$  – последовательность значений корреляционной функции  $r(\tau)$ ;  $m$  – оптимальный период обратной связи.

Для определения периода обратной связи  $m_{opt}$  рекомендуется выполнять проверочное прогнозирование, при значениях  $m$ , последовательно увеличивающихся от 1 до 30 лет. В качестве оптимального выбирается то значение, при котором ошибка прогноза  $e^{-2}$  становится минимальной. Оценка точности прогнозов, как правило, производится по последовательности эмпирических коэффициентов связи между фактическими  $\Delta x_{if}$  и прогностическими  $\Delta x_{ip}$  аномалиями ряда. При этом прогностическое значение  $\Delta x(t + \theta)$  отыскивается по уравнению авторегрессии вида:

$$\Delta x(t + \Theta) = \sum_{k=0}^m \alpha_k \cdot \Delta x(t - k). \quad (38)$$

Коэффициенты  $\alpha_k$  для каждого заданного значения  $\theta$ , определяются, исходя из условия минимума ошибки экстраполяции, при решении системы уравнений:

$$r_{\Delta x}(\Theta + j) = \sum_{k=1}^m \alpha_k \cdot r_{\Delta x}(k - j); \text{ при } j = 1, 2, \dots, m, \quad (39)$$

где  $r_{\Delta x}(\tau)$  – корреляционная функция отклонений.

Число слагаемых  $m$  в сумме  $\sum_{k=1}^m$  следует выбирать таким, чтобы корреляционные моменты  $r_{\Delta x}(k - j)$  определялись по данным наблюдений в  $m$  – точках с требуемой надежностью. На рис. приведены результаты прогноза годового стока реки с заблаговременностью 1 год.

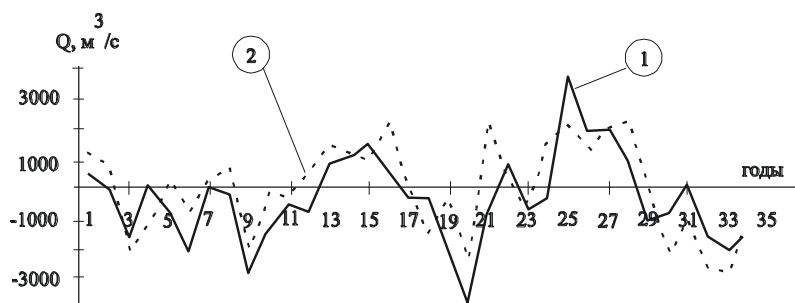


Рис. Результаты прогноза годового стока реки с заблаговременностью один год: 1 – фактический сток, 2 – прогнозные величины стока.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. – Алматы: Изд-во: «Каганат», 2003. – 532 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Нурмаганбетов Д.Ш., Волчек А.А. Теоретические и прикладные основы проблем планирования и управления природопользованием и охраной природы. – Алматы, Изд-во: «Каганат», 2007. – 360 с.
3. Бурлибаев М.Ж. Теоретические основы устойчивости экосистем трансзональных рек Казахстана. – Алматы, Изд-во: «Каганат», 2007. – 516 с.

Казахстанское Агентство Прикладной Экологии (КАПЭ)

### **ӨЗЕН ЭКОСИСТЕМАЫНДАҒЫ ТАБИҒИ ПРОЦЕСТЕРДІ БОЛЖАУДАҒЫ СТАТИСТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕМЕЛЕР ТУРАЛЫ**

Техн. ғылымд. докторы М.Ж. Бурлибаев

*Өзен экосистемасының қазіргі таңда деградацияға ұшырауына байланысты өзен кешенінің табиғи суағындарының гидрологиялық тәртібін бақылаушы дәрежесіне қалпына келтіру маңызды болып отыр. Осы мақсатта өзен экосистемасындағы антропогендік процестердің әсерінен болатын келешектегі табиғи өзгерістерді тура болжау қажет. Сондықтан осы мақала өзен экосистемасындағы табиғи процестерді болжаудың статистикалық әдістемелеріне арналады.*

УДК 546.212+556.114

**СЫРДАРИЯ АЛАБЫНЫҢ (ҚАЗАҚСТАНДЫҚ БӨЛІГІ)  
ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕЛУ ЖАҒДАЙЫ**

Г.С. Шалабаева

*Мақалада Сырдария алабының гидрохимиялық жүргісінің зерттелу сұрақтары қарастырылып, өзен суының минералдылығы және химиялық құрамы туралы алғашқы мәліметтердің пайда болуы туралы мағлұматтар беріледі.*

Бүгінгі таңда трансшекаралық өзендер мәселесі қызығушы жақтардың экономика салаларын су ресурстарымен толық қамтамасыздандыру тұрғысынан ғана емес, транзитті ағын сулардағы жылдан жылға нашарлап бара жатқан су сапасынан халықты қауіпсіздендіруді қамтамасыз етуде өзекті мәселеге айналуға.

Осы тұрғыдан қарастырғанда трансшекаралық Сырдария өзені бастауын Қырғыз және Тәжік Республикаларынан алып, Өзбекстан аумағы арқылы ағып өтеді де Қазақстанға суының сапасы барынша ластанып, ауыз суға жарамсыз болып жетеді. Сырдың суы 3,5 млн-ға жуық халқы бар Оңтүстік Қазақстан, Қызылорда облыстары үшін бірден-бір су көзі болып табылатындықтан, оның суының сапасы өте зор рөл атқарады. Сырдария суының сапасы туралы әр жерде айтылып жүргенімен нақты дәлелденген еңбектер жоқтың қасы. Бұл мәселенің өзектілігі жаңадан қалыптасқан егемен мемлекеттер арасында су бөлісуге байланысты арта түсетіндігі мәлім [1].

Сырдария алабының гидрохимиялық жүргісі туралы алғашқы мәліметтерді 19 ғасырдың аяғы мен 20 ғасырдың басында кездестіреміз. Бастапқыда бұл Ресей империясының жерге орналастырушылар тарапынан жүргізілген жекелеген мәліметтері болды. Өзеннің гидрохимиялық жүргісін зерттеудегі кейбір тәртіп 1910 жылы Түркістан өлкесінің Егін шаруашылығы басқармасында гидрометриялық бөлім құрылғаннан кейін ғана енгізілді. Осы басқарма байқаушылары өзеннің жеке тұстамаларында, мысалы, Сырдария – Запорожская бекеті (қазіргі Беговат) және Сырдария – Қазалы, Әмудария – Керкі және Әмудария – Чатлы, Нарын – Үшқорған, Қарадария – Қампыррат, Шыршық – Чиназ бекеттерінде химиялық талдауға су сынағанын алып отырды. Талдау нәтижелері Санкт-Петербургте басып шығарылатын арнайы «Гидрометриялық бөлім есептерінде» жарық көрді. Өкінішке орай, бұл

басқарма аз уақыт қана жұмыс істеді және 1917 жылы аймақтағы өзен суының химиялық құрамын байқау тоқтатылды. Кейінірек осы секілді зерттеулер суармалауға белгіленген аумақты зерттеуге орай жүргізіліп отырды.

Сырдария өңіріндегі гидрохимиялық зерттеулер тек Кеңес үкіметі орнағаннан кейін ғана кең ауқымда жүргізіле бастады және тұрақты сипатта болды. 1938 жылдан бастап Қырғыз, Өзбек және Қазақ Республикаларында өзен ағындысын байқауда химиялық талдауға да су сынамасы алына бастады. 1938...1941 жылдар аралығында Өзбекстан шегінде ғана су минералдығын байқау 30-дан астам тұстамада жүргізілді. 1972 жылы олардың саны 53-ке жетті, ал 20-ғасырдың 80 жылдары шамамен 100 тұстамаға (кәріз және каналдарда ашылған байқау бекеттерін есепке алғанда) жетті. Ол жылдары жылына орташа есеппен алты-жеті су сынамасы алынатын, ал 1980 – жылдардан бері сынама ай сайын алынады. Біздің пайымдауымызша гидрохимиялық зерттеулер басталғалы бері алынған сынамалар 15 мыңға жетті [2].

1975 жылға дейін өзен суының химиялық құрамы туралы мәліметтер гидрологиялық жынамаларда басып шығарылды, кейінірек әрбір мемлекеттің Гидрометеорология және табиғи органы бақылау Басқармалары шығаратын гидрохимиялық бюллетеньдерде жарық көрді. Орта Азияның егіншілікке алынатын суларының химиялық құрамы және минералдылығы бойынша мәліметтерді жалпылаған алғашқылардың бірі А.С. Уклонский (1925) болды. Автор гидрометриялық бөлім мәліметтерін қолданды және ірілеу өзендер мен каналдардың орташа су шамаларын шығарды. Сонымен қатар А.С. Уклонский талдау мәліметтерін тексерді, және де тотық түрінде берілген пішіннен мг-эквивалентті және мг-экв.% пішініне қайта есептеді. Оның мәліметтері бойынша, мысалы, Сырдария және Шыршық өзендеріндегі, сондай-ақ Мырзашөл каналындағы су минералдылығы 1911...1916 жылдары 0,5 г/мд<sup>3</sup>-ден аспады, су құрамының гидрокарбонатты-кальцийлігі басым болды [2].

В.А. Ковда «Происхождение и режим засоленных почв» монографиясында суларды суармаланатын аумақтың негізгі тұздану көзінің бірі ретінде қарастырады. К.М. Степанова гидрохимиялық жағдайымен ерекшеленетін өзендердің екі тұрпатын көрсетті: 1) су құрамында гидрокарбонатты ион және кальций басым аз сулы және қысқа тау өзендері және; 2) негізінен жазда таситын климаты құрғақ, жоғары температуралы таулы-жазықты жерде ағатын мол сулы өзендер. Бұл өзендердің құрамындағы кальций ионы сульфатты ионға орын береді, алайда натрий, магний және хлор иондарының құрамы артады.



Сырдария алабындағы өзен суының гидрохимиялық сипаттамасы (белгіленулер: 1 – судың минералдылығы, г/дм<sup>3</sup>; 2 – Алектин бойынша химиялық құрамы)

Өзен	Тұстама	Суармалау сатылары									
		1925...1950 жж.		1951...1960 жж.		1961...1970 жж.		1971...1980 жж.		1981...1986 жж.	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Келес	Сағасы	бақыланбаған				0,63	ГС-МКН	1,80	С-МКН	1,85	С-КМН
Арыс	Арыс	0,48	Г-НК	0,50	СГ-НМК	0,61	СГ-МНК	0,70	ГС-МКН	0,72	ГС-МКН
Сырдария	Каль	0,40	СГ-МК	0,45	ГС-НМК	0,62	ГС-НМК	1,04	С-МНК	1,10	С-МНК
	Қызылқишлақ	0,42	СГ-МК	0,59	ГС-НМК	1,03	С-МНК	1,20	С-МКН	1,25	С-МКН
	Қызылорда	0,48	СГ-МК	0,70	ГС-МНК	1,13	С-КМН	1,27	ХС-КМН	1,80	ХС-КМН
	Қазалы	0,49	СГ-МК	0,78	ГС-МНК	1,20	С-КМН	1,40	ХС-КМН	1,90	ХС-КМН

*Ескертпе:* СГ-НК – сульфатты-гидрокарбонатты – натрийлі-кальцийлі сынып, Г-НК – гидрокарбонатты-натрийлі – кальцийлі сынып.



Өзендердің бірінші тұрпатына К.М. Степанова Өгем, Піскем, Шыршық, Ахангаранды (бұл тек қана Сырдария алабы шегінде); ал екіншісіне – Нарын, Қарадария және Сырдарияны жатқызады.

1950 жылдардың аяғына қарай О.А. Алекин гидрологиялық жылнамалардың мәліметтері бойынша Сырдария алабы өзені суларының минералдану сипаттамасын жасады. Оның бағалауы бойынша, Ферғана аңғарынан төменде Сырдария суы сол жылдары гидрокарбонатты сыныпқа, екінші тұрпатқа (яғни гидрокарбонатты ион құрамы кальций және магний иондарының жиынтығынан аз болды) жатты. Арал теңізіне Сырдария өзені арқылы жылына 6,05 млн. т тұз түсіп отыратын. Өзеннің орта және төменгі ағыстарындағы судың минералдануы 0,3 г/дм<sup>3</sup>-ден (жазда) 0,6 г/ дм<sup>3</sup>-ге дейін өзгерді.

Э.И. Чембарисов (1973) Арал теңізі алабының көптеген өзендерінің орта және төменгі ағыстарындағы жыл сулылығына тәуелсіз суармалаудың дамуына байланысты минералданудың тұрақты артуына назар аударғандардың бірі болды.

А.П. Орлова (1973) суды пайдаланудың әртүрлі жағдайындағы Сырдария алабындағы минералдануға болжам жасады. Оның есептеулері бойынша келешекте суармалаумен байланысты өзен суының минералдану шамасының артатындығы күтіледі.

И.Н. Степанов және Э.И. Чембарисов (1978) Орта Азия және Өзірбайжанның жеке өзендерінің су минералдануына суармалаудың әсерін анықтады. Олардың мәліметтері бойынша, тек 1938...1971 жылдар аралығында судың орташа жылдық минералдануы Сырдарияда (Қызылқишлақ тұстамасы) 0,54-тен 0,92 г/ дм<sup>3</sup>-ге, яғни 1,7 есе; Шыршықта (Чиназ) 0,31-ден 0,44 г/ дм<sup>3</sup>-ге артқан. Минералданудың артуымен өзен суының химиялық құрамы да өзгерді, мысалы Сырдарияда гидрокарбонатты-кальцийлі сыныбынан сульфатты-натрийлі сыныпқа дейін (басым иондары бойынша) [2].

Н. Елибаев (1978) мәліметтері бойынша, Сырдарияның төменгі ағысындағы өзен суларының жылдық орташа минералдануы жеті-сегіз жыл аралығында 0,92-ден 1,5 г/ дм<sup>3</sup>-ге дейін артты, ал суы аз жылдары ол 2,4 г/ дм<sup>3</sup>-ге жетті. Сырдария өзенінің ионды ағынының орташа жылдық шамасы 7,6...10,2 млн. т шегінде құбылады. Оның еңбегі негізінен Сырдария өзенінің төменгі ағысындағы суқойманың гидрохимиялық

режимін зерттеуге және су режимінің бұзылуы жағдайында судың химиялық құрамының қалыптасу заңдылықтарын анықтауға және шаруашылықтың көптеген салаларының қажеттілігін қанағаттандыру үшін зерттелген суқоймалар суының сапасына баға беруге бағытталған. Берілген мақсатпен байланысты оның алдына қойған міндеттері Сырдария өзені мен көлдер жүйесінің 1938...1978 жылдар аралығындағы минералдану жүргісін, судың иондық құрамын, еріген газдарын, биогенді және органикалық заттарын зерттеу және суқойма суының химиялық құрамының метаморфизациясы мен қалыптасуының басты факторларын анықтау болды. Оның жұмысының ғылыми жаңалығы Сырдария өзенінің төменгі ағысындағы басты көлдер жүйелерінің көпжылдық гидрохимиялық зерттеу жұмысын орындауында.

Ал Мұқатаева Жазира Сағатбекқызының еңбегі (1997...2002 жж. аралығында Амангелді селосынан Қармақшы селосына дейін) Сырдария өзені суының минералдық тыңайтқыштармен және радионуклидтермен ластануын ғылыми түрде зерттеген. Ғылыми жұмыс Сырдария өзенінің су алабының қазіргі химиялық және радиологиялық құрамын анықтауға бағытталған. Зерттеулер нәтижесінде өзен суының типі мен құрамының өзгеру заңдылықтары, метаморфизация үдірісі, минералдық тыңайтқыш қалдықтарының және радиоактивті заттардың зерттелінген уақыт аралығында Сырдария өзені суындағы таралу динамикасы мен миграциясы көрсетілген.

Мұнымен қатар, Арал теңізі алабының су шаруашылық аудандарында соңғы жылдары ирригаторлар суармалауға жиі қашыртқылық-кәрізді ағындыларды қолдана бастады. Берілген аумақтың жер беттік ресурстарының бұл бөлігі, әсіресе минералдануы мен химиялық құрамы жеткіліксіз дәрежеде зерттелінген. Осыған қарамастан, Өзбекстанда осы сулардың жалпы көлемі бүгінгі таңда 20 км<sup>3</sup>-ты құрайды. Осы суларды (табиғи күйде) қайтадан ауыл шаруашылығында, балық өсіру үшін, кейде өнеркәсіптің жеке салаларында, тіпті ауыз су (сәйкес тазарту және тұзсыздандырудан кейін) үшін қолдануға болатындығы күмәнсіз.

Қашыртқылық-кәрізді сулардың химиялық құрамы мен минералдануы туралы алғашқы мәліметтер суармалауға жаңа жерлерді игеру бойынша жобаларды зерттеген және құрастырған топырақтанушы-мелиораторлардың есептері мен мақалаларында пайда бола бастады. Ферғана аңғарының кәрізді суларының минералдануы бойынша шағын мәліметтерді Б. Федоров, В. Малахов және Е. Федорованың арнайы «Засоленные почвы Ферганы и их мелиорация» кітабынан табуға болады.

Біршама көп мәліметтер В.А. Ковданың «Происхождение и режим засоленных почв» (1946...1947) еңбегінде келтірілген. Мысалы, оның мәліметтері бойынша, Ферғана аңғарында ғана қашыртқылы-кәрізді сулардың минералдануы 1,14 г/дм<sup>3</sup>-ден (Қоқан ауданы Гоячи тұстамасындағы кәріз) 15,6 г/дм<sup>3</sup>-ге (Сарысу қашыртқысы) дейін ауытқыған [2].

Сырдария алабындағы өзен суларының минералдану өзгерісі 1960-шы жылдардан бастап жылдың сулылығынан тәуелді ауытқулармен артады. Орта Азияда жер беті суларының минерализациясын келесі түрде жіктейді:

- 0,2 г/дм<sup>3</sup>-ге дейін – өзен алабының таулы бөліктері үшін тән;
- 0,2...0,5 г/дм<sup>3</sup>- өзеннің таудан шыға берісінде және алаптың ортаңғы бөліктерінің жоғарғы телімдерінде;
- 0,5...1,0 г/дм<sup>3</sup> – өзеннің төменгі телімдерінде;
- 1...3 г/дм<sup>3</sup> – өзен сағасында және тұзданбаған аумақтан ағып шығатын қашыртқыларында;
- 3...5 г/дм<sup>3</sup> – әлсіз тұзданған аумақ қашыртқыларында;
- 5...10 г/дм<sup>3</sup> – орташа тұзданған аумақ қашыртқыларында;
- 10 г/дм<sup>3</sup>-ден жоғары – күшті тұзданған телім қашыртқыларында [3].

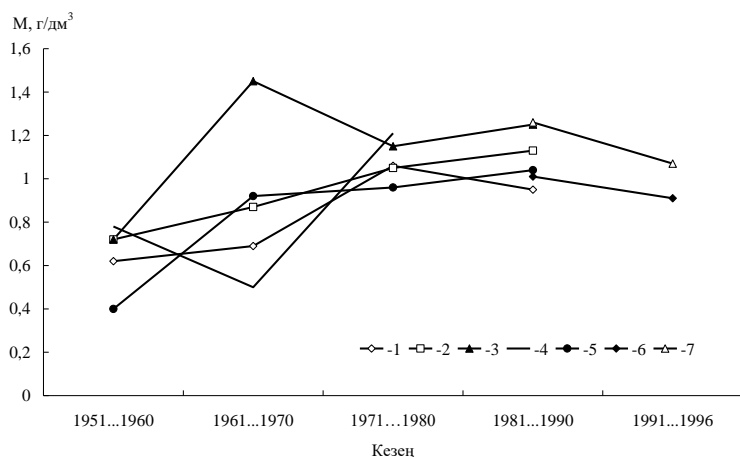
2-Кесте

Сырдария алабындағы судың химиялық құрамы мен минералдылығының көпжылдық өзгерісі, г/дм<sup>3</sup>

Гидробекеттер	Кезең				
	1951...1960	1961...1970	1971...1980	1981...1990	1991...1996
Нарын өз. – Үшқорған	S <sup>Ca</sup> II	-	-	-	-
	0,29	0,28/	0,34	0,37	0,42
Сырдария өз. – Каль кишлак	S <sup>Ca</sup> II	-	-	-	-
	0,62	0,69	1,06	0,95	
Сырдария өз. – Ақжар кишлак	S <sup>Ca</sup> II	S <sup>Na</sup> II	S <sup>Ca</sup> II		-
	0,72	0,87	1,05	1,13-	
Сырдария өз. – Қызылкишлак	S <sup>Ca</sup> II	-	S <sup>Mg</sup> III	S <sup>Mg</sup> II	-
	0,72	1,45	1,15	1,25	
Сырдария өз. – п. Надеждинский	S <sup>Ca</sup> II	S <sup>Ca</sup> II	S <sup>Ca</sup> III	-	-
	0,78	0,50	1,21	-	-
Сырдария өз. – пгт. Чиназ	S <sup>Ca</sup> II	-	-	S <sup>Ca</sup> III	-
	0,40	0,92	0,96	1,04	
Сырдария өз. – Көкбұлақ	-	-	S <sup>Ca</sup> II	-	-
				1,01	0,91
Сырдария өз. – Шардара	-	-	-	S <sup>Na</sup> II	S <sup>Ca</sup> II

Гидробекеттер	Кезең				
	1951...1960	1961...1970	1971...1980	1981...1990	1991...1996
				1,26	1,07

Судың ішуге жарамдылығының ең басты көрсеткіштерінің бірі – минералдану шамасы. Судың ішуге жарамдылық сапасын анықтау үшін шартты түрде градациялар белгіленген. Ауыз суға жарамды Өгем, Піскем, Шатқал, Қырғыз, Талас, Алатау және Көкшаалатау жоталарынан ағатын өзен сулары болып табылады және мұнда минералдану шамасы жыл аралығында 50-ден 200 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін өзгереді. Нарын және Қарадария өзендерінің сулары да жақсы ауыз суға жарамдылық сапасына ие. 1950...1960 жылдар мәліметтеріне сүйенсек, Сырдария өзенінің суы сабалық кезеңінде қанағаттанарлық, ал су тасу кезеңінде жақсы ауыз су сапасын иемденеді. Белсенді ирригация даму мен ірі гидротехникалық құрылыс басталғанға дейін Сырдарияның өзен суында орташа 0,25 г/дм<sup>3</sup>-ден (жоғарғы ағысында) 0,5...0,6 г/дм<sup>3</sup> (төменгі ағысында) гидрокарбонатты-кальцийлігі басым құрамды минералды заттар болды. А.С. Уклонский мәліметтері бойынша Сырдария және Шыршық өзенінде, сондай-ақ Мырзашөл каналындағы су минералдануы 1911...1916 жылдары 0,5 г/дм<sup>3</sup>-ден артпады, құрамы басым гидрокарбонатты-кальцийлі болды [4].



Сурет. Сырдария алабындағы су минералдылығының көпжылдық өзгерісі.

1 – Каль кишлак, 2 – Ақжар кишлак, 3 – Қызылкишлак,  
4 – п. Надеждинский, 5 – пгт. Чиназ, 6 – Көкбұлақ, 7 – Шардара.

Сырдария өзені алабындағы гидрохимиялық мәліметтердің көпжылдық өзгерісін қарастырғанда, су минералдылығы үлкен шектерде ауытқығанын анықтай алдық. 1951 жылдан бастап 1996 жылға дейін Сырдария өзенінің орташа жылдық минералдануы әртүрлі тұстамаларда 1,4-тен 3 есеге артқан (Қазалы тұстамасында 0,7 г/дм<sup>3</sup>-ден; Шардара тұстамасында 1989 жылдан 1996 жылға дейін 0,9-дан 1,30 г/дм<sup>3</sup>-ге дейін). Өткен онжылдықта 1950...1970 жж. жоғарғы ағыстағы минералдану (п. Үшқорған) елеусіз өзгерді – су тасу кезеңінде 0,2...0,3 г/дм<sup>3</sup>, сабалық кезеңде – 0,3...0,4 г/ дм<sup>3</sup>. Минералданудың орташа жылдық шамасының 0,4 г/дм<sup>3</sup>-ге арту үрдісі суы аз 1974...1975 жылдары байқалды. Судың минималды минералдануы су алудың барлық пункттерінде жазда тауда мұздықтардың белсенді еруі уақытында бақыланды [5].

60-шы жылдардың басында Сырдария өзені суының минералдылығы (п. Үшқорған) 0,4-тен 0,6 г/дм<sup>3</sup> аралығында өзгерді және тұздану тұрпаты гидрокарбонатты-кальцийлі болды. Сырдария өзенінің химиялық құрамы гидрокарбонатты-кальцийліден сульфатты-натрийліге өзгерген. Кейбір гидробекеттерде су құрамы 1980...1990 жылдары шұғыл өзгереді. Қазалы қаласындағы тұстамада су III тұрпатты сульфатты сынып болды, яғни  $Cl < Na^{+} + Mg^{2+}$  иондары қарым-қатынасындағы метоморфты су. Негізінен өзеннің ұзына бойына су II типті сульфатты сыныпқа жатады, яғни аралас су. Минералдану шамасы сондай-ақ жылдың сулылығынан тәуелді. Ертеден белгіленген факт, су аз жылдары өзендердің ызалық қоректену үлесі артады, өйткені мұндай жылдары еріген тұщы қар сулары су алаптан аз түседі. Сулылығы бойынша орташа, сондай-ақ су көп жылдары еріген қар суларының қоректену үлесі біршама жоғары, сондықтан да бақыланатын минералдану шамасы аз. Үлкен өзендерде (олардың ұзындығы бойынша) бұл заңдылық су алудың әсерінен бұзылады, өйткені жоғарғы ағыстағы суармалауға алынған таза су төменгі ағысқа қашыртқылы-кәрізді су түрінде қайтып оралады.

Сырдарияның Ферғана аңғарынан шығуымен Каль тұстамасынан бастап Қазалы қаласы тұстамасына дейін минералдану деңгейі жыл ішінде артады. Соңғы тұстамада ол 40 жыл ішінде 0,7-ден 2,01 г/дм<sup>3</sup>-ге өзгерген. Аталған ағынсуларда минералданудың артуы оған суармалы аумақтан минералданған қайтымды сулардың түсуі нәтижесінде өтеді. Сырдария өзені суының ионды құрамының талдауынан барлық иондар концентрациясы өзен ұзындығы бойынша артатындығын байқауға болады. Анионды топтан өзен ұзындығы бойынша шұғыл  $SO_4^{2-}$  және  $HCO_3$  артады. Салыстырмалы түрде су

құрамында  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  және  $\text{SO}_4^{2-}$  болу суармалы судың жағымды сапасына жатпайды. Арал теңізіне құйғанда су минералдылығы  $1...1,6 \text{ г/дм}^3$ , ол қажеттілік бойынша ауыз суға жарамды болып табылады. Өзен суының минералдылығы  $1,5 \text{ г/дм}^3$ -ден жоғары болғанда сульфат ионы гидрокарбонаттыдан басым болады, екінші орынды хлор анионы алады. Гидрохимиялық мәліметтер талдауынан су сапасының көрсеткіштері ағыс бойымен төмен жылдан жылға төмендейтіндігі көрінеді [6].

Сырдария өзенінің гидрологиялық және гидрохимиялық жүргісін зерттеу өзектілігі осы параметрлерді құралмен байқау басталған уақыттан анықталды. Мұнымен егерде мониторингтің бастапқы кезеңінде ең бірінші мақсат ағынсу суының ауыз су және ирригационды су сапасын анықтау болса, бүгінгі таңда осы мақсаттарға сондай-ақ экономиканың әртүрлі салалары үшін өзен суын қолданудың жарамдылығы немесе жарамсыздығы туралы біржақты жауап алу мақсатында Сырдария өзенінің табиғи гидрологиялық және гидрохимиялық жүргісінің өзгеруі туралы объективті бағалау қосылды. 1960 жылдан бастап бүгінгі уақытқа дейін Сырдария өзенінің гидрологиялық және гидрохимиялық режимінің төмендеуімен отандық зерттеушілердің көптеген еңбектерінде осы сұрақтарға біржақты жауап жоқ. Айта кету керек, осы уақытқа дейін Сырдария өзені үшін антропогендік факторлар кешені ықпалымен олардың өзгерісі көрінісін анықтау үшін табиғи және бұзылған гидрологиялық және гидрохимиялық жүргіні толық түрде салыстырмалы бағалау жүргізілмеген, сондай-ақ өзен гидрохимиясының ең басты мақсатының бірі – судың химиялық құрамының өзен сулылығынан тәуелділігі анықталмаған [3].

Бүгінгі таңда жүйелі түрде өзен суын экологиялық тұрғыдан табиғи жағдайдан антропогендік жағдайға өзгергендігін ғылыми түрде дәлелдеген еңбек жоқтың қасы, яғни біздің зерттемекші көзқарас тұрғымыздан ешкім зерттемеген. Ал менің алдыма қойған мақсатым табиғи сулардың химиялық құрамын, яғни басты иондарды, еріген газдарды, биогенді элементтерді, микроэлементтерді, органикалық газдарды жеке-жеке гидрохимиялық зерттеу жүргізілген 1938 жылдан бүгінгі күнге дейінгі антропогендік трансформацияға ұшырау дәрежесін және себебін қолда бар гидрологиялық жылнама және бюллетеньдерге сүйене отырып анықтау.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – С. 221-246.



2. Бурлибаев М.Ж., Ж.Д. Достай., А.А:Турсунов. Арало-Сырдарьинский бассейн / Гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления. – Алматы: Дәуір, – 2001. – С. 7-36.
3. Бурлибаев М.Ж. Проблемы оценки качества вод трансграничных рек и принципы экологического нормирования стока. // Гидрометеорология и экология. – 2005. – №2. – С. 100-119.
4. Захидов А. Водохозяйственные системы Средней Азии. – Ташкент: Изд. «ФАН», 1977. – С. 56-87.
5. Чембарисов Э.И., Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии. – Ташкент: Изд. «Укитувчи», 1989. – С. 31-98.
6. Якубова Р.А. Природные воды Узбекистана и охрана их от загрязнения пестицидами. – Ташкент: Изд. «ФАН», 1977. – С. 25-46.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы

### **ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БАСЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬИ (КАЗАХСТАНСКАЯ ЧАСТЬ)**

Г.С. Шалабаева

*Рассматриваются вопросы гидрохимического режима бассейна реки Сырдарья. Приведены первые сведения о химическом составе и минерализации р. Сырдарья. Оценено качество воды в результате антропогенной трансформации. Проанализировано качество трансграничного стока до станции Казалинск. Очевидно влияния переносимых загрязняющих веществ на ионный состав речного стока. Так как объем коллекторно-дренажного стока (КДС) из года в год увеличивается, оценено его влияние на гидрохимический режим реки.*

УДК 556.5.114 (075.8)

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ И  
ВЗАИМОВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ НА ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В  
РЕЧНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ**

Доктор техн. наук М.Ж. Бурлибаев

*В настоящее время при определении устойчивости речных экосистем вне поля зрения ученых остаются вопросы определения влияния и взаимовлияния процессов, происходящих в речной экосистеме как при естественном, так и в нарушенном гидрологических режимах водотоков. В рассматриваемой статье сделана попытка разработки методов для решения данной проблемы на основе дисперсионного анализа, как основного метода аппарата математической статистики.*

В природопользовании, при постановке прикладных комплексных исследований, экспериментальные данные часто требуется разбить на группы, отличающиеся между собой в количественном отношении, и установить сходство (различие) между ними. Например, определить степень влияния географических условий на ход тех или иных природных процессов и явлений. Лучше всего этим требованиям отвечает дисперсионный анализ, который широко используется при решении именно практических задач. Дисперсионный анализ позволяет установить с определенной долей уверенности влияние на изучаемый объект каждого из исследуемых факторов, в отдельности, или в определенных их сочетаниях. Необходимым условием использования дисперсионного анализа является разбивка каждого учитываемого фактора не менее чем на две группы [1, 2, 3]. Если влияние факторов нельзя выразить количественными показателями, то они могут быть представлены качественными, выраженными в виде баллов. Дисперсионный анализ базируется на законе распределения отношения средних квадратов (дисперсий):

$$S_1^2 / S_2^2 = F, \tag{1}$$

где  $S_1^2$  – среднеквадратическая ошибка средних отдельного опыта;  $S_2^2$  – суммарная среднеквадратическая ошибка средних всех опытов. Использование методов дисперсионного анализа позволяет дать ответ на следующие

щие вопросы: 1) значимо ли влияет изучаемый фактор на воспроизводимость и в целом на результат? 2) если установлено значимое влияние какого-либо фактора на результат, в целом, то начиная с какого уровня фактора это влияние действует; значимо ли различаются выборочные средние между собой? 3) какой количественной мерой можно оценить степень установленного влияния? Сущностью дисперсионного анализа является расчленение общей суммы квадратов отклонений и общего числа степеней свободы на части – компоненты, соответствующие структуре эксперимента, и оценка значимости действия и взаимодействия изучаемых факторов по F-критерию. С этой целью, дисперсия разделяется на независимые слагаемые, которые, затем, сравниваются между собой. Допустим, в результате измерения величины  $M$  получено значение  $X$  и пусть на процесс измерения влияют случайные независимые факторы  $A$  и  $B$ . Тогда, отклонение –  $M - X = \alpha + \beta + \gamma$ , где  $\alpha$  – отклонение под влиянием фактора  $A$ ,  $\beta$  – то же под влиянием фактора  $B$ , а  $\gamma$  – под влиянием остальных, неучтенных факторов, причем,  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  – независимы. В этом случае, дисперсия –  $D(M - X) = D(\alpha + \beta + \gamma)$ , а  $DX = (D\alpha + D\beta + D\gamma)$ , где  $D\alpha$  – характеризует влияние фактора  $A$ ,  $D\beta$  – влияние фактора  $B$ ,  $D\gamma$  – влияние остальных, неучтенных факторов. Дисперсия  $D\gamma$  называется *остаточной дисперсией*. Для оценки значимости факторов  $A$  и  $B$  сравниваются соответствующие дисперсии  $D\alpha$  и  $D\beta$  с остаточной дисперсией  $D\gamma$ . Если исследуется влияние одного фактора, то говорят об однофакторном дисперсионном анализе, при исследовании влияния двух факторов – о двухфакторном дисперсионном анализе и т.п. Рассмотрим простейшие способы применения дисперсионного анализа.

### Однофакторный дисперсионный анализ

При однофакторном дисперсионном анализе обычно изучается действие одного фактора на  $m$  – уровнях  $k > 2$ , при равном числе определений (измерений) на каждом уровне  $n$ . Пусть фактор имеет  $m$  – уровней. Из каждого уровня делается выборка из  $n$  – элементов. Общее количество выбранных элементов обозначается как –  $N = m \cdot n$ . Вся выборка представляет собой матрицу:

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Полагая, что данная выборка сделана из нормально распределенной генеральной совокупности, и задавая уровень значимости  $\alpha$ , необходимо проверить гипотезу  $H_0$  о равенстве средних значений на всех уровнях фактора –  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_m$ . При альтернативной гипотезе  $H_1$  не все средние значения  $\mu_i$  должны быть равными. В качестве статистики используется величина  $F$ , определяемая по аналогичной с (1) зависимости:

$$F = S_1^2 / S_2^2, \quad (3)$$

в которой  $S_1^2$  – дисперсия, характеризующая влияние исследуемого фактора (факторная дисперсия);  $S_2^2$  – дисперсия, характеризующая влияние остальных факторов (остаточная дисперсия). Если гипотеза  $H_0$  верна, то случайная величина  $F$  имеет  $F$ -распределение со степенями свободы  $m - 1$  и  $N - m = m \cdot (n - 1)$ . При проверке гипотезы  $H_0$  используется правосторонняя критическая область, исходя из условия:

$$P(F > f_\alpha) = \alpha. \quad (4)$$

Если значение статистики входит в критическую область, то гипотеза  $H_0$  о равенстве средних значений на всех уровнях фактора отвергается, т. е. считается значимым влияние исследуемого фактора. В противном случае, принимается гипотеза  $H_0$ , т. е. считается, что значимость влияния фактора не установлена. При определении  $F$  находится сумма квадратов отклонений элементов выборки относительно общего среднего арифметического:

$$Q = \sum_{j=1}^m \cdot \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2, \quad (5)$$

где  $\bar{X} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^m \cdot \sum_{i=1}^n X_{ij}$ , которая, в свою очередь, может быть разделена

на два независимых слагаемых –

$$Q_1 = n \cdot \sum_{j=1}^m (\bar{X}_j - \bar{X})^2, \quad (6)$$

$$Q_2 = \sum_{j=1}^m \cdot \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 \quad (7)$$

так, чтобы выполнялось равенство  $Q = Q_1 + Q_2$ ; здесь  $\bar{X}_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_{ij}$ , при  $j = 1, 2, \dots, m$  – групповое среднее. Суммой квадратов межгрупповых отклонений, характеризующих влияние исследуемого фактора, является

сумма квадратов отклонений групповых средних относительно общей средней (сумма  $Q_1$ ). С другой стороны,  $Q_2$  представляет собой сумму квадратов отклонений значений выборки относительно групповых средних, так называемую сумму квадратов внутри групповых отклонений. Эта сумма характеризует влияние остальных, неучтенных факторов. Имея суммы  $Q, Q_1, Q_2$ , можно вычислить соответствующие дисперсии:

$$S^2 = \frac{Q}{m \cdot n - 1}; \quad S_1^2 = \frac{Q_1}{m - 1}; \quad S_2^2 = \frac{Q_2}{m \cdot (n - 1)}. \quad (8)$$

Две последние дисперсии используются при вычислении  $F$ . При практических вычислениях, величины  $Q$  и  $Q_1$  находятся, обычно, по выборке, а  $Q_2$  – определяется как разность:

$$Q_2 = Q - Q_1. \quad (9)$$

В простейших случаях, на каждом уровне фактора, выбирается одинаковое количество объектов исследований, но нахождение сумм по (5) – (7) достаточно сложно, и более приемлемые формулы можно получить, преобразуя выражения (5) и (6), когда:

$$Q = \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n X_{ij}^2 \right) - \frac{1}{m \cdot n} \cdot \left( \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n X_{ij} \right) \right)^2; \quad (10)$$

$$Q_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n X_{ij} \right)^2 - \frac{1}{m \cdot n} \cdot \left( \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n X_{ij} \right) \right)^2. \quad (11)$$

Тогда, обозначив  $R_j = \sum_{i=1}^n X_{ij}^2$  и  $L_j = \sum_{i=1}^n X_{ij}$ , имеем:

$$Q = \sum_{j=1}^m R_j - \frac{1}{m \cdot n} \cdot \left( \sum_{j=1}^m L_j \right)^2; \quad (12)$$

$$Q_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^m L_j^2 - \frac{1}{m \cdot n} \cdot \left( \sum_{j=1}^m L_j \right)^2. \quad (13)$$

По исходной матрице (выборке) вычисляются суммы элементов и их квадратов по столбцам  $L_j$  и  $R_j$ , при  $j = 1, 2, \dots, m$ . Далее производится замена переменных  $Y_{ij} = X_{ij} - C$ . Целесообразно их выбрать близкими к общему среднему. В результате замены (для  $Y_{ij}$ ) получаются следующие формулы:

$$Q = \sum_{j=1}^m P_j - \frac{1}{N} \cdot \left( \sum_{j=1}^m T_j \right)^2; \quad (14)$$

$$Q_1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n T_j^2 - \frac{1}{N} \cdot \left( \sum_{j=1}^m T_j \right)^2, \quad (15)$$

где  $N = m \cdot n$ ;  $P_j = \sum_{i=1}^n Y_{ij}^2$  и  $T_j = \sum_{i=1}^n Y_{ij}$ , при  $j = 1, 2, \dots, m$ .

На практике не всегда удается гарантировать одинаковое количество элементов на каждом уровне фактора. Если количество элементов на  $j$ -м уровне, обозначенное через  $n_j$ , при  $j = 1, 2, \dots, m$ , то объем выборки составит:

$$N = \sum_{j=1}^m n_j. \quad (16)$$

Формула (15) может быть записана в виде:

$$Q_1 = \sum_{j=1}^m \frac{1}{n_j} \cdot T_j^2 - \frac{1}{N} \cdot \left( \sum_{j=1}^m T_j \right)^2, \quad (17)$$

а суммы  $P_j$  и  $T_j$  как –  $P_j = \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2$  и  $T_j = \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}$ . Тогда дисперсии определяются по зависимостям:

$$\sigma^2 = \frac{Q}{N-1}; \quad \sigma_1^2 = \frac{Q_1}{m-1}; \quad \sigma_2^2 = \frac{Q_2}{N-m}. \quad (18)$$

Остальные формулы не изменяются.

На примере материалов полевого опыта, в котором сравнивается урожайность озимой пшеницы при пяти вариантах технологий внесения удобрений и обработки почвы (табл. 1), проследим порядок выполнения дисперсионного анализа экспериментальных данных.

Таблица 1  
Средняя урожайность озимой пшеницы по вариантам опыта, ц/га

Вариант	Урожайность по повторениям				Суммы по вариантам	Средняя урожайность
	I	II	III	IV		
А (контроль)	47,8	46,9	45,4	44,1	184,2	46,0
В	53,7	50,3	50,6	48,0	202,6	50,6
С	46,7	42,0	43,4	40,7	172,8	43,2
Д	48,0	47,0	45,9	45,7	186,6	46,6
Е	41,8	40,0	43,0	41,6	166,4	41,6
Суммы по повторениям	238,0	226,2	228,3	220,1	912,6 = $\sum X_i = \sum V_i$ = $\sum P_i$	45,6 = $\bar{x}$

Алгоритм обработки опытных данных следующий:

1) в исходной таблице подсчитываются суммы урожаев – по вариантам (строки –  $V_i$ ), по повторениям (столбцы –  $P_i$ ) и определяются средние урожайности по вариантам (последний столбец);

2) проверяется правильность вычислений, для чего подсчитывается сумма сумм урожаев по вариантам и повторениям:  $\sum V_i = 184,2 + 202,6 + 172,8 + 186,6 + 166,4 = 912,6$  (ц/га),  $\sum P_i = 238,0 + 226,2 + 228,3 + 220,1 = 912,6$  (ц/га), и проверяется равенство –  $\sum X_i = \sum V_i = \sum P_i = 912,6$  (ц/га);

3) вычисляются средние значения урожаев по вариантам путем деления сумм по вариантам  $V_i$  на число повторений (в рассматриваемом примере,  $n = 4$ );

4) определяется средняя урожайность озимой пшеницы, в целом по опыту, делением общей суммы урожаев  $\sum X_i$  на общее число делянок  $N_i$  в опыте (20 дел.);

5) преобразуются исходные данные по соотношению  $X'_{ij} = X_{ij} - C$ , когда приняв за условное среднее число 45, близкое к среднему урожаю по опыту, можно облегчить вычисления сумм квадратов. Для варианта А (повторение I), при урожае 47,8 (ц/га) значение  $X'_{11} = 47,8 - 45 = 2,8$  и т. д. Преобразования значительно упрощают все последующие вычисления и не оказывают влияния на величину сумм квадратов отклонений. Преобразованные данные записываются в табл. 2, определяются суммы по повторениям (графам) и вариантам (строкам) и проверяется правильность расчетов по равенству –  $\sum P'_{ij} = \sum V'_{ij} = \sum X'_{ij} = 12,6$  (ц/га);

Таблица 2

Преобразованные данные

Вариант	$X'_{ij} = X_{ij} - C = X_{ij} - 45$ (ц/га)				$\sum V'_{ij}$
	I	II	III	IV	V
А(контроль)	2,8	1,9	0,4	-0,9	4,2
В	8,7	5,3	5,6	3,0	22,6
С	1,7	-3,0	-1,6	-4,3	-7,2
Д	3,0	2,0	0,9	0,7	6,6
Е	-3,2	-5,0	-2,0	-3,4	-13,6
$\sum P'_{ij}$	13,0	1,2	3,3	-4,9	$\sum X'_{ij} = 12,6$

б) вычисляются суммы квадратов отклонений для различных компонентов варьирования в следующей последовательности –

а) общее число наблюдений –  $N = m \cdot n = 5 \cdot 4 = 20$ ;

б) корректирующий фактор –  $S = \sum (x'_{ij})^2 / N = 12,6^2 / 20 = 7,94$ ;

в) суммы квадратов:

общая –  $S_Y = \sum (X'_{ij})^2 - S = (2,8^2 + 1,9^2 + \dots + 3,4^2) - 7,94 = 246,67$ ,

повторений –  $S_P = \sum (p'_{ij})^2 / m - S = (13,0^2 + 1,2^2 + 2,3^2 + 4,9^2) / 5 - 7,94 = 33,13$ ,

вариантов –  $S_V = \sum (v'_{ij})^2 / n - S = (4,2^2 + 22,6^2 + \dots + 13,6^2) / 4 - 7,94 = 194,25$ ,

ошибки:  $S_z = S_Y - S_P - S_V = 246,67 - 33,13 - 194,25 = 19,29$ ;

7) заполняется таблица дисперсионного анализа (табл. 3).

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа

Варианты	Сумма квадратов отклонений	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера	
				$F_{\Phi}$	$F_{0,05}^T$
Общая	246,67	19	–	–	–
Повторений	33,13	3	–	–	–
Вариантов	194,25	4	478,56	30,25	3,26
Остаток (ошибки)	19,29	12	1,6	–	–

Значение критерия  $F_{0,05}^T$  находится по Приложению [1] для 4-х степеней свободы дисперсии вариантов (числитель) и для 12 степеней – дисперсии ошибки (знаменатель). В опыте есть существенные различия между вариантами и  $H_0: d = 0$  отвергается  $F_{\Phi} > F_{0,05}^T$ ;

8) для оценки существенности частных различий и группировки вариантов вычисляются – ошибка опыта, ошибка разности средних и наименьшая существенная разность ( $HCP_{0,05}$ ) в абсолютных и относительных величинах:

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}} = \sqrt{\frac{1,60}{4}} \approx 0,64 \text{ (ц/га)}, \quad S_d = \sqrt{\frac{2 \cdot S^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,60}{4}} \approx 0,90 \text{ (ц/га)},$$

$$HCP_{0,05} = t_{0,05} \cdot S_d = 2,18 \cdot 0,90 = 1,96 \approx 2,0 \text{ (ц/га)},$$

$$HCP_{0,05} = \frac{t_{0,05} \cdot S_d}{\bar{X}} \cdot 100\% = \frac{2,18 \cdot 0,90}{45,6} \cdot 100\% = 4,3 \text{ (\%)}.$$

Для 12 степеней свободы ошибки, которые находятся как  $(m-1)(n-1) = (5-1)(4-1) = 12$ , по Приложению [1] отыскивается  $F_{0,05}^T = 2,18$ ;

9) результаты эксперимента и статистической обработки записываются в итоговую таблицу; на основе  $HCP_{0,05}$  распределяются варианты по группам и делаются выводы.



Таблица 4

## Сравнение урожайности озимой пшеницы с контролем

Вариант	Средняя урожайность, (ц/га)	Разность с контролем		Группа	Заключение о существенности разности
		ц/га	%		
A(контроль)	46,0	–	–	–	–
B	50,6	4,6	10,0	I	Существенна
C	43,2	-2,8	-6,1	III	Существенна
D	46,6	0,6	1,3	II	Не существенна
E	41,6	-4,4	-9,6	II	Существенна
$HCP_{0,05}$	–	2,0	4,3		

При распределении вариантов по величине  $HCP_{0,05}$  на три группы, руководствуются следующими положениями:

*I группа* – отклонения средних урожаев от контроля с положительным знаком больше  $HCP_{0,05}$  – существенное повышение урожая;

*II группа* – отклонение не выходит за пределы  $\pm HCP_{0,05}$  – разность несущественная;

*III группа* – отклонения с отрицательным знаком больше по абсолютной величине  $HCP_{0,05}$  – существенное снижение урожая.

Исходя из подобной группировки, вариант B (группа I) существенно превышает по урожаю контрольный вариант, а варианты C и E (III группа) существенно уступают ему. Вариант D (II группа) несущественно отличается от стандарта (контроля). Следовательно, на основе статистической обработки данных по урожайности озимой ржи, полученной в результате полевого опыта с пятью вариантами технологий внесения удобрений и обработки почвы, можно считать, что в варианте B в данных условиях получены более высокие урожаи, чем при традиционной технологии в контрольном варианте A.

А сейчас рассмотрим случай, когда используется критерий Фишера для установления различия влияния фактора на конечный результат анализа. Известно, что оптимальным условиям питания культурных растений соответствует среда достаточно увлажненной дерновой легкосуглинистой гумусированной нейтральной почвы. Ее можно создать путем внесения в пахотный горизонт добавок минерального грунта с определенным механическим составом. Формирование антропогенного почвенного слоя требует предварительных полевых экспериментов. В связи с этим, поставлена задача: определить влияние на урожай зерна ячменя различных доз гумуса (200, 300, 400, тонн абсолютно сухого вещества на гектар) при внесении его на фоне органомине-

ральных, органических удобрений и доломитовой муки. Исходная почва – дерново-подзолистая, глеевая, связносупесчаная, мелиорированная. Сведения об урожайности зерна ячменя в названных условиях приведены в табл. 5, куда занесена исходная информация по группам влияющего фактора (вариантам опыта) и некоторые результаты расчетов (для удобства сделано округление по урожайности до целых чисел).

Таблица 5

Однофакторный дисперсионный комплекс

Варианты опыта	Урожай ячменя по повторностям, ц/га*				$\frac{\sum X_i}{\sum X_i^2}$	$(\sum X_i)^2$	$M_i$
	I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль (фон)	$\frac{20}{400}$	$\frac{21}{441}$	$\frac{22}{484}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{83}{1725}$	<u>6889</u>	<u>20,75</u>
Фон + 200 т/га	$\frac{30}{900}$	$\frac{32}{1024}$	$\frac{32}{1032}$	$\frac{31}{961}$	$\frac{125}{3909}$	<u>15625</u>	<u>31,25</u>
Фон + 300 т/га	$\frac{35}{1225}$	$\frac{36}{1296}$	$\frac{35}{1225}$	$\frac{36}{1296}$	$\frac{142}{5032}$	<u>20164</u>	<u>35,50</u>
Фон + 400 т/га	$\frac{36}{1296}$	$\frac{35}{1225}$	$\frac{37}{1369}$	$\frac{37}{1369}$	$\frac{145}{5254}$	<u>21025</u>	<u>36,25</u>
$\sum X_k$	121	124	126	124	$\sum \sum X_{i,k} = 495$	$\sum (\sum x_i)^2 = 63703$	
$\sum x_k^2$	3816	3981	4102	4021	$\sum \sum x_{ik}^2 = 15920$		
$(\sum X_k)^2$	14641	15376	15876	15376	$\sum (\sum X_k)^2 = 61269$		
$\bar{X}_k$	30,25	31,00	31,50	31,00		$\bar{X}_{общ} = 30,93$	

*Примечание:\** В числителе – опытные данные, в знаменателе – квадраты этих показателей.

Производятся расчеты по вариантам опыта (строкам), с разносткой данных по столбцам: суммарный по повторностям урожай ячменя  $\sum X_i$  по каждому варианту опыта вносится в столбец 6 (числитель); затем, в столбце 7, приводятся квадраты суммарного урожая ячменя по повторностям  $(\sum X_i)^2$ ; среднее арифметическое  $\bar{X}_i$  по общему варианту опыта, заносится в столбец 8; определяется общее среднее  $\bar{X}_{общ}$ .

После получения данных по вариантам опыта производятся расчеты необходимых показателей по повторностям  $X_k$ . Сначала суммируются данные по урожайностям ячменя и приводятся в строке  $\sum X_k$  по повтор-

ностям. Суммы урожайности ячменя по вариантам опыта и повторностям должны совпасть и дать сумму всех вариантов  $\sum \sum X_{i,k} = 495$ . Аналогично суммируются квадраты этих показателей (знаменатель) по повторностям  $\sum X_k^2$ . Суммы сумм квадратов по вариантам и повторностям опыта должны совпадать и дать сумму квадратов всех вариантов  $\sum X_i^2 = \sum X_k^2 = 15920$ . Ниже записываются результаты возведения в квадрат сумм вариантов по каждой повторности  $(\sum X_k)^2$  и их сумма –  $\sum (\sum X_k)^2 = 61269$ . Вычисляется среднее арифметическое по каждой повторности опыта  $\bar{X}_k$ . Общее среднее арифметическое всех вариантов опыта составляет:  $\bar{X}_{общ} = (\sum X_{i,k})/N = 495/16 = 30,93$ .

Следующий этап расчетов – нахождение сумм квадратов отклонений, т. е. расчленение общего варьирования признака на составные части, исходя из равенства  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ , где  $Q$  – сумма квадратов отклонений по общему варьированию данных;  $Q_1$  – то же по группам фактора (варианты опыта);  $Q_2$  – то же по повторностям опыта;  $Q_3$  – то же по остаточному варьированию. Общая сумма квадратов отклонений вычисляется следующим образом:

$$Q = \left( \sum \sum X_{i,k}^2 - \left( \sum \sum X_{i,k} \right)^2 / N \right) / N = (15920 - (495^2)/16) / 16 = 620,94.$$

Затем находится сумма квадратов отклонений по группам фактора опыта по формуле:  $Q_1 = \left( \sum (X_i)^2 - \left( \sum \sum X_{i,k} \right)^2 / k \right) / i = 63703 - 495^2/4/4 = 611,69$ , где  $k = 4$  – число групп фактора;  $i = 4$  – число слагаемых в сумме по вариантам опыта (равное количеству повторностей). В данном случае, должно соблюдаться равенство  $N = k \cdot i = 4 \cdot 4 = 16$ .

Сумма квадратов отклонений по повторностям опыта находится по формуле  $Q_2 = \left( \sum (X_k)^2 - \left( \sum \sum X_{i,k} \right)^2 / i \right) / k = 61269 - 495^2/4/4 = 3,19$ .

Сумма квадратов отклонений по остаточному варьированию определяется из равенства  $Q_3 = Q - Q_1 - Q_2 = 620,94 - 611,68 - 3,18 = 6,08$ .

Результаты дисперсионного анализа данных урожая ячменя приведены в табл. 6. В таблицу вносятся рассчитанные суммы квадратов отклонений  $Q$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ . Число степеней свободы определяется следующим образом: по общей сумме квадратов отклонений  $\nu = N - 1 = 16 - 1 = 15$ ; по вариантам

опыта  $v_1 = n_1 - 1 = 4 - 1 = 3$ ; по повторностям –  $v_2 = n_2 - 1 = 4 - 1 = 3$ ; по остаточной сумме –  $v_3 = v - v_1 - v_2 = 15 - 3 - 3 = 9$ .

Таблица 6

Результаты однофакторного дисперсионного анализа

Варьирование данных	Сумма квадратов отклонений, $Q$	Степень свободы, $\nu$	Дисперсия, $\sigma^2$	Критерий Фишера, $F$	
				$F_\phi$	$F_T$
Общее по опыту	620,94	15	41,39	–	–
По вариантам опыта	611,68	3	203,89	304,31	8,81
По повторностям	3,18	3	1,05	1,56	8,81
Случайное (остаточное)	6,08	9	0,67	–	–

Дисперсия определяется путем деления сумм квадратов отклонений  $Q, Q_1, Q_2, Q_3$  на соответствующие им числа степеней свободы  $\nu, \nu_1, \nu_2, \nu_3$ , что можно выразить в общем виде формулой:  $\sigma^2 = Q/\nu$ . Фактический критерий Фишера  $F_\phi$  определяется путем деления каждой из величин дисперсий на значение остаточной дисперсии. Критическое значение критерия Фишера  $F_T$  находится по Приложению [1] на пересечении значений большей и меньшей степеней свободы, которые устанавливаются по величине сравниваемых дисперсий. Так как  $F_\phi > F_T$ , то внесение добавок минерального грунта положительно влияет на величину урожая ячменя в исследуемых условиях.

**Двухфакторный дисперсионный анализ**

Если в дисперсионный анализ включить несколько факторов, влияющих на результативный признак, то они должны быть независимыми друг от друга. При обработке данных исходной информации, алгоритм расчетов аналогичен однофакторному дисперсионному анализу.

Определим влияние метеорологических условий (фактор I) и водохозяйственных мероприятий (фактор II) на урожай биомассы трав в различных агроландшафтах.

Здесь имеет место обработка данных с двумя факторами, каждый из которых делится на две группы. Для этого составляется комбинационный (двухфакторный) дисперсионный комплекс (табл. 7). Каждый фактор характеризуется тремя наблюдениями (повторностями). Аналогичную схему можно использовать для двухфакторного анализа с большим числом групп и повторностей в каждом факторе.

Таблица 7

## Двухфакторный дисперсионный комплекс

Повторяемость опыта по фактору (II)	Биомасса, кг/м <sup>2</sup>		$\frac{\sum Y_i}{\sum Y_i^2}$	$(\sum Y_i)^2$	$\bar{Y}$
	Группы по фактору (I)				
	1992 год (сухой)	1994 год (влажный)			
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Группа фактора (II) (агроландшафт)					
Первая	5/25	4/16	9/41		
Вторая	6/36	5/25	11/61		
Третья	5/25	6/36	11/61		
$\Sigma/\Sigma$	16/86	15/77	31/163	961	5,16
Группа фактора (II) (антропогенный агроландшафт)					
Первая	3/9	5/25	8/34		
Вторая	4/16	6/36	10/52		
Третья	4/16	6/36	10/52		
$\Sigma/\Sigma$	11/41	17/97	28/138	784	4,66
$\frac{\sum X_i}{\sum X_i^2}$	27/127	32/174	59/301	$(\sum \sum Y_i)^2 = 1745$	
$(\sum X_i)^2$	729	1024		$(\sum \sum X_i)^2 = 1753$	
$\bar{M}$	4,50	5,33		$\bar{M}_{общ} = 4,90$	

*Примечание:*  $X_i$  – варианты опыта по фактору (I),  $Y_i$  – то же по фактору (II). В числителе – урожай биомассы, в знаменателе – квадрат чисел.

Суть двухфакторного дисперсионного анализа можно представить равенством:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (19)$$

где  $Q$  – общая сумма квадратов;  $Q_1$  и  $Q_2$  – соответственно, сумма квадратов отклонений для факторов (I) и (II);  $Q_3$  – сумма квадратов отклонений, имеющих место при взаимодействии факторов (I) и (II);  $Q_4$  – сумма квадратов отклонений по повторностям;  $Q_5$  – остаточная сумма квадратов отклонений неучтенных факторов. Общая сумма квадратов отклонений находится как:

$$Q = \sum \sum X^2 Y^2 - \left( \frac{(\sum \sum X_i Y_i)^2}{N} \right) = (301 - (59^2 / 12)) = 10,92,$$

где  $N = 12$  – общий объем выборки; сумма квадратов отклонений по фактору (I) как:

$$Q_1 = \sum (\sum X_i)^2 - (\sum \sum X_i Y_i) / n_x / k_x = (1753 - 59^2 / 2) / 6 = 2,08,$$

где  $n_x = 2$  – число групп фактора (I);  $k_x = 6$  – число вариант в каждой отдельной сумме; сумма квадратов отклонений по фактору (II) вычисляется аналогично:

$$Q_2 = (\sum(\sum Y_i)^2 - (\sum \sum X_i Y_i / n_y)) / k_y = (1745 - 59^2 / 2) / 6 = 0,75;$$

сумма квадратов отклонений, вызываемых взаимодействием факторов (I) и (II), определяется следующим образом:

$$Q_3 = (\sum(\sum Z_i^2) - (\sum \sum X_i Y_i)^2 / n_z) / k_z - Q_1 - Q_2 = (891 - 59^2 / 4) / 3 - 2,08 - 0,75 = 4,08,$$

где  $\sum(\sum Z_i^2) = (16^2 + 15^2 + 11^2 + 17^2) = 891$  – сумма квадратов сумм значений вариант по группам выборки комбинационной таблицы;  $n_z = 4$  – число сумм вариант по группам;  $k_z = 3$  – число слагаемых вариант в каждой группе выборки; сумма квадратов отклонений по повторностям  $Q_4$  определяется как  $Q_4 = (\sum(\sum X_i)^2 - (\sum \sum X_i Y_i) / n_{x,y}) / k_{x,y} = (1171 - 59^2 / 3) / 4 = 2,67$ , где  $n_{x,y} = 3$  – число сумм по повторностям;  $k_{x,y} = 4$  – число слагаемых в каждой сумме; сумма квадратов сумм  $X_i$ , вычисленная как:

$$\sum(\sum X_i)^2 = ((5+4)+(3+5))^2 + ((6+5)+(4+6))^2 + ((5+6)+(4+6))^2 = 1171;$$

сумма квадратов отклонений по остаточному варьированию составляет:

$$Q_5 = Q - Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 = 10,92 - 2,08 - 0,75 - 4,08 - 2,67 = 1,14;$$

число степеней свободы для  $Q$  будет –  $\nu = N - 1 = 11$ ; для  $Q_1$  и  $Q_2$  – соответственно, равно числу градаций фактора минус единица –  $\nu_1 = n_1 - 1 = 2 - 1 = 1$ ,  $\nu_2 = n_2 - 1 = 2 - 1 = 1$ ; для  $Q_3$  определится как –  $\nu_3 = \nu_1 \cdot \nu_2 = 1 \cdot 1 = 1$ ; для  $Q_4$  – равно числу повторностей минус единица –  $\nu_4 = 3 - 1 = 2$ ; для  $Q_5$  этот показатель определяется следующим образом –  $\nu_5 = \nu - \nu_1 - \nu_2 - \nu_3 - \nu_4 = 11 - 1 - 1 - 1 - 2 = 6$ .

Полученные расчетным путем характеристики сведены в табл. 8. Показатели дисперсии (табл. 8) вычисляются путем деления значений сумм квадратов отклонений на соответствующие значения степеней свободы. Фактический критерий Фишера определяется путем деления каждой из величин дисперсий на значение остаточной дисперсии. Критическое значение критерия Фишера найдено по Приложению[1].

Анализируя критерии Фишера, можно заключить, что влияние исследуемых параметров на биомассу существенно во всех рассмотренных случаях при вариации опытных данных

$$V = \sqrt{\sigma_{общ}^2} / \bar{M}_{общ} \cdot 100\% = \sqrt{0,99} / 4,9 \cdot 100\% = 20,0\% \text{ и } F_{\text{тм}} > F_{0,05}^T; \text{ дей-}$$

ствии группы факторов (II) на исследованных агроландшафтах не доказано

$$F_{TM} < F_{0,05}^T.$$

Таблица 8

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа

Варьирование данных	Сумма квадратов отклонений, Q	Степень свободы, v	Дисперсия, $\sigma^2$	Критерий Фишера	
				$F_\phi$	$F_{0,05}^T$
Общие по опыту	10,92	11	0,99	5,21	4,03
По фактору (I)	2,08	1	2,08	10,94	5,99
По фактору (II)	0,75	1	0,75	3,94	5,99
По взаимодействию факторов (I) и (II)	4,08	1	4,08	21,47	5,99
По повторностям	2,67	2	1,34	7,05	5,14
Остаточное	1,14	6	0,19	1,00	–

Оценку результатов эксперимента можно сделать и по критериям наименьшей существенной разности и Стьюдента. Для вычисления НСР и  $t$  находится ошибка среднего арифметического  $m_M$  всего опыта и ошибка разности средних по формулам:

$$m_m = \sqrt{\sigma_{ocm}^2 / N} = \sqrt{0,19/12} = 0,1258;$$

$$m_d = \sqrt{2 \cdot \sigma_{ocm}^2 / n} = \sqrt{2 \cdot 0,19/6} = 0,25;$$

$$НСР = m_d \cdot t_{0,05}^T = 0,25 \cdot 2,45 = 0,61,$$

в которых  $n$  – численность меньшей из сравниваемых частных групп. По критерию Стьюдента сравниваются средние арифметические данные по естественному и антропогенному агроландшафтам:

$$t = (M_{y,1} - M_{y,2}) / m_d = (5,16 - 4,66) / 0,25 = 2,00.$$

По Приложению [1] критерий Стьюдента –  $t_{0,05}^T = 2,45$ , при  $P = 0,95$  для  $v = 6$ . Таким образом, на биомассу трав в агроландшафтах не влияет мелиорация (т. е. фактор II), так как  $t_\phi = 2,0 < t_{0,05}^T = 2,45$ , при  $P = 0,95$ ; метеорологические условия (фактор I) достоверно влияют на биомассу трав, при  $P = 0,95$ . Выводы, сделанные с использованием критериев Фишера и Стьюдента, совпадают. В заключении обычно определяется точность опыта, которая составляет:

$$P = (m_M / M_{ocm}) \cdot 100 \% = 0,1258/4,9 \cdot 100 \% = 2,56 \%.$$

Точность опыта признается достаточно высокой, поскольку  $P < 3\%$ . Коэффициент варьирования опытных дан-

$$\text{ных: } V = \frac{\sqrt{\sigma_{об}^2}}{M_{общ}} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{0,99}}{4,9} \cdot 100\% = 20,0\%, \text{ также незначителен, что}$$

удовлетворяет требованиям опыта.

Рассмотрим двухфакторный дисперсионный анализ биологической проблемы, т. е. когда требуется установить, значимо ли различие в действии форм азотных удобрений на урожай овсяницы луговой (табл. 9). Нулевая гипотеза  $H_0: d = 0$ . Особенностью повариантной обработки данных вегетационного опыта с разной повторностью является необходимость вычисления нескольких значений наименьшей существенной разности, так как не все средние равноточны. В примере варианты (1–2) имеют четыре, а варианты (3–4) – шесть наблюдений. В установленном порядке, выполняются следующие вычислительные операции:

1) определяются суммы урожаев и средние по вариантам, общая сумма и средний урожай по опыту (табл. 9);

Таблица 9

Урожай овсяницы (г на сосуд)

Варианты (формы азота)	Урожай, X	Число наблюдений, n	Суммы V	Средние
1	16,0 17,2 14,4 15,8 – –	4	63,4	15,85
2	29,4 30,4 30,3 28,1 – –	4	118,2	29,55
3	26,0 29,2 26,7 27,1 26,0 28,1	6	163,1	27,18
4	25,3 24,8 26,1 23,2 25,7 24,0	6	149,1	24,85
Общая сумма		$20 = \sum n = N$	493,8 $= \sum X$	$24,69 = \bar{x}$

2) преобразуются исходные даты по соотношению  $X_1 = X - A$ , при условной средней  $A$ , принимаемой равной числу 25, близкому к среднему урожаю по опыту  $\bar{X} = 24,69$  (табл. 10), с последующим вычислением сумм квадратов отклонений.

При повариантном вычислении сумм квадратов отклонений необходимо иметь ввиду, что в суммы  $V$  входит разное число наблюдений  $n$ . Далее, последовательно определяются:

- а) общее число наблюдений  $N = \sum n = 20$ ;
- б) корректирующий фактор  $C = (\sum X_1)^2 / N = (-6,2)^2 / 20 = 0,07$ ;
- в) суммы квадратов отклонений



$$C_y = \Sigma X_1^2 - C = (9,0^2 + 7,8^2 + \dots + 1,0^2 - 1,92 = 465,70);$$

$$C_v = \Sigma \left( \frac{V_1^2}{n_1} + \frac{V_2^2}{n_2} + \dots + \frac{V_l^2}{n_l} \right) - C = \left( \frac{36,6^2}{4} + \frac{18,2^2}{4} + \frac{13,1^2}{6} + \frac{0,9^2}{6} \right) - 1,92 = 444,51;$$

$$C_z = C_y - C_v = 465,70 - 444,51 = 21,19.$$

Таблица 10

## Преобразованные данные

Варианты	$X_1 = X - 25$						Суммы V
1	-9,0	-7,8	-10,6	-9,2	-	-	-36,6
2	4,4	5,4	5,3	3,1	-	-	18,2
3	1,0	4,2	1,7	2,1	1,0	3,1	13,1
4	0,3	-0,2	1,1	-1,8	0,7	-1,0	-0,9
Общая сумма							-6,2 = $\Sigma X_1$

Вычисленные суммы квадратов отклонений вносятся в табл. 11, наряду с другими составляющими дисперсионного анализа.

Таблица 11

## Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_\phi$	$F_{05}$
Общая	465,70	19	-	-	-
Вариантов	444,51	3	148,80	112,7	3,24
Остаток (ошибки)	21,19	16	1,32	-	-

Значение  $F_{05}$  принимается по Приложению[1] для 3-х степеней свободы дисперсии вариантов (числитель) и 16-ти степеней свободы остатка (знаменатель). Так как  $F_\phi > F_{05}$ , то между вариантами опыта имеются существенные различия на 5%-ном уровне значимости и гипотеза  $H_0$  отвергается;

3) при оценке существенности частных различий в опыте с разной повторностью необходимо учесть неравноточность сравнения средних. Ошибки средних первых двух вариантов  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  предопределяются числом наблюдений  $n_1 = n_2 = 4$ , а двух последних  $\bar{x}_3$  и  $\bar{x}_4$ , соответственно,  $n_3 = n_4 = 6$  наблюдений. Поэтому, ошибку разности между средними нужно определять по формуле, учитывающей разную повторность по (1-2) и

$$(3-4) \text{ вариантам: } s_d = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} = \sqrt{s^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}.$$

Тогда:

а) ошибка разности средних, при сравнении  $\bar{x}_1$  с  $\bar{x}_2$   $n_1 = n_2 = 4$ , будет

$$s'_d = \sqrt{2s^2/n} = \sqrt{2 \cdot 1,32/4} = 0,81$$

при сравнении  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  с  $\bar{x}_3$  и  $\bar{x}_4$   $n_1 = 4$  и  $n_2 = 6$ , будет

$$s''_d = \sqrt{s^2 \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} = \sqrt{1,32 \cdot \frac{4 + 6}{4 \cdot 6}} = 0,74$$

при сравнении  $\bar{x}_3$  с  $\bar{x}_4$   $n_3 = n_4 = 6$ , будет

$$s'''_d = \sqrt{2s^2/n} = \sqrt{2 \cdot 1,32/6} = 0,66$$

б) наименьшая существенная разность для 5%-го (или 1%-го) уровня значимости определяется как

$$HCP'_{05} = t_{05} s'_d = 2,12 \cdot 0,81 = 1,72$$

$$HCP''_{05} = t_{05} s''_d = 2,12 \cdot 0,74 = 1,57$$

$$HCP'''_{05} = t_{05} s'''_d = 2,12 \cdot 0,66 = 1,40$$

Значения критерия  $t_{05} = 2,12$  принимаются из Приложений [1] для 16-ти степеней свободы дисперсии ошибки (остатка). Результаты опыта и статистической обработки заносятся в табл. 12.

Таблица 12

Различия в действии форм азотных удобрений на урожай овсяницы луговой (г на сосуд)

Варианты	Урожай	Сравнение с контролем		Сравнение с аммиачной селитрой	
		разность	HCP <sub>05</sub>	разность	HCP <sub>05</sub>
Без удобрений (контроль)	15	–	–	–11,4	1,57
Сульфат аммония	29,6	13,8	1,72	2,4	1,57
Аммиачная селитра	27,2	11,4	1,57	–	–
Мочевина	24,8	9,0	1,57	–2,4	1,40

Результаты анализа показывают, что все формы азотных удобрений существенно повышают урожай овсяницы луговой. Аммиачная селитра и мочевина примерно равноценны по эффективности; сульфат аммония обеспечивает статистически значимый на 5%-ом уровне эффект в сравнении с аммиачной селитрой.

А сейчас рассмотрим особенности применения двухфакторного дисперсионного анализа генетической проблемы, т.е. когда по данным учета числа зерен в колосе у гибридов ячменя (табл. 13) необходимо вычислить коэффициент генетической наследуемости.

Таблица 13

Число зерен в колосе у гибридов ячменя

Материнская форма (A)	Отцовская форма (B)	Повторения (X)				Суммы V	Средние
		1	2	3	4		
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	20	20	22	21	83	20,8
	b <sub>2</sub>	18	19	20	19	76	19,0
a <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	23	23	20	22	88	22,0
	b <sub>2</sub>	22	23	24	24	93	23,2
a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	29	28	27	28	112	28,0
	b <sub>2</sub>	29	30	32	32	123	30,8
Суммы P		141	143	145	146	575 = ΣX	

1) проводится дисперсионный анализ для двухфакторного комплекса:

$$N = l_A \cdot l_B \cdot n = 3 \cdot 2 \cdot 4 = 24; C = (\Sigma X)^2 : N = 575^2 : 24 = 13776,04;$$

$$C_Y = \Sigma X^2 - C = (20^2 + 20^2 + \dots + 32^2) - 13776,04 = 428,96;$$

$$C_P = \Sigma P^2 : l_A \cdot l_B - C = (141^2 + 143^2 + 145^2 + 146^2) : 3 \cdot 2 - 13776,04 = 2,46;$$

$$C_V = \Sigma V^2 : n - C = (83^2 + 76^2 + \dots + 123^2) : 4 - 13776,04 = 406,71;$$

$$C_Z = C_Y - C_P - C_V = 428,96 - 2,46 - 406,71 = 19,79;$$

2) для выполнения оценки существенности действия материнских и отцовских форм и их взаимодействия на результативный признак гибридов составляется табл. 14, в которую вписываются суммы V для каждого гибрида и находятся суммы по факторам A и B.

Таблица 14

Вычисление сумм для определения эффектов A, B и взаимодействия AB

Фактор A	Фактор B		Суммы A
	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	
a <sub>1</sub>	83	76	159
a <sub>2</sub>	88	93	181
a <sub>3</sub>	112	123	235
Суммы B	283	292	575 = ΣX

3) по результатам дисперсионного анализа (табл. 15) имеем: общее варьирование  $C_{A+B+AB}$  – внутренняя часть таблицы (численно  $C_{A+B+AB} = C_V = 406,71$  и вычислено нами ранее), варьирование факторов A и B. Взаимодействие AB находится по разности:  $C_A = \Sigma A^2 / l_B \cdot n - C = (159^2 + 181^2 + 235^2) / 2 \cdot 4 - 13776,04 = 382,34$ , при  $l_A - 1 = (3 - 1) = 2$  – степенях свободы;  $C_B = \Sigma B^2 / l_A \cdot n - C = (283^2 + 292^2) : 3 \cdot 4 - 13776,04 = 3,38$ , при  $l_B - 1 = 2 - 1 = 1$  – степени свободы;  $C_{AB} = C_{A+B+AB} - C_A - C_B = 406,71 - 382,34 - 3,38 = 20,99$ , при  $(l_A - 1) \cdot (l_B - 1) = (3 - 1) \cdot (2 - 1) = 2$  – степенях свободы; существенность

действия и взаимодействия факторов оценивается по критерию  $F$  (Приложение [1]).

Таблица 15

Результаты дисперсионного анализа

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_\phi$	$F_{05}$
Общая	428,96	23	-	-	-
Повторений	2,46	3	-	-	-
Материнских форм ( $A$ )	382,34	2	191,17	144,83	3,60
Отцовских форм ( $B$ )	3,38	1	3,38	2,56	4,54
Взаимодействия ( $AB$ )	20,99	2	10,50	7,95	3,60
Остаток	19,79	15	1,32	-	-

В рассматриваемом примере существенным оказалось действие  $A$  (материнских форм) и взаимодействие  $AB$  (материнская форма  $\times$  отцовская форма). Следовательно, имеет смысл вычислить коэффициенты наследуемости, характеризующие силу генетического влияния материнских форм и взаимодействия; вариабельность числа зерен в колосе у гибридов ячменя не зависит существенно от отцовских форм  $F_\phi < F_{05}$ ;

4) в двухфакторном комплексе дисперсия групповых средних имеет более сложную природу, чем в однофакторном, и определяется как генетической изменчивостью, обусловленной генотипами материнских и отцовских форм и их взаимодействием, так случайной изменчивостью (остаток). Общий коэффициент наследуемости в этом случае равен:  $h^2 = h^2_A + h^2_B + h^2_{AB}$ .

Для выяснения сущности вычислительных операций при определении дисперсий, характеризующих влияние на фенотипическую изменчивость генотипов материнских форм  $s^2_A$ , отцовских форм  $s^2_B$  и их взаимодействия  $s^2_{AB}$ , целесообразно дополнительно рассмотреть схему компонентного двухфакторного анализа результатов эксперимента. В настоящем примере, существенным оказалось влияние материнских форм  $A$  и взаимодействия  $AB$ . Однако, при подборе пар для скрещивания, необходимо иметь в виду, что проявление резульативного признака в гибридах зависит в основном (на 86 %) от материнского растения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. – Алматы: Изд-во: «Каганат», 2003. – 532 с.

2. Бурлибаев М.Ж., Нурмаганбетов Д.Ш., Волчек А.А. Теоретические и прикладные основы проблем планирования и управления природопользованием и охраной природы. – Алматы, Изд-во: «Каганат», 2007. – 360 с.
3. Бурлибаев М.Ж. Теоретические основы устойчивости экосистем трансзональных рек Казахстана. – Алматы, Изд-во: «Каганат», 2007. – 516 с.

Казахстанское Агентство Прикладной Экологии (КАПЭ), г. Алматы

**ӨЗЕН ЭКОСИСТЕМАСЫНДАҒЫ ПРОЦЕСТЕР МЕН  
ҚҰБЫЛЫСТАРҒА ӘСЕР ЕТУШІ ЖӘНЕ БІРІГІП ӘСЕР ЕТУШІ  
ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ДӘРЕЖЕСІН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ**

Техн. ғылымд. докторы      М.Ж. Бүрлібаев

*Қазіргі уақытта суағындарының табиғи және өзгерген гидрологиялық режимдерде өзен экосистемасындағы болатын процестерге әсер етуші және бірігіп әсер етуші өзен экосистемасының орнықтылығын анықтау сұрақтары ғалымдардың ескеруінсіз қалып отыр. Қарастырылып отырған мақалада математикалық статистика аппаратының негізгі әдісі мен дисперсиялық талдау негізінде осы мәселені шешудің оңдеу әдістемелері әрекеті жасалған.*

УДК 631.15:631.548.3

**БИОКЛИМАТТЫҚ КОЭФИЦИЕНТТЕР АРҚЫЛЫ  
ӨСІМДІКТИҢ СУАРМАЛАУ НОРМАСЫ МЕН ЖИНАҚТЫ СУ  
ТҰТЫНУЫН БОЛЖАУ**

Ауыл-шар. ғылымд. канд. Н.Н Балғабаев

*Мақалада су балансы тапшылығымен әртүрлі қамтамасыз етілген жылдар үшін биоклиматтық коэффициенттер арқылы жүгерінің суармалау нормасы мен жинақты су тұтынуын болжау мүмкіндігі көрсетілген.*

Суармалы егіншілік жағдайында өсімдіктің жинақты су тұтынуы мен суармалау нормасын анықтайтын әдістер көптеп кездеседі және оларды негізінен екі топқа біріктіруге болады:

1) Эмпирикалық – жинақты су тұтынуды танаптық тәжірибелер жағдайында су балансын зерттеу арқылы анықтайды.

2) Биофизикалық, яғни жер бетінен булану мен транспирацияға әсер ететін сыртқы ортаның физикалық заңдарын ескеретін есептеу әдістері.

Эмпирикалық әдістің дәлдігі жоғары, бірақ бұл әдіс ұзақ мерзімді танаптық тәжірибелер жүргізуді қажет етеді. Сондықтан белгілі территорияның барлық аймақтары мен гидромодульдік аудандары бойынша қысқа уақыт аралықтарында қажетті мәліметтерді жинау мүмкіндігі шектеулі.

Биофизикалық әдістер дәлдігінің салыстырмалы түрде төмендігіне қарамастан, метеорологиялық станциялардың бақылау мәліметтерін пайдалана отырып, суарылатын аймақ бойынша қысқа уақыт аралықтарында дақылдардың суару тәртібі мен су балансы туралы мәліметтер алуға болады.

Осыған байланысты биофизикалық әдістер су-жер ресурстарын тиімді пайдаланудың негізгі болатын ауыл шаруашылығы дақылдарының суару тәртібі мен гидромодульдік аудандастырудың және суландыру жүйелерін жобалаудың, пайдаланудың нормативтерін ғылыми негіздеу үшін үлкен өндірістік қолданысқа ие болып отыр.

Көптеген биофизикалық әдістердің ішінде өсімдіктің өсіп-даму кезеңі мен оның әрбір фазааралықтарындағы суару тәртібін дұрыс

анықтайтын әдіске А.М. Алпатъев [1] пен С.М. Алпатъевтің [2] биоклиматтық әдісін жатқызуға болады. Өсімдіктің жинақты су тұтынуының оның биологиялық ерекшеліктеріне және ауа райы факторларына байланысты екенін ескере отырып, А.М. Алпатъев [1] өсімдіктің өсіп-дамуының әрбір фазааралығына сәйкес су тұтынудың мөлшерін анықтау үшін биологиялық ирек сызық деп аталатын әдісті ұсынады. Г.К. Льгов [3] жүгері дақылының өсіп-даму фазааралықтарына орай өзгеріп отыратын биофизикалық коэффициенттерді ұсынады.

Аталған биологиялық ( $K_d$ ) және биофизикалық ( $K_t$ ) коэффициенттер тиісінше ауаның ылғал тапшылығының ( $\sum d$ ) және орташа тәуліктік температурасының жиынтықтары ( $\sum t$ ) арқылы анықталады.

Л.А. Разумова, Н.В. Мешаниновалардың [4] пікірінше, бұл әдісті қолдану қалыптасқан метеорологиялық жағдайға байланысты өсімдіктің өсіп-даму кезеңі мен әрбір фазааралықтарындағы қолайлы су тұтынуды анықтауға мүмкіндік береді.

Ғылыми еңбектерді талдау әр аймақта өсірілетін дақылдар үшін биологиялық және биофизикалық коэффициенттердің әртүрлі екендігін көрсетеді. Бұл коэффициенттердің өзгеруінің бұндай ерекшеліктері әрбір табиғи аймақ, әр дақыл және жекелей будандар үшін олардың сандық мәнін белгілеу қажеттігін тудырады.

Осы себепті, Республикамыздың тау етегі шөл-далалық аймағында жүгері дақылы үшін арнайы зерттеулер жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, жүгерінің өсіп-даму фазааралықтарындағы биологиялық және биофизикалық коэффициенттердің шамасы белгілі бір заңдылықпен өзгеріп және бұл өзгеріс біршыңды қисық сызықпен сипатталады. Тұқым себу-көктеп шығу фазааралығында бұл коэффициенттер тиісінше  $K_d = 0,23$  және  $K_t = 1,06$  болды. 13...14 жапырақ салу – шашақтану фазааралығында бұл коэффициенттердің шамасы  $K_d = 0,37$  және  $K_t = 2,57$ -ге дейін өсті. Бұл коэффициенттер өздерінің ең максималды мәніне ( $K_d = 0,42$ ;  $K_t = 2,74$ ) жүгерінің шашақтану – сүттеніп пісу фазааралығында жетті. Сүттеніп пісу – толық пісу фазааралығында бұл коэффициенттер тиісінше  $K_d = 0,35$  және  $K_t = 2,15$ -ке дейін төмендеді.

Осы коэффициенттерді пайдалана отырып, жүгері егісінің жинақты су тұтынуын анықтауға мүмкіндік туды.

1-кестеде жинақты су тұтынуды ауаның ылғал тапшылығы мен температурасы арқылы, сондай-ақ су балансы әдісімен анықтаудың салыстырмалы бағасы келтірілген.

1-кесте

Дәндік жүгерінің жинақты су тұтынуын есептеу әдістерін салыстырмалы бағалау

Зерттеу жылдары	Су балансы әдісі ( $E_{\phi}$ ), м <sup>3</sup> /Га	Есептеу әдістері			
		С.М. Алпатъевтің		Г.К. Льговтің	
		м <sup>3</sup> /Га	% $E_{\phi}$	м <sup>3</sup> /Га	% $E_{\phi}$
1984	7209	7570	105,0	6562	91,0
1985	6600	6450	97,7	6236	94,5
1986	6435	6457	100,3	6245	97,0
1993	5526	5561	100,6	6343	114,8
1994	6099	6163	101,0	6332	103,8
1995	6202	6574	106,0	6305	101,7
Орташа	6345	6463	101,9	6337	99,9

Келтірілген мәліметтерді талдау, жинақты су тұтынуды биоклиматтық әдіс арқылы есептеу оң нәтиже беріп отырғанын көрсетіп отыр.

Орта есеппен қарастырылып отырған жылдар ішінде нақты буланудан ауа температурасының жиынтығы арқылы есептелінген жинақты буланудың мәні бар-жоғы 0,1 %-ке кем, ал ауаның ылғал тапшылығы арқылы есептелінген мәні – 1,9 %-ке артық болды.

Температуралар жиынтығы арқылы есептелінген жинақты буланудың мәнінің нақты булануға жақын болғанын ескере отырып, біз өсімдіктің су тұтынуын болжауға және активті қабаттағы топырақтың ылғал қорын жедел басқарып отыруға арналған есептеулер үшін ауа температурасының жиынтығы мен биоклиматтық коэффициенттерді қабылдадық. Топырақтың су режимін басқарудың негізгі параметрі ретінде ауа температурасын таңдауымызға тағы бір себеп, оның ауаның ылғал тапшылығына қарағанда болжамға жеңілдеу келетіндігі ықпал етті.

Өсіп-даму кезеңіндегі ауа-райының қалыптасу жағдайына байланысты суармалау нормасының (су балансы тапшылығының) құбылмалылығының сандық мәндеріне баға беру үшін математикалық статистика әдісін қолдандық. Әр жыл үшін су балансының тапшылығы биофизикалық коэффициенттер және ауа температурасы мен жауын-шашынның өзгеруінің көпжылдық (26 жыл) мәліметтерін пайдалану арқылы анықталды. 2, 3-кестелерде су балансы тапшылығының әртүрлі қамтамасыздығы үшін дәндік жүгерінің суармалау нормасын анықтау үшін есептеулер келтірілген.



Дәндік жүгерінің 50 % -ке қамтамасыз етілетін су балансының тапшылығын (СБТ) есептеу (1980 ж.)

Көрсеткіштер	Себу-көктеп шығу	Көктеп шығу - 13...14 жапырақ салу	13...14 жапырақ салу – шашақтану	Шашақтану – сүттеніп пісу	Сүттеніп пісу – толық пісу	Себу-толық пісу
Ауа температурасының жиынтығы ( $\sum t$ ), °С	169,6	1047,8	390,2	740,2	684,3	3032,1
Атмосфералық жауын-шашын (Ос), м <sup>3</sup> /га	97	391	-	10	58	556
Биофизикалық коэффициент ( $K_t$ ), м <sup>3</sup> /°С	1,06	1,59	2,57	2,74	2,15	2,09
Жинақты су тұтыну ( $E$ ), м <sup>3</sup> /га	179	1662	1002	2030	1472	6345
Аэрация аймағы мен ыза суының арасындағы ылғал алмасу ( $\pm g$ ), м <sup>3</sup> /га	16	572	546	1214	788	3136
Есепті қабаттағы ылғал қорының жұмсалуды ( $\Delta W$ ), м <sup>3</sup> /га	90	118	-65	152	60	355
Су балансының тапшылығы, СБТ = $E - Ос - g - \Delta W$ , м <sup>3</sup> /га	-24	557	521	654	566	2298
СБТ үдемелі қосындысы	-	557	1078	1732	2298	2298

Алынған мәліметтерді талдау, жүгері егісінде 50 % қамтамасыз етілетін су балансының тапшылығы 2298 м<sup>3</sup>/га болатынын көрсетеді. 25 % қамтамасыз етілетін су балансының тапшылығы 2085 м<sup>3</sup>/га болды.

Көптеген ғалымдар биоклиматтық әдісті суармалау нормасын анықтауға қолданады. Соңғы кездері бірқатар зерттеушілер осы ұсыныстарды, сондай-ақ өздерінің зерттеулерін пайдалана отырып, биоклиматтық әдіс арқылы суарудың нормалары мен қолайлы мерзімдерін анықтауды ұсынады [5, 6].

Ауа-райына байланысты әртүрлі жылдар үшін жүгерінің суару тәртібін негіздеу су балансы тапшылығының интегралды қисық сызығын пайдалану арқылы орындалды. Осы қисық сызықтардың көмегімен графоаналитикалық жолмен өсімдіктің өсіп-даму кезеңіндегі және әрбір фазааралығындағы суарудың саны мен мерзімі анықталды.

Дәндік жүгерінің 25 % -ке қамтамасыз етілетін су балансының тапшылығын (СБТ) есептеу (1987 ж.)

Көрсеткіштер	Себу-көктеп шығу	Көктеп шығу - 13...14 жапырақ салу	13...14 жапырақ салу – шашақтану	Шашақтану – сүттеніп пісу	Сүттеніп пісу – толық пісу	Себу-толық пісу
Ауа температурасының жиынтығы ( $\sum t$ ), °C	169,6	1047,8	390,2	740,2	684,3	3032,1
Атмосфералық жауын-шашын ( $O_c$ ), м <sup>3</sup> /га	75	139	104	220	231	769
Биофизикалық коэффициент ( $K_t$ ), м <sup>3</sup> /°C	1,06	1,59	2,57	2,74	2,15	2,09
Жинақты су тұтыну ( $E$ ), м <sup>3</sup> /га	179	1662	1002	2030	1472	6345
Аэрация аймағы мен ыза суының арасындағы ылғал алмасу ( $\pm g$ ), м <sup>3</sup> /га	16	572	546	1214	788	3136
Есепті қабаттағы ылғал қорының жұмсалуды ( $\Delta W$ ), м <sup>3</sup> /га	90	118	-65	152	60	355
Су балансының тапшылығы, СБТ = $E - O_c - g - \Delta W$ , м <sup>3</sup> /га	-2	831	417	444	393	2085
СБТ үдемелі қосындысы	-	831	1248	1692	2085	2085

Топырақтың берілген деңгейдегі ылғалдылығын ұстап тұру үшін әр жылдардағы суарудың саны, негізінен, өсіп-даму кезеңінің гидротермикалық жағдайымен анықталды. Мысалы, жүгерінің су балансы тапшылығын 50 %-ке қамтамасыз ететін жылы суарудың 70-70-70 % ЕТЫС нұсқасында әр нормасы 575 м<sup>3</sup>/га болатын 4 рет суару, ал 25 %-ке қамтамасыз ететін жылы әр нормасы 695 м<sup>3</sup>/га болатын 3 рет суару қажет болды.

Сонымен, биоклиматтық коэффициенттердің өзгеруінің белгіленген заңдылықтары өсімдіктің өсіп-даму кезеңінің ұзақтығы мен температура жиынтығы белгілі болған жағдайда жинақты су тұтыну мен оның өсіп-даму кезеңінің әрбір фазаралықтарындағы динамикасын анықтауға, сондай-ақ жүгерінің суару тәртібін есептеуге мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. – Л., 1954. – 248 с.

2. Алпатьев С.М. Методические указания по расчетам режимов орошения сельскохозяйственных культур на основе биоклиматического метода. – Киев, 1967. – 30 с.
3. Льгов Г.К. Орошение сельскохозяйственных культур в предгорьях центральной части Северного Кавказа. – Нальчик, 1960. – 228 с.
4. Разумова Л.А., Мешанинова Н.В. Методическое пособие по составлению агроклиматических прогнозов оптимальных режимов орошения зерновых культур. – М., 1972. – 38 с.
5. Остапчик В.П., Костромин М.К. Методика расчета на ЭВМ поливных режимов с использованием биоклиматического метода. Киев, 1975. – 13 с.
6. Шабанов В.В. Биоклиматическое обоснование мелиораций. – Л., 1973. – 165 с.

Су шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Тараз қ-сы

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУММАРНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМЫ РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ БИОКЛИ- МАТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ**

Канд. с.- х. наук      Н.Н Балгабаев

*Показана возможность использования биоклиматических коэффициентов для прогноза суммарного водопотребления и оросительной нормы кукурузы в различные по водообеспеченности годы.*

УДК 504. 53. 054

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ НА  
МЕСТОРОЖДЕНИИ ЖЕТЫБАЙ**

Канд. биол. наук

Т.К. Томина

Канд. техн. наук

А.Т. Базарбаев

*В статье рассматриваются основные источники загрязнения окружающей среды на территории месторождения Жетыбай, приведены результаты исследований по загрязнению почв нефтепродуктами и тяжелыми металлами в связи с добычей углеводородного сырья.*

В связи с возрастающей добычей нефти в настоящее время наблюдается увеличение техногенных нагрузок на природные экосистемы Мангистауской области в зоне нефтепромыслов за счет производственной деятельности многочисленных нефтегазодобывающих управлений (НДГУ), деятельность которых сказывается на состоянии окружающей среды (атмосферный воздух, вода, почва, растительность, животный мир, человек) данного региона. Воздействие обусловлено токсичностью выбрасываемых природных углеводородов, загрязняющих химических веществ, тоннами выбрасываемых в атмосферу или используемых в технологических процессах.

Загрязнение атмосферного воздуха на нефтепромыслах производственного управления (ПУ) «Жетыбаймунайгаз» происходит в результате выделения продуктов сгорания нефтяного газа в печах, котельных и на факелах; углеводородов при испарении из резервуаров, разливов нефти, технологических и аварийных амбаров, замазученных площадей; углеводородов от устьевого оборудования нефтедобывающих скважин, подвижных соединений насосов и в процессе продувок газовых систем нефтепромыслового оборудования; токсичных газов от двигателей внутреннего сгорания и др. За 1 квартал 2006 года на месторождении было сожжено на факеле 610 тыс. м<sup>3</sup> попутного газа.

Загрязнение атмосферного воздуха происходит 29 ингредиентами, в их числе: углеводороды предельные C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>, C<sub>12</sub>-C<sub>19</sub>, пыль абразивная, углерод черный (сажа), оксид азота, диоксид серы, оксид углерода, метан, пыль неорганическая, оксид железа, нефтяной малосернистый бензин, мар-

ганец и его соединения и другие. В атмосферу выделяется 6 групп веществ, обладающих суммирующим вредным воздействием.

Для контроля загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами на месторождении необходимо знать основные источники их поступления в почву. По состоянию на 1 марта 2006 г. на территории месторождения Жетыбай имелось 65 амбаров с 49 тыс. т нефти. С начала года произошло 14 порывов нефтепроводов, при этом 54 т нефти вылились на рельеф местности. Общая площадь загрязнения земли нефтепродуктами составила 359 га. Из амбаров за 2 месяца 2006 года было откачено 1 тыс. т нефти и очищено 1,1 га земли, ликвидированы 3 амбара с нефтью.

Одними из основных источников загрязнения окружающей среды на месторождении являются полигоны нефтяного шлама (НШ) (рис. 1), замазученного грунта (ЗГ) и полигон временного хранения радиоактивных отходов.



*Рис. 1. Полигон для сепарирования нефтяного шлама, месторождение Жетыбай, 2005 год.*

Полигон для сепарирования нефтяного шлама площадью 0,2 га, мощностью 100 т/год оборудован противofiltrационным экраном, срок службы рассчитан до 2017 г.

Полигон для складирования замазученного грунта. Полигоны предназначены для сбора и хранения замазученных грунтов, площадью около 1 га каждый, расположены в районе групповой установки (ГУ-3) (две единицы) и месторождении Асар. Нефть из технических амбаров утилизируется на установку по очистке амбарной нефти.

Полигон для временного хранения радиоактивных отходов. Полигон расположен в районе ГУ-4. Площадь полигона – 0,64 га, мощность – 200 т/г, срок службы до 2020 г. Полигон оборудован противofiltrаци-

онным экраном из бетонного покрытия. Радиоактивные соли хранятся в специальных контейнерах, нефтешламы и грунты – в специальных каналах. Полигон состоит из: площадки хранения нефтешламов и замазученных грунтов площадью 2,2 га; площадки для хранения радиоактивного зараженного крупного и мелкого габаритного нефтепромыслового оборудования, площадью – 1,3 га; площадки хранения дезактивации транспорта и спецтехники для погрузочно-разгрузочных работ, площадью 0,6 га; площадки чистой золы, площадью 0,4 га.

Всего на ПУ «Жетыбаймунайгаз» хранится 6,3 тонн радиоактивных отходов, в т. ч. металлолома после очистки – 5,7 т; солей и окалины – 0,6 т; удельная активность составляет 0,08 мкКи/кг, суммарная активность составляет 49,9 мкКи.

Всего на полигоне временного хранения радиоактивных отходов (ПУ) «Жетыбаймунайгаз» временно размещено 379,7 т металлолома, а на полигоне временного хранения радиоактивного нефтешлама 539,4 т с удельной активностью 0,03 мкКи/кг. Происходит несанкционированное складирование радиоактивных отходов на нефтепромыслах в связи с тем, что собственные пункты временного хранения радиоактивных отходов переполнены. На месторождении Жетыбай 85% нефтепромыслового оборудования загрязнено радионуклидами естественного происхождения. Радиоактивность оборудования обусловлена отложением на его поверхности высокоангезивных солей – смеси сульфата кальция, бария и др.

Годовой объем нефтешлама – 1060 т. Кроме того ТОО «Ойл Сервис Компании» планирует разместить 423 т АСПО; замазученного грунта – 13 тыс. т; 4,4 тыс. т бурового шлама и 149,9 т ТБО; металлических стружек – 9,7 т; металлолома – 1200 т; радиоактивных отходов по ПУ «Жетыбаймунайгаз» – 76,9 тонн. Имеются стихийные свалки металлолома, коммунального и строительного мусора [3].

Загрязнение почв нефтепродуктами и различными химическими реагентами, техногенное их разрушение и, как следствие, эрозия, дефляция и засоление – все это является прямым следствием растущего техногенеза [2].

Основной фон почвенного покрова на промыслах создают серо-бурые пустынные солонцеватые и солонцевато-солончаковатые почвы. Относительно небольшие площади занимают серо-бурые эродированные и малоразвитые почвы, а также солонцы, солончаки и такыры. На производственных площадках нефтепромыслов почвенный покров повсеместно

техногенно очень сильно разрушен, загрязнен сырой нефтью, шламом и сточными промышленными водами [2].

Техногенное загрязнение почв на территории ПУ «Жетыбаймунайгаз» является результатом производственной деятельности и эксплуатации нефтепромышленного оборудования, разливов нефти при износе оборудования при авариях; результатом разливов нефти во время эксплуатации технологических и аварийных амбаров, резервуаров. На территории месторождения Жетыбай зафиксированы разливы нефтепродуктов и образование замазученных площадей, оборудованы полигоны хранения замазученного грунта и нефтешлама

Источниками загрязнения почв на данном месторождении являются: 82 добывающие скважины; пункт учета нефти; приемный бункер; 30 технологических амбаров; 3 полигона хранения замазученного грунта; нефтешламовый амбар; 31 аварийный амбар для сливных нефтяных отходов; 36 разливов нефти. Площади замазученности суммарного действия всех источников загрязнения занимают значительные территории.

В 2005 г. экспедиционным отрядом РГП «КазНИИЭК» на месторождении Жетыбай проводились исследования, с отбором проб почв на 28 точках на глубину 0...20, 20...50 см вблизи нефтяных скважин для определения содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов (Табл.).

На месторождении зафиксировано техногенное разрушение почвенного покрова. Прежде всего это механическое нарушение поверхности почвы движущимися механизмами (земляные насыпи вокруг скважин, шоссежных дорог, дамб, трубопроводов, а так же участки, нарушенные движением транспортных средств (колеи от колес). Разрушение почвенного профиля от слабодegradированных (до 5 см) до сильно degradedированных (более 15 см) [2].

Основными источниками загрязнения почв служат сырая нефть и минерализованные сточные промышленные воды. [4]. В результате обследования выявлено нефтехимическое загрязнение почв – это загрязненные нефтепродуктами, остаточное загрязнение после бурения и эксплуатации скважин, хранящиеся на полигонах промышленных отходов бурты замазученного грунта и нефтешлама. Нефтехимическое загрязнение почв на месторождении отмечено в промышленной зоне, также встречается по ходу внутривысолевых и магистральных нефтепроводов.

Загрязнение происходит на всех стадиях разработки месторождения, начиная с поискового бурения, строительства нефтегазодобывающих скважин,

эксплуатации и транспортировки сырья и во время хранения (рис. 2). По данным исследователей время биоразложения пролитой нефти составляет 16 лет [1].





Содержание нефтепродуктов в почве, мг/кг; превышение содержания нефтепродуктов (н/п) относительно фоновых значений. Превышение относительно уровня ПДК валовой формы содержания тяжелых металлов в почве месторождения Жетыбай, 2005 г.

Место отбора	Глубина отбора образцов, см	Содержание нефтепродуктов	Превышение						н/п*
			ПДК						
			Ni, ПДК = 45	Co, ПДК = 50	Zn, ПДК = 150	Pb, ПДК = 32	Cd, ПДК = 5,0	Cu, ПДК = 40	
ГУ-16; 40 м восточнее СКВ 869	0...20	0,12	0,48	0,13	0,11	0,41	0,02	0,33	1,2
	20...50	0,1	0,49	0,13	0,11	0,43	0,02	0,33	1,0
ГУ-24; 35 м севернее СКВ 1008	0...20	0,24	0,36	0,10	0,08	0,36	0,02	0,27	2,4
	20...50	0,15	0,36	0,10	0,08	0,36	0,02	0,26	1,5
за С33, 1500 м северо-западнее	0...20	0,12	0,57	0,17	0,07	0,33	0,00	0,24	1,2
	20...50	0,08	0,57	0,17	0,07	0,34	0,01	0,24	0,8
ГУ-13; 40 м к востоку от устья СКВ 880	0...20	0,1	0,42	0,12	0,04	0,38	0,01	0,22	1,0
	20...50	0,13	0,41	0,12	0,04	0,38	0,01	0,22	1,3
ГУ-13; 35 м восточнее СКВ 2717	0...20	0,4	0,47	0,13	0,07	0,43	0,02	0,33	4,0
	20...50	0,5	0,47	0,12	0,07	0,44	0,02	0,33	5,0
ГУ-23; 35 м северо-западнее СКВ 1949	0...20	0,64	0,31	0,09	0,08	0,27	0,02	0,25	6,4
	20...50	0,57	0,30	0,09	0,08	0,27	0,02	0,25	5,7
ГУ-25; 15 м к югу от устья СКВ 2230	0...20	0,22	0,43	0,13	0,10	0,37	0,04	0,31	2,2
	20...50	0,2	0,42	0,12	0,11	0,38	0,04	0,32	2,0
ГУ-8; 30 м к западу от устья СКВ. 863	0...20	0,64	0,30	0,08	0,09	0,40	0,02	0,26	6,4
	20...50	0,6	0,29	0,08	0,09	0,39	0,02	0,25	6,0
ГУ-14; 30 м севернее устья СКВ 2819	0...20	0,36	0,40	0,11	0,10	0,35	0,04	0,29	3,6
	20...50	0,24	0,40	0,10	0,10	0,34	0,04	0,29	2,4
ГУ-14; 15 м на северо-восток от СКВ 1191	0...20	0,2	0,33	0,10	0,11	0,34	0,02	0,28	2,0
ГУ-18; 25 м к югу СКВ	0...20	0,26	0,36	0,09	0,13	0,41	0,04	0,35	2,6

Место отбора	Глубина отбора образцов, см	Содержание нефтепродуктов	Превышение						н/п*
			ПДК						
			Ni, ПДК = 45	Co, ПДК = 50	Zn, ПДК = 150	Pb, ПДК = 32	Cd, ПДК = 5,0	Cu, ПДК = 40	
2550	20...50	0,1	0,36	0,08	0,13	0,41	0,04	0,35	1,0
ГУ-18; 17 м к востоку СКВ 498.	0...20	0,24	0,33	0,08	0,07	0,28	0,02	0,20	2,4
	20...50	0,18	0,32	0,08	0,07	0,27	0,01	0,21	1,8
ГУ-17; 15 м к западу от устья СКВ 2124	0...20	0,26	0,36	0,11	0,12	0,36	0,02	0,32	2,6
	20...50	0,25	0,36	0,10	0,12	0,35	0,02	0,31	2,5
ГУ-9, 20 м западнее СКВ 2986	0...20	0,16	0,39	0,10	0,12	0,32	0,06	0,29	1,6
	20...50	0,14	0,39	0,10	0,12	0,31	0,06	0,29	1,4
ГУ-24; 30 м к северу СКВ. 778	0...20	0,5	0,34	0,10	0,12	0,37	0,04	0,30	5,0
	20...50	0,3	0,34	0,10	0,13	0,36	0,02	0,30	3,0
ГУ-24; 50 м западнее СКВ 3327	0...20	0,08	0,29	0,07	0,11	0,30	0,02	0,24	0,8
	20...50	0,06	0,29	0,07	0,11	0,30	0,02	0,23	0,6
ГУ-6; СКВ 89	0...20	0,12	0,34	0,11	0,13	0,38	0,04	0,32	1,2
	20...50	0,07	0,34	0,11	0,13	0,38	0,04	0,31	0,7
ГУ-20; СКВ 240	0...20	0,82	0,28	0,07	0,12	0,53	0,02	0,24	8,2
	20...50	0,66	0,28	0,06	0,11	0,51	0,02	0,24	6,6
ГУ-5; СКВ 910	0...20	0,22	0,46	0,10	0,13	0,35	0,02	0,26	2,2
	20...50	0,16	0,46	0,10	0,13	0,34	0,02	0,26	1,6
За С33 от южной границы	0...20	0,12	0,28	0,09	0,07	0,30	0,02	0,18	1,2
	20...50	0,1	0,28	0,08	0,07	0,29	0,04	0,18	1,0
ГУ-28; СКВ 706	0...20	0,12	0,40	0,09	0,12	0,38	0,06	0,37	1,2
ГУ-1; СКВ 2390	0...20	0,68	0,42	0,08	0,10	0,34	0,04	0,29	6,8
	20...50	0,4	0,40	0,07	0,11	0,34	0,04	0,28	4,0
ГУ-26; СКВ 370	0...20	0,1	0,36	0,10	0,15	0,58	0,06	0,40	1,0
	20...50	0,05	0,36	0,09	0,15	0,57	0,06	0,38	0,5
ГУ-19; СКВ 1354	0...20	0,7	0,49	0,10	0,12	0,41	0,04	0,30	7,0
	20...50	0,6	0,49	0,10	0,12	0,41	0,04	0,30	6,0

Место отбора	Глубина отбора образцов, см	Содержание нефтепродуктов	Превышение						н/п*
			ПДК						
			Ni, ПДК = 45	Co, ПДК = 50	Zn, ПДК = 150	Pb, ПДК = 32	Cd, ПДК = 5,0	Cu, ПДК = 40	
ГУ-22; СКВ 260	0...20	0,22	0,37	0,08	0,14	0,33	0,02	0,34	2,2
	20...50	0,15	0,37	0,08	0,14	0,32	0,02	0,33	1,5
ГУ-3; СКВ 384	0...20	0,5	0,32	0,07	0,11	0,32	0,02	0,28	5,0
	20...50	0,33	0,32	0,07	0,10	0,31	0,02	0,28	3,3
ГУ-22; СКВ 453	0...20	0,5	0,41	0,08	0,13	0,48	0,04	0,33	5,0
	20...50	0,47	0,40	0,07	0,13	0,48	0,04	0,33	4,7
ГУ-20; СКВ 955	0...20	0,7	0,26	0,08	0,08	0,29	0,04	0,25	7,0
	20...50	0,56	0,26	0,08	0,08	0,28	0,04	0,24	5,6

*Примечание:* \*в связи с отсутствием ПДК по нефти, фоновое содержание в почве нефтепродуктов приравнивается к 0,1 мг/кг; ГУ – групповая установка; СЗЗ – санитарно-защитная зона.





*Рис. 2. Разлив нефти, месторождение Жетыбай, 2005 г.*

При кратковременном фонтанировании или струйчатом разливе нефти у скважин, на линиях нефтепроводов в профиле почвы образуются поверхностно-битумизированные коры. В нефтяных «амбарах» и при длительном застаивании больших объемов тяжелой маслянистой нефти образуются довольно мощные глубоко битумизированные коры. Битумные коры окисляются на воздухе, мало доступны микроорганизмам, поэтому медленно разлагаются и долго сохраняются в профиле почвы. Они мало подвижны и создают очаги устойчивого загрязнения окружающей среды. Почвы с битумной корой в профиле отличаются высокой плотностью сложения, непроницаемы для воздуха, воды и корней растений.

Анализ данных (Табл.) по содержанию валовой формы тяжелых металлов в почве месторождения Жетыбай показал, что превышения относительно величины ПДК по всем пяти металлам не наблюдается.

*Загрязнение почв нефтепродуктами на месторождении.* На территории месторождения Жетыбай отмечено нефтехимическое загрязнение почв в результате многочисленных нефтяных пятен от утечек нефти вблизи устья нефтяных скважин, внутрипромысловых и магистральных трубопроводов, а также в местах слива нефтяных отходов, технологических амбаров, полигонов замазученного грунта и нефтешлама.

Степень загрязнения почвенного профиля нефтепродуктами можно оценивать по Звягинцеву: в слабозагрязненных почвах содержится 0,7; в

среднезагрязненных – 0,7...50; в сильнозагрязненных почвах содержится 50...300; и очень сильно загрязненных – более 300 мг/кг нефти [2].

Содержание нефтепродуктов в почвенных образцах, отобранных на месторождении Жетыбай в несколько раз выше фонового содержания. Около скважины № 240 ГУ-20 на глубине 0...20 нефтепродукты превышают фон в 8,2 раза, около скважины № 955 ГУ-20 – в 7 раз, а на ГУ-19 около СКВ № 1354 превышает фоновый уровень в 1,2...8 раз (табл.). Особенно высока концентрация нефтепродуктов в почвах около полигона по утилизации нефтяных шламов, буровых растворов и около нефтяных амбаров.

По данным Мангистауского ТУООС в 2006 году произошло уменьшение общей площади замазученности территории месторождения по сравнению с прошлым годом, что связано с проведением технической рекультивации замазученной территории, внедрением установки по переработке амбарной нефти и замазученных грунтов [3].

Почвы месторождения Жетыбай загрязнены нефтепродуктами выше фонового уровня в 8 раз и относятся к слабо- и среднезагрязненным по классификации Звягинцева. Превышения относительно уровня ПДК по валовой форме содержания тяжелых металлов не обнаружено.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Груздкова Р.А., Сурнин В.А. Распространение нефтяного загрязнения в почве. //Тр. ИЭМ. – 1982. – Вып. 9. – С. 69-73.
2. Джусипбеков У.Ж., Фаизов К.Ш., Талапова А.С., Ошакбаев М.Т. Химико-экологические последствия влияния тяжелых нефтей Озенского месторождения на окружающую среду. – Алматы: «Школа XXI века», 2004. – С. 40-42
3. Информация о состоянии окружающей среды по Мангистауской области за 1 квартал 2006 года: Отчет о состоянии окружающей среды / ТУООС Мангистауской области. – Актау, 2006. – 17 с. – Отв. исполн. Ногаев Ы.Н.
4. Фаизов К.Ш., Раимжанова М.М., Алимбеков Ж.С. Экология Мангышлак-Прикаспийского нефтегазового региона. – Алматы: ТОО «ЭВЕРО», 2003. – 237 с.

КазНИИЭК, г. Алматы

#### **ЖЕТЫБАЙ КЕН ОРНЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТЫҢ МҰНАЙМЕН ЛАСТАНУЫ**

Биолог. ғылымд. канд.      Т.К. Томина  
Техн. ғылымд. канд.      А.Т. Базарбаев

*Ғылыми мақалада РМК «ҚазЭКФЗИ» 2005 ж. Жетыбай кен орнында топырақтың мұнай өнімдерімен ластануының, мұнай кәсіпшілігіндегі қоршаған ортаны ластаушы көздерді анықтайтын зерттеулер нәтижелері көрсетілген.*



УДК 911.3

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ**

Ж.А. Акимжанов

*Дана экологическая оценка природно-хозяйственных систем Атырауской области. Рассмотрены основные экологические проблемы, связанные с развитием нефтегазового комплекса, чрезмерным пастбищным воздействием и подъемом уровня Каспийского моря.*

Современная экологическая ситуация Атырауской области формируется под влиянием природных и антропогенных факторов, важнейшими из которых являются развитие нефтегазового комплекса, чрезмерное пастбищное воздействие и подъем уровня Каспийского моря.

К основным экологическим проблемам области, связанным с промышленным освоением, относятся загрязнение атмосферного воздуха и почвенного покрова. Состояние атмосферного воздуха в области и ареалы его загрязнения предопределяются объемами выбросов и ингредиентами загрязняющих веществ от предприятий нефтегазового комплекса и энергокоммунальных хозяйств, а также транспортных средств и других объектов народного хозяйства. Основная доля (80...85 %) загрязнения воздушного бассейна области приходится на предприятия, занимающиеся нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей деятельностью. Качество атмосферного воздуха в области характеризуется как «умеренно загрязненное». Санитарно-экологическое состояние воздушного бассейна г. Атырау и административных районов области в целом за последнее десятилетие *удовлетворительное*, так как содержание основных загрязняющих веществ (СО, SO<sub>2</sub>, NO, H<sub>2</sub>S, фенол, взвешенные частицы) ниже ПДК. В 2006 г. среднегодовой валовой объем загрязняющих веществ, поступивших в воздушный бассейн области от стационарных и передвижных источников, составил 131,1 тыс. т [5, 8].

На экологическое состояние атмосферного воздуха области наиболее сильное влияние оказывают ТОО «Тенгизшевройл», ПФ «Эмбаунайгаз», АО НК «Казмунайгаз», ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», АО «Теплоэлектроцентраль», УМГ «Атырау», ЗАО «Интергаз Центральная Азия», ЗФ АО «Казтрансойл» и другие предприятия и хозяй-

ства [5, 8]. За 2006 г. на факелах Тенгизского газоперерабатывающего завода ТОО «Тенгизшевройл» сожжено 468 863,2 тыс. м<sup>3</sup> газа. Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ составили 62 282,4 т. Большой объем загрязняющих веществ в выбросах ТШО связан с аварийным сжиганием кислого и сырого газа на факелах, что не предусмотрено технологией производства. Кроме того, ежегодное увеличение объема добычи нефти не соответствует мощности установок для переработки газа [5, 8]. Следует отметить, что проблема загрязнения атмосферного воздуха вследствие нерациональной организации нефтедобывающего цикла наиболее актуальна в Жылыойском, Исатайском, Макатском, Махамбетском административных районах области и на территории, подчиненной маслихату г. Атырау.

Почвенный покров области испытывает воздействие как сельскохозяйственного, так и промышленного производства. Наибольшая глубина антропогенной трансформации почвенного покрова обусловлена функционированием промышленных объектов и транспорта. Промышленно-техногенное воздействие на почвенный покров проявляется в нарушении структуры почвенного покрова вследствие технологического цикла функционирования добывающих и перерабатывающих предприятий [3]. Техногенное загрязнение земель в виде замазученности грунта в области наблюдается на площади более 1,3 тыс. га. На участках 22 наиболее крупных месторождений, где производится добыча нефти, выявлено 267 участков радиоактивного загрязнения с мощностью излучения от 100 до 17000 мкР/ч. Общая площадь участков радиоактивного загрязнения с мощностью излучения свыше 100 мкР/ч составляет 650 га, а объем радиоактивных отходов – 1,3 млн. м<sup>3</sup> [7]. Площадь нарушенных земель в области на 2006 г. составила 1,5 тыс. га, а рекультивировано всего 127 га [5, 8]. Важной проблемой техногенного загрязнения почвенного покрова области является организация системы сбора, захоронения и обезвреживания отходов потребления.

В области в связи с интенсивным развитием нефтегазодобывающей и нефтегазоперерабатывающей отраслей и осуществлением большого объема строительных работ стоит проблема утилизации промышленно-бытовых отходов. По данным 2006 г. по области количество отходов составило 1672,4 тыс. т, что на 47,3 тыс. т больше по сравнению с 2005 г. [5, 8]. Из общего объема образованных отходов более 95 % составляют промышленные отходы, из которых большая часть относится к отходам 3 и 4 классов опасности. Объемы бытовых отходов на территории области за 2006 г. составили 45,7 тыс. т, причем из них утилизировано всего 0,6 %. По площади накопителей промыш-

ленных отходов лидирующее положение занимает Жылыойский административный район, несколько меньшее количество промышленно-бытовых отходов сосредоточено в Макатском и Кызылкогинском административных районах. К неблагополучным территориям относятся также Курмангазинский административный район, где на полигоне «Азгир» до сих пор расположены отходы военно-испытательных мероприятий.

Следует отметить, что разработка месторождений углеводородного сырья в области привела к значительному техногенному нарушению земель, созданию отвалов, карьеров, полигонов, отстойников. Земли промышленности, транспорта и связи, военно-промышленного комплекса составляют 591,2 млн. га. Деградация экосистем на этих землях по неполным данным отмечена на площади около 0,2 млн. га. [5, 8].

Проблема водных ресурсов на территории области включает в себя множество составляющих, наиболее значимыми из которых являются загрязнение поверхностных и подземных вод, обеспечение населения качественной питьевой водой, а также загрязнение вод Каспийского моря.

Одной из экологических проблем региона является ликвидация бесхозных затопленных нефтяных скважин на Каспийском море и самоизливающихся гидрогеологических скважин на территории области. В результате поднятия уровня Каспийского моря сегодня под морской водой находятся 15 месторождений: Лебяжье, Северный Култук, Огайское, Южное, Грядовая, Новобогатинский свод, Жарбас, Атанак, Кок-Арна, Морская, Карасор Западный, Прорва Морская, Юго-Западное Тажигали, Пустынное, Прибрежное с фондом пробуренных скважин 56 единиц, которые представляют особую опасность, так как находятся в зоне затопления [6]. В свое время разведка и освоение месторождений углеводородного сырья на побережье велись без учета возможного затопления морскими водами. Консервация и ликвидация промыслов и отдельных нефтегазовых скважин были выполнены без должной изоляции от воздействия морских вод и ледовых процессов, поэтому требуется незамедлительное проведение мероприятий по их ликвидации, так как аварийное состояние этих скважин может привести к экологической катастрофе в акватории моря. С течением времени в заброшенных скважинах появляется нефть, как это имело место на месторождении Прибрежное в 2003 г. [5, 8]. Эта проблема возникла еще с 60...70-х годов прошлого века. Именно тогда около 1500 нефтяных скважин, расположенных на казахстанской части Каспия, были заглушены как бесперспективные. В период понижения уровня моря никто не предполагал, что скважины

могут в обозримом будущем оказаться под водой. В последние годы по решению Межведомственной комиссии РК на эти цели выделяются средства, но их объем крайне мал, а загрязнение моря нефтепродуктами, а также засоление и заболачивание земли продолжаются [1].

Главная водная артерия области – р. Жайык формируется вне территории республики – в Российской Федерации и значительная часть стока используется в верхнем и среднем ее течении. В р. Жайык, впадающую в Каспийское море, основная масса загрязнений поступает из поверхностных стоков малых рек Российской Федерации, а также с Актюбинской и Западно-Казахстанской областей. На всем протяжении (длина реки на отрезке Уральск – Атырау 840 км) она подвержена загрязнению минеральными удобрениями, отходами промышленных предприятий, строительных организаций, коммунальных и животноводческих комплексов. Р. Жайык по качеству воды на 2006 г. относится к 2 классу – «чистые», ИЗВ 0,53...0,78. Превышения ПДК не наблюдались [2].

Основными критериями экологического состояния водных источников исследуемого региона является качество воды и степень ее пригодности для питьевых и хозяйственных нужд. Обеспеченность населенных пунктов области питьевой водой в 2006 г. составила: водопроводной – 21,1 %; из колонок – 2,6 %, из колодцев – 31,1 %, из открытых водоемов – 22,6 %, привозной водой – 27,4 %. По данным СЭС (2006 г.) лабораторный анализ качества воды показал, что удельный вес проб водопроводной воды, несоответствующих нормативным документам по химическим показателям, равен 2,4; по микробиологическим – 2,3, в то время как из децентрализованных источников, несоответствующих нормативным документам по химическим показателям – 4,0, по микробиологическим – 2,8 [10]. На территории области для хозяйственно-питьевого водоснабжения разведаны три месторождения подземных вод. С учетом того, что в области насчитывается более 65 нефтяных и газонефтяных месторождений, подверженность загрязнению подземных вод крайне высока и подземные воды верхних горизонтов вблизи нефтяных скважин повсеместно загрязнены [9]. Что касается разведанных месторождений подземных вод, то они находятся за сотни километров от месторождений углеводородного сырья.

Антропогенные факторы, оказывающие существенное воздействие на деградацию земель, в том числе на деградацию сельскохозяйственных угодий, приводят к постепенному накоплению негативных экологических изменений и усилению процессов деградации земель. К основным антро-

погенным факторам, влияющим на деградацию сельскохозяйственных угодий, в области относится перевыпас скота на пастбищах, площадь которых составляет 9,7 млн. га, или около 99 % площади всех сельхозугодий [4]. Процесс деградации пастбищ в области является классическим примером развития процессов опустынивания. Прослеживается снижение урожайности кормовых культур с 3,5...2,5 до 2,5...1,5 ц/га сухой массы. В целом область характеризуется высокими значениями площадей умеренно и сильно сбитых пастбищ. Сильная степень деградации пастбищной растительности отмечается на площади 4,7 млн. га (48 %), средняя – на 1,2 млн. га (12 %), слабая – на 1,9 млн. га (20 %) [4]. Наибольшее проявление деградации пастбищ наблюдается в Курмангазинском, Махамбетском и Кызылкогинском административных районах.

Следует также отметить, что в области в массивах Рынских песков действовали три испытательных полигона: Азгирский, Государственный летно-испытательный центр и Государственный центральный полигон (последние два принадлежат российскому комплексу «Капустин Яр»). На территории этих полигонов произведено 29 ядерных взрывов (18 подземных, 11 атмосферных) [7]. В результате взрывов создано 9 подземных полостей общим объемом 1,2 млн. м<sup>3</sup> и одно искусственное озеро диаметром 600 м. Первый взрыв произведен на глубине 165 м, в 1,5 км от пос. Азгир с населением 300 человек. Из взрывной скважины в течение 20 дней выходил газ суммарной радиоактивностью (РА) 190 тыс. кюри. При последующих взрывах выбросы газов продолжались до 11 месяцев. Суммарная масса выбросов в атмосферу от 10 взрывов составила 10 млн. кюри [7]. Полигон закрыт в 80-х годах. Работы по захоронению начаты через 10 лет после первых испытаний. Все это время зона загрязнения расширялась под воздействием ветра и воды. Так, аккумуляция цезия-137 в растениях составила до 650 Бк/кг, содержание таллия – 120...8000 ПДК, количество тяжелых металлов в почвах выше фоновых в 8,5 раз [7].

В области существует проблема снижения биоразнообразия, которая касается не только акватории Каспийского моря. Существенное уменьшение биоразнообразия отмечается в пойме и дельте р. Жайык. Основными факторам антропогенной трансформации растительности поймы и дельты р. Жайык, способствующими снижению ее биологического разнообразия, является рекреационное и пирогенное воздействие, деградация растительности вследствие выпаса и вырубки, загрязнение.

Таким образом, наиболее значимыми региональными экологическими проблемами, имеющими место практически на всей территории Атырауской области, являются: загрязнение атмосферного воздуха и почв; загрязнение и дефицит поверхностных и подземных вод, в том числе вод питьевого назначения; деградация почвенно-растительного покрова сельскохозяйственных угодий и пойменных экосистем; загрязнение окружающей среды деятельностью военно-промышленного и военно-космического комплексов; потеря биоразнообразия, в том числе прибрежных экосистем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальное экологическое обозрение // Национальные доклады Центральной Азии. – Ашгабад, 2006. – Вып.3. – 325 с.
2. Данные Республиканской санитарно-эпидемиологической станции в разрезе административных районов Атырауской области / Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. Алматы, 2006.
3. Звягинцев Д.Г. и др. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почв нефтью // Почвоведение. 1989. № 1.
4. Земельные ресурсы Республики Казахстан. – Астана, 2006. 55 с.
5. Информационно-аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности областной экологической инспекции Атырауского областного территориального управления охраны окружающей среды за 2006 год. ОТУООС, 2006. – 152 с.
6. Нефть в Каспийском регионе: проблемы, мировые тенденции и перспективы / Материалы Казахского института стратегических исследований при Президенте РК. – Алматы, 2005.
7. Окружающая среда и устойчивое развитие Казахстана. Серия публикаций ПРООН Казахстан, № UNDPKAZ 06, 2003. – 212 с.
8. Природные ресурсы и охрана окружающей среды. О состоянии охраны атмосферного воздуха в Республике Казахстан: (Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу). Т. 1. Серия 16. Агентство Республики Казахстан по статистике, 2006.
9. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2005 год. Астана, 2006. – 150 с.
10. Смоляр В.А., Буров Б.В., Веселов В.В. и др. Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние). – Алматы: НИЦ «Гылым», 2002. – 596 с.

Акимат Атырауской обл., г. Атырау

АТЫРАУ ОБЛЫСЫНЫҢ ТАБИҒИ-ШАРУАШЫЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ  
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУЫ

Ж.А. Акімжанов

*Атырау облысының табиғи-шаруашылық жүйесіне экологиялық баға берілген. Каспий теңізінің су көтерілу деңгейіне, жайылымды шамадан тыс пайдалану ықпалына және мұнайгазды кешенінің дамуымен байланысты негізгі экологиялық мәселелер қарастырылған.*

УДК 504. 53. 054

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА  
МЕСТОРОЖДЕНИИ КАРАЖАНБАС**

Канд. биол. наук Т.К. Томина

*В статье рассмотрено загрязнение окружающей среды крупного месторождения Каражанбас в Мангистауской области в связи с нефтедобычей, приведены результаты полевых исследований по загрязнению почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами.*

В настоящее время негативное влияние на состояние окружающей среды Мангистауской области оказывают предприятия нефтедобывающей промышленности. Основными источниками загрязнения на предприятиях нефтедобычи являются факельные выбросы газа (сажа, оксид углерода, оксид азота, диоксид серы, углеводороды); различные типы отходов углеводородного сырья: «амбарная», сырая нефть, токсичные отходы (замазученный почво-грунт (ЗГ), нефтешлам (НШ); отходы после зачистки оборудования, радиоактивные отходы), а также загрязненные промысловые воды [1, 2].

В процессе переработки нефти, нефтепродуктов, газоконденсатов в атмосферу выбрасывается более 78,8 % углеводородов, 34,8 % оксидов серы, азота и углерода, 9,3 % твердых веществ. Среди выбросов такие высокотоксичные соединения как ксилол, толуол, стирол и другие.

Месторождение Каражанбас расположено в северо-западной части полуострова Бузачи, в пределах Прикаспийской низменности, площадь земельного отвода по объектам ОАО «Каражанбасмунай» в 2005 г. составила 167,9 км<sup>2</sup> [5].

Кроме выбросов вредных химических веществ в атмосферу воздействие на окружающую среду в районе месторождения оказывают: сброс на поверхность сырой нефти и высокоминерализованных пластовых вод, технологических растворов, хранящиеся нефтяные отходы (ЗГ, НШ).

Основной проблемой охраны атмосферного воздуха является утилизация попутного и природного газа (рис. 1). Ежегодное увеличение объема сжигаемого газа на факелах связано с резким увеличением добычи нефти. Объем выбросов в атмосферу «Каражанбасмунай» в 2004 г. составил 2825,9 т, при объеме добычи нефти 2325,93 тыс. т. План по добыче попутного газа на 2005 г. – 24,12 млн. м<sup>3</sup>/год [5, 4].





*Рис. 1. Газовый амбар на месторождении Каражанбас, 2005 г.*

Почвенный покров рассматриваемой территории формируется на засоленных озерно-морских отложениях. Он представлен серо-бурыми (бурыми) почвами в комплексе с солончаками (типичными, сорowymi, приморскими) и солонцами. Все почвы характеризуются малой гумусностью, небольшой мощностью гумусового горизонта, низким содержанием элементов питания, малой емкостью поглощения. Эти особенности почв являются следствием сложившихся биоклиматических условий почвообразования: малое количество осадков, высокие летние температуры. Характерной особенностью почв является карбонатность и засоленность профиля.

Интенсивное техногенное давление, которое испытывает почвенный покров территории нефтепромыслов, приводит к разрушению морфогенетического профиля, нефтехимическому загрязнению почв и засолению сточными промышленными водами. При этом формируются своеобразные геохимические поля с повышенным содержанием углеводов [2].

В табл. 1 приведены данные отчетов территориального управления охраны окружающей среды (ТУООС) по Мангистауской области, характеризующие воздействие на почвенный покров предприятий АО «Каражанбасмунай». По данным ТУООС в 2005 г. и начале 2006 г. ликвидированных амбаров на ОА «Каражанбасмунай» нет, в 2005 г. имелись проливы нефти: [5, 4] слабое загрязнение почвы проливами нефти около дренажной емкости от насоса площадью  $2 \text{ м}^2$ ; загрязненная нефтью территория вследствие порыва шлейфа площадью  $6 \text{ м}^2$ , глубиной 1 см; размещенный в неустановленном месте замазученный грунт объемом  $1 \text{ м}^3$ , образованный в результате зачистки территории вокруг насосов; смешанное складирование твердых бытовых отходов (ТБО) и обрезков металлолома в контейнере.

Таблица 1

Антропогенное воздействие предприятий АО «Каражанбасмунайгаз»  
на почвенный покров

Характер воздействия	Единицы измерения	За 9 месяцев		За 2 месяца 2006 г.
		2004 г.	2005 г.	
Количество амбаров с нефтью	шт.	47	47	47
Количество нефти в амбарах	т	2055,1	2055,1	2055
Откачено и утилизировано нефти из амбаров	т	611,0	99,3	14,3
Прорывы нефти	шт.	358	122	6
Сброшено нефти при порывах и проливах	т	611,0	99,3	14,3
Замазучено территории после порывов	га	0,28	0,15	0,01
Очищено замазученной территории	га	0,28	0,99	
Общая площадь замазученности	га	552,7	551,8	551,8
Количество сожженного газа (в том числе попутного)	млн. м <sup>3</sup>	7,0	4,6	14,3*

Примечание: \* – данные по количеству сожженного газа за 3 месяца 2006 г. [3].

Длительный период разработки нефтегазового месторождения Каражанбас, использование устаревшего технологического оборудования периодически создает аварийные ситуации, следствием которых является техногенное загрязнение окружающей среды, разрушение и засоление почвенного покрова на больших площадях. За 2 месяца 2006 г. произошло 6 порывов нефтепроводов и вылилось на грунт 14,3 т нефти (рис. 2). Общая площадь замазученной территории – 551,8 га [5]. Основная причина прорывов нефтепроводов – коррозия металлических труб с истекшим сроком службы.



Рис. 2. Пролит нефти на месторождении Каражанбас, 2005 г.

В ходе полевых исследований на территории месторождения Каражанбас на 27 точках отобраны образцы почв для определения содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов. Результаты проведенных химических анализов на содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов приведены в табл. 2.



Таблица 2

Результаты экспедиционных исследований загрязнения почв на месторождении Каражанбас, июль 2005 г.

Место отбора	Глубина, см	Содержание валовой формы, мг/кг							Превышение уровня ПДК						Относительно фоновое содержание
		Ni	Co	Zn	Pb	Cd	Cu	н/п	Ni ПДК = 45	Co ПДК = 50	Zn ПДК = 150	Pb ПДК = 32	Cd ПДК = 5,0	Cu ПДК = 40	
70 м от СКВ 5194	0...20	3,8	1,9	9,8	1,6	0,03	8,2	0,056	0,08	0,04	0,07	0,05	0,01	0,21	0,56
	20...50	3,1	1,5	9,5	1,3	0,03	8,1	0,06	0,07	0,03	0,06	0,04	0,01	0,20	0,60
100 м от СКВ 5194	0...20	3,2	1,3	8,2	1,8	0,03	5,6	0,071	0,07	0,03	0,05	0,06	0,01	0,14	0,71
	20...50	3,1	1,2	8,1	1,5	0,02	5,5	0,054	0,07	0,02	0,05	0,05	0,00	0,14	0,54
1100 м от СКВ 5194, за СЗЗ*	0...20	9,9	2,1	12,7	2,6	0,05	8,5	0,05	0,22	0,04	0,08	0,08	0,01	0,21	0,50
	20...50	9,4	2,1	12,5	2,5	0,05	8,2	0,04	0,21	0,04	0,08	0,08	0,01	0,21	0,40
50 м южнее СКВ 2885	0...20	5,1	1,8	9,2	1,7	0,03	6,5	0,037	0,11	0,04	0,06	0,05	0,01	0,16	0,37
	20...50	5,1	1,7	9,1	1,2	0,03	6,3	0,03	0,11	0,03	0,06	0,04	0,01	0,16	0,30
50 м западнее СКВ 2729	0...20	6,7	1,9	10,2	2	0,05	6,7	0,056	0,15	0,04	0,07	0,06	0,01	0,17	0,56
	20...50	6,3	1,8	10,2	1,8	0,04	6,4	0,045	0,14	0,04	0,07	0,06	0,01	0,16	0,45
100 м западнее СКВ 2729	0...20	9,1	3	19,2	2,8	0,05	11,5	0,033	0,20	0,06	0,13	0,09	0,01	0,29	0,33
	20...50	9	2,9	18,6	2,8	0,05	11,3	0,03	0,20	0,06	0,12	0,09	0,01	0,28	0,30
40 м севернее СКВ 5172	0...20	4,7	1,5	8,9	2,3	0,04	5,1	0,01	0,10	0,03	0,06	0,07	0,01	0,13	0,10
	20...50	4,1	1,4	8,6	2,2	0,04	4,9	0,01	0,09	0,03	0,06	0,07	0,01	0,12	0,10
40 м севернее СКВ 5126	0...20	3,8	1	6,6	1,6	0,02	3,6	0,14	0,08	0,02	0,04	0,05	0,00	0,09	1,40
	20...50	3,5	1	6,2	1,4	0,01	3,5	0,1	0,08	0,02	0,04	0,04	0,00	0,09	1,00
100 м западнее СКВ 5126	0...20	3,2	1	8,2	1,8	0,03	3,7	0,024	0,07	0,02	0,05	0,06	0,01	0,09	0,24
	20...50	3,2	0,9	8,1	1,6	0,03	3,1	0,02	0,07	0,02	0,05	0,05	0,01	0,08	0,20
40 м севернее СКВ 3585	0...20	12,8	5	15,8	3,5	0,1	9,1	0,047	0,28	0,10	0,11	0,11	0,02	0,23	0,47
	20...50	12,4	4,7	15,4	3,2	0,09	9,1	0,045	0,28	0,09	0,10	0,10	0,02	0,23	0,45
100 м западнее СКВ 482	0...20	5,7	1,6	8,5	2,4	0,06	4,5	0,012	0,13	0,03	0,06	0,08	0,01	0,11	0,12
	20...50	5,1	1,4	8,3	2,2	0,05	4,2	0,013	0,11	0,03	0,06	0,07	0,01	0,11	0,13
70 м восточнее СКВ 4661	0...20	6,9	1,9	7,2	3,3	0,06	5,4	0,02	0,15	0,04	0,05	0,10	0,01	0,14	0,20
	20...50	6,7	1,5	7,2	3,1	0,05	5,2	0,03	0,15	0,03	0,05	0,10	0,01	0,13	0,30
30 м севернее СКВ 1460	0...20	9,2	2	8,5	2,3	0,09	6,3	0,009	0,20	0,04	0,06	0,07	0,02	0,16	0,09
	20...50	9,1	1,7	8,2	2,1	0,08	6,1	0,007	0,20	0,03	0,05	0,07	0,02	0,15	0,07
За СЗЗ на север	0...20	15	1	10,2	4,5	0,15	9,7	0,011	0,33	0,02	0,07	0,14	0,03	0,24	0,11
	20...50	14,4	0,9	10,1	4,2	0,13	9,5	0,01	0,32	0,02	0,07	0,13	0,03	0,24	0,10
70 м севернее СКВ 2565	0...20	11,4	2,4	14,6	3,7	0,12	7,9	0,03	0,25	0,05	0,10	0,12	0,02	0,20	0,30
	20...50	11,2	2,1	14,3	3,5	0,1	7,5	0,027	0,25	0,04	0,10	0,11	0,02	0,19	0,27

Место отбора	Глубина, см	Содержание валовой формы, мг/кг							Превышение уровня ПДК						Относительно фонового содержания
		Ni	Co	Zn	Pb	Cd	Cu	н/п	Ni ПДК = 45	Co ПДК = 50	Zn ПДК = 150	Pb ПДК = 32	Cd ПДК = 5,0	Cu ПДК = 40	
СКВ 1166, от амбара 50 см	0...20	9,4	2,1	9,2	6,3	0,11	6,3	0,7	0,21	0,04	0,06	0,20	0,02	0,16	7,00
	20...50	9,2	1,8	9,1	6,1	0,11	6,1	0,6	0,20	0,04	0,06	0,19	0,02	0,15	6,00
40 м южнее СКВ 2106	0...20	7	1,9	7,2	2,5	0,09	5,8	0,2	0,16	0,04	0,05	0,08	0,02	0,15	2,00
	20...50	6,4	1,6	7,1	2,3	0,08	5,4	0,24	0,14	0,03	0,05	0,07	0,02	0,14	2,40
За СЗЗ на юг	0...20	7,7	2	7,2	3,1	0,1	5,8	0,05	0,17	0,04	0,05	0,10	0,02	0,15	0,50
	20...50	7,3	1,5	7,2	3	0,09	5,8	0,05	0,16	0,03	0,05	0,09	0,02	0,15	0,50
За СЗЗ на запад	0...20	11,1	2,1	8,2	4,1	0,08	7,9	0,02	0,25	0,04	0,05	0,13	0,02	0,20	0,20
	20...50	11,1	2	8,1	4,1	0,07	7,6	0,013	0,25	0,04	0,05	0,13	0,01	0,19	0,13
За СЗЗ на северо-запад	0...20	4,1	1,5	4,8	1,5	0,04	4	0,03	0,09	0,03	0,03	0,05	0,01	0,10	0,30
	20...50	4,1	1,3	4,4	1,2	0,04	3,8	0,03	0,09	0,03	0,03	0,04	0,01	0,10	0,30
50 м северо-западнее	0...20	13,2	2,4	9,9	3,7	0,1	8,4	0,06	0,29	0,05	0,07	0,12	0,02	0,21	0,60
СКВ 4130	20...50	13,1	2,1	9,5	3,6	0,09	8,1	0,057	0,29	0,04	0,06	0,11	0,02	0,20	0,57
50 м от СКВ 315	0...20	8	1,9	10,3	3,7	0,13	7,8	0,03	0,18	0,04	0,07	0,12	0,03	0,20	0,30
	20...50	7,9	1,7	10,2	3,7	0,11	7,7	0,036	0,18	0,03	0,07	0,12	0,02	0,19	0,36
50 м западнее СКВ 4013	0...20	10,9	2	8,8	3,9	0,09	7,8	0,026	0,24	0,04	0,06	0,12	0,02	0,20	0,26
	20...50	10,7	1,8	8,2	3,4	0,07	7,6	0,02	0,24	0,04	0,05	0,11	0,01	0,19	0,20
90 м восточнее СКВ 702	0...20	7	1,7	6,6	3,8	0,14	5,7	0,01	0,16	0,03	0,04	0,12	0,03	0,14	0,10
	20...50	7	1,5	6,4	3,5	0,11	5,2	0,01	0,16	0,03	0,04	0,11	0,02	0,13	0,10
50 м от СКВ 3171	0...20	17,5	7	18,5	1	0,09	11,2	0,008	0,39	0,14	0,12	0,03	0,02	0,28	0,08
	20...50	17,4	6,8	18,4	1	0,08	11,1	0,005	0,39	0,14	0,12	0,03	0,02	0,28	0,05
27 м южнее СКВ 2114	0...20	9,9	2	7	4	0,11	6,6	0,01	0,22	0,04	0,05	0,13	0,02	0,17	0,10
	20...50	9,6	1,8	6,9	3,8	0,1	6,4	0,01	0,21	0,04	0,05	0,12	0,02	0,16	0,10
40 м от СКВ 1736	0...20	12	2,1	9,2	4,1	0,09	7,2	0,01	0,27	0,04	0,06	0,13	0,02	0,18	0,10
	20...50	11,5	2,1	9,9	4	0,06	7,1	0,01	0,26	0,04	0,07	0,13	0,01	0,18	0,10

Примечание: \* – санитарно защитная зона, н/п – нефтепродукты. Фон по н/п = 0,1 мг/кг.

Анализируя данные химических анализов по содержанию валовой формы тяжелых металлов в почве месторождения Каражанбас, можно отметить, что превышения относительно уровня ПДК не наблюдалось по всем точкам отбора. Уровень содержания нефтепродуктов в почвенных образцах месторождения Каражанбас ниже фонового, кроме двух точек отбора: вблизи нефтяного амбара – в 6...7 раз выше и около скважины (СКВ) 2106 – в 2 раза выше фонового уровня.

Таким образом, почвы месторождения Каражанбас имеют превышения в 2...6 раз выше фонового уровня по содержанию нефтепродуктов по двум точкам отбора образцов. Согласно критериям оценки антропогенной нарушенности почв при слабом загрязнении почвенный профиль насыщается нефтью на глубину менее 5 см, умеренном 5...10, сильном 10...20 и очень сильном – более 20 см [6]. Низкий уровень загрязнения почв месторождения нефтью объясняется своевременной заменой грунта вокруг скважин новым, незагрязненным.

В процессе производственной и хозяйственно-бытовой деятельности на промплощадках месторождения формируются сточные воды, отведение которых осуществляется по раздельным системам канализации в связи с тем, что производственные воды загрязнены нефтепродуктами. Все производственные сточные воды после отстаивания сбрасываются в подземные горизонты. Из них около 40 % закачиваются в нефтяные пласты для поддержания пластового давления, оставшаяся вода утилизируется в водопоглощающих скважинах.

Загрязнение подземных вод весьма значительное. Источниками загрязнения являются: пластовые воды обратной закачки, извлекаемые из скважин; химические реагенты, применяемые при очистке нефти; а также бытовые сточные воды. Очаги загрязнения на территории наблюдаются при прорывах нефтепроводов и трубопроводов, подающих несанкционированные, некондиционные сбросы вод, при утечках в технических линиях.

Загрязнение подземных вод вызвано сырой товарной нефтью, нефтепродуктами и углеводородными соединениями, содержащимися в подтоварных водах и промышленных отходах, в буровых растворах. Нефтепродукты, просачивающиеся в подземные воды при нагнетании и утилизации пластовых вод, вступают в физико-химическое взаимодей-

ствие с почвой. Ввиду того, что в обратно закачиваемых в пласт промышленных стоках содержание нефти превышает нормативные значения, необходимо добиться очистки промстоков от нефти до нормативных значений, для предотвращения загрязнения подземных вод нефтью.

Хозяйственно-бытовые сточные воды проходят очистку на сооружениях полной биологической очистки при помощи микроорганизмов активного ила, комплекс предназначен для очистки только хозяйственно-бытовых сточных вод, с последующим их отведением на поля фильтрации.

Глубина залегания грунтовых вод находится в пределах 0,5...4 м. Они сильно минерализованы (до 150...180 г/дм<sup>3</sup>).

В геоморфологическом плане территория месторождения представляет собой пустынную плоскую равнину с небольшим общим уклоном на юго-запад в сторону Каспийского моря. Часть месторождения подвержена воздействию нагонных явлений. Из-за постоянных колебаний уровня моря отсутствует выраженная береговая линия. Зоны экологической угрозы расположены в бухте залива Тупкараганский и в прибрежных водах Каспийского моря [5]. Из-за трансгрессии моря осложняется экологическая обстановка: в прибрежной зоне свыше 1400 затопленных нефтегазовых скважин, которые продолжают подвергаться интенсивной коррозии и разрушению и загрязнять морскую воду, имеются затопленные нефтяные амбары (рис. 3). Необходимо принять меры по ликвидации и устранению утечек из затопленных нефтяных скважин и нефтяных амбаров, находящихся в зоне затопления моря.



*Рис. 3. Загрязнение нефтью воды Каспийского моря на месте затопленного нефтяного амбара на месторождении Каражанбас, 2005 г.*

#### ***Отходы месторождения Каражанбас***

На месторождении «Каражанбас» имеется 2 места организованного складирования промышленных отходов, из них 1 соответствует санитарным и экологическим требованиям. Это полигон для временного хранения промышленных нефтяных отходов (рис. 4), находящийся в эксплуатации с 2001 г. и расположенный в 12 километрах от берега Каспийского моря, в 10,5 километрах от вахтового поселка, на северной окраине месторождения. Полигон состоит из площадки временного хранения отходов бурения; площадки складирования нефтяного шлама и замазученного грунта; печи для сжигания ТБО; наблюдательных скважин; подъездной дороги; ограждения.



*Рис. 4. Полигон замазученного грунта, месторождение Каражанбас, 2005 г.*

Полигон размещается на площадке размером  $283,5 \times 185$  м с ограждением по периметру и предназначен для централизованного сбора и временного хранения промышленных нефтяных отходов объемом  $48000 \text{ м}^3$  (большая карта), и две маленькие карты по  $4800 \text{ м}^3$ . Это фактически обвалованные котлованы большой емкости. Большая карта полигона имеет площадь  $12000 \text{ м}^2$  ( $100 \times 120$  м), маленькие карты  $3000 \text{ м}^2$  ( $50 \times 60$  м). Площадь полигона спланирована, утрамбована и обвалована; обустроена противодиффузионным экраном – особо прочной полиэтиленовой пленкой. Размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) составляет 1000 м [5].

Перед началом эксплуатации полигона вокруг были пробурены 4 мониторинговые скважины глубиной 15 м, диаметром 132 мм. Мониторинг подземных вод ведется ежеквартально компанией ТОО «Мангистау-Мониторинг» [3]. Глубина залегания уровня грунтовых вод в районе полигона – 2,35 м. Объем накопленных отходов на полигоне на 01.07.2005 г. составил 55 тыс. т. Исторические временные хранилища (нефтяной ам-



бар): амбар № 1 площадь  $S = 4950 \text{ м}^2$ ; объем  $V = 4950 \times 1,1 = 5450 \text{ м}^3$ ; амбар № 2 площадь  $S = 460 \text{ м}^2$ ; объем  $V = 460 \times 0,65 = 300 \text{ м}^3$ ; амбар № 3 площадь  $S = 34800 \text{ м}^2$ ; объем  $V = 3480 \times 1,0 = 3480 \text{ м}^3$ . Замазученный грунт, хранящийся на полигоне, содержит до 15 % нефти; 80 % механических примесей, кроме того, доли процента нафталинов, аценафтоленов, флюоренов, пиренов, хризенов и др.

За 2005 г. образовано и вывезено отходов 4 класса опасности (замазученный грунт и нефтешлам) около 2 тыс. т; вывезено металлолома 1010 т; сдано на переработку в ТОО «МАЭК-Казатомпром» 1340 шт. отработанных ртутных ламп. С территории месторождения Каражанбас было вывезено на полигон 599 т не пригодных химических реагентов. С полигона на месторождении Каражанбас вывезено 15 тыс. т буровых отходов. На 01.01.06 г. на полигоне образовалось 76 тыс. т производственных отходов, а на действующий полигон ГКП «Коктем» вывезено 1114 т ТБО [5].

Площадь исторически загрязненных территорий, подлежащих рекультивации на 01.07.2005 г. составила 552 га. Также на месторождении имеют место многочисленные неорганизованные свалки.

В процессе решения экологических проблем месторождения необходимо провести ряд мероприятий [4]:

- очистку земель от загрязнения разливами нефти и замазученности нефтепродуктами, путем среза замазученного грунта и вывоза его на специализированные полигоны для дальнейшей утилизации;
- отсыпку чистым грунтом и рекультивацию мест загрязнения;
- провести замену устаревших кародированных нефтепроводов и выкидных линий скважин на новые стальные или стеклопластиковые трубы;
- переработать и утилизировать накопленные нефтеотходы. Внедрить установки по переработке замазученных грунтов, нефтешламов;
- использовать отходы бурения при строительстве внутрипромысловых дорог;
- утилизировать амбарную нефть. Откачивать в летний период в общую систему нефтесбора чистую амбарную нефть. Перерабатывать загрязненную механическими примесями нефть на установках трудноразрушаемой нефти, и доводить ее до товарной кондиции.

По состоянию загрязнения окружающей среды месторождения Каражанбас можно сделать следующие выводы:

1. проблемой по охране атмосферного воздуха является утилизация попутного и природного газа, увеличение объема сжигаемого газа на факелах;
2. на территории имеются разливы нефти;
3. исторически загрязненные территории, подлежащие рекультивации;
4. загрязнение нефтью воды в бухте залива Тупкараганский и в прибрежных водах Каспийского моря в местах затопленных нефтяных амбаров;
5. затопленные нефтегазовые скважины, которые продолжают подвергаться интенсивной коррозии, разрушению и загрязнять морскую воду;
6. на месторождении имеются неорганизованные свалки производственных отходов;
7. местами почвы месторождения Каражанбас имеют превышения по содержанию нефтепродуктов в 2...6 раз выше фонового уровня.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асанбаев И.К. Антропогенные изменения почв и их экологические последствия. – Алматы: Ғылым, 1998. – 25 с.
2. Джусипбеков У.Ж., Фаизов К.Ш., Талапова А.С., Ошакбаев М.Т. Химико-экологические последствия влияния тяжелых нефтей Озенского месторождения на окружающую среду. – Алматы, 2004. – 44 с.
3. Клименкова В.А. Отчет о мониторинговых исследованиях на месторождениях Озен и Карамандыбас для определения степени загрязнения первых от поверхности водоносных горизонтов. – Актау. 2002. – 76 с.
4. Отчет о состоянии окружающей среды ТУООС Мангистауской области. Информация о состоянии окружающей среды по Мангистауской области за 1 квартал 2006 года. / Ногаев Ы.Н. – Актау, 2007. – 17 с.
5. Сведения об экологической обстановке в Мангистауской области (Отчет о состоянии окружающей среды ТУООС Мангистауской области за 9 мес. 2005 года). / Ногаев Ы.Н. – Актау, 2006. – 36 с.
6. Фаизов К.Ш., Раимжанова М.М., Алимбеков Ж.С. Экология Мангышлак-Прикаспийского нефтегазового региона. – Алматы: 2003. – 57 с.

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата, г. Алматы

#### **«ҚАРАЖАНБАС» КЕН ОРНЫНДАҒЫ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЛАСТАНУЫ**

Биолог. ғылымд. канд. Т.К. Томина

*Мақалада Манғыстау облысындағы «Қаражанбас» ірі кен орнындағы мұнай өндіру өнеркәсібінің бүгінгі қоршаған ортаға әсер етуін бағалау, және далалық зерттеу жұмыстары қарастырылады.*

УДК 541.1:661.2-522.1

**ФОСФОР ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫН НОРМАТИВТЕН ЖОҒАРЫ ОРНАЛАСТЫРУЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ШЫҒЫНЫН ЕСЕПТЕУ**

Г.С. Жақсыбаева

*Бұл мақалада фосфор өндіріс қалдықтарын нормативтен жоғары зияндылық есебі келтірілген. Сол қалдықтардың төлем мөлшерлері есептелген.*

Қазақстан республикасында қалдықтар пайда болатын негізгі өндіріс салаларында қалдықтарды жинауда өздеріне сәйкес ерекшеліктері және орналастыруға кеткен төлем мөлшерлері болады. Қоршаған ортаның экологиялық шығын төлемінің мөлшері ластаушы заттардың көлеміне байланысты.

Өнеркәсіптік кәсіпорындарындағы негізгі факторларының қоршаған ортаға кері әсері келесідей:

- геоморфологиялық (тастандыларды үйіп-төгіп немесе карьерлерді қазып-жөндегенде жер бетін өзгерту);
- гидрогеологиялық (территорияларға су жайылып, жер бетін кептіру, жер астындағы суларды ластау, олардың толығу шарттарын өзгерту, сулы қаттамаларды жеңілту т.б.);
- геохимиялық (химиялық элементтердің, қосылыстардың ыдырауы, сулы-тұзды алмасуды бұзу, тотығу-тотықсыздану шарттарын өзгерту);
- геотермиялық (сулы-тұзды баланстың құрамын және шартын өзгерту);
- инженерлі-геологиялық (жер өзінен-өзі сырғып түсу, ойлар пайда болу, карстық құбылыстар, селдер және т.б.);
- минералогиялық (жер қазбаларының азаюы);
- геофизикалық (жердің магниттік және электр алаңдарының құрамын және қуаттылығын бұзу, адаспалы токтардың шығуы, сейсмикалық және дыбыс толқындарының пайда болуы).

Өндіріс қалдықтар (ӨҚ) жинақтаушыларын пайдалану ережелерін бұзу нәтижесінде қоршаған ортаның компоненттерін ластаудан шығатын зияны келесі формуламен анықталады:

$$Y_t = Y_c + Y_{жс} + Y_a, \quad (1)$$

$$Y_c = \gamma_c \cdot M_{жс} \cdot K_{өт} \cdot K_c, \quad (2)$$

$$V_{жс} = \gamma_{жс} \cdot M_{жс} \cdot K_c \cdot K_{\theta}, \quad (3)$$

$$V_a = \gamma_a \cdot M_{жс} \cdot K_{ат} \cdot K_c, \quad (4)$$

мұндағы  $V_t$  – «t» жылдағы жинақтауышта ӨҚ-ын нормативтен жоғары орналастыру нәтижесінде қоршаған орта компоненттердің ластануының суммалық зияны, тг;  $V_c$  – су ресурстарын ластануынан келетін зиян, тг;  $V_{жс}$  – жер қойнауын ластануынан келетін зиян, тг;  $V_a$  – атмосфералық ауаның ластануынан келетін зиян, тг;  $\gamma_c$  – су ресурстарына тигізілген шартты меншікті экономикалық зиян, 178,3 тг/шартты тоннаға тең [1];  $\gamma_{жс}$  – жер қойнауына тигізілген шартты меншікті экономикалық зиян, 130201 тг/шартты тоннаға тең;  $\gamma_a$  – атмосфералық ауаға тигізілген шартты меншікті экономикалық зиян, 53,44 тг/ шартты тоннаға тең.  $M_{жс}$  – жинақтауышта жиналатын ӨҚ-ның есептік нормативтен жоғары көлемі, т;  $K_{\theta}$  – жинақтауыш орналасқан су-шаруашылық аймағының мәнін сипаттайтын константасы (тұрақтысы);  $K_{ат}$  – әр түрлі типті территориядағы атмосфералық ауаның салыстырмалы қауіптілігін сипаттайтын константа;  $K_c$  – нақты кәсіпорынның ӨҚ жинақтаушыларының орналасқан территориясындағы әлеуметтік-экономикалық мәнінің көрсеткіші;  $K_{\theta}$  – нақты кәсіпорынның ӨҚ жинақтаушыларының орналасқан территориясындағы ауыл шаруашылық жерлерінің категориясын ескеретін көрсеткіш.

Су ресурстарына тиетін шекті экономикалық зияны су ресурстарының шартты меншікті зияны бойынша есептеледі. Жер қойнауына тиетін шекті экономикалық зияны жер қойнауының шартты меншікті зияны бойынша есептеледі. Атмосфералық ауаға тиетін шекті экономикалық зияны атмосфералық ауаның шартты меншікті зияны бойынша есептеледі.

ӨҚ-ның нормативтен жоғары көлемі келесі формуламен есептеледі:

$$M_{жс} = M_{жалпы} - M_{ори},$$

мұндағы  $M_{жалпы}$  – ӨҚ-ң жалпы жылдық көлемі. Бұған қалдықтардың жылдық ағымды көлемі, жинауға жіберілетін (көму) және орта жылдық массаны жинақтауышқа жиналған қалдықтар жатады, т/жыл;  $M_{ори}$  – ӨҚ орналастырудың жалпы жылдық көлемі, т/жыл.

Жамбыл облысында орналасқан «Тараз Фосфор» АҚ-ң қалдық жинағыштардың экономикалық зиянын есептейміз. Бастапқы берілгендер ретінде ӨҚ-ң жалпы жылдық көлемі 2,2 млн т/жыл, ӨҚ-ң шартты орналасқан көлемі 2,0 млн т/жыл. Сонда ӨҚ-ң жоғары орналасқан көлемі 0,20 млн т/жыл құрайды.

«Таразфосфор» АҚ кәсіпорны үшін  $M_{жс}$  келтірілген коэффициенті  $\gamma_c, \gamma_{жс}, \gamma_a$  0,006-ға тең, сонымен

$$\gamma_c = 178,3 \cdot 0,006 = 1,07 \text{ тг/т};$$

$$\gamma_{жс} = 130201 \cdot 0,006 = 781,21 \text{ тг/т};$$

$$\gamma_a = 53,44 \cdot 0,006 = 0,32 \text{ тг/т}.$$

Константаларды қабылдаймыз:

Константа  $K_{от}$  – жинақтауыш орналасқан шаруашылық аймағының мәнін сипаттайтын константасы 2,89-ға тең;

Константа  $K_{ат}$  – әр түрлі типті территориядағы атмосфералық ауаның салыстырмалы қауіптілігін сипаттайтын константа 4-ке тең;

$K_c$  – нақты кәсіпорынның ӨҚ жинақтаушыларының орналасқан территориясындағы әлеуметтік-экономикалық мәні 1,7-ге тең;

$K_{\sigma}$  – нақты кәсіпорынның ӨҚ жинақтаушыларының орналасқан территориясындағы ауыл шаруашылық жерлерінің категориясын ескеретін көрсеткіш 0,1-ге тең.

(2) формулаға сәйкес су ресурстарын ластанудан экономикалық зияны мынаған тең

$$Y_c = 1,07 \cdot 790000 \cdot 2,89 \cdot 1,7 = 4552959 \text{ тг}.$$

(3) формулаға сәйкес жер қойнауын ластанудан экономикалық зияны мынаған тең

$$Y_{жс} = 781,21 \cdot 790000 \cdot 1,7 \cdot 1,0 = 10491650 \text{ тг}.$$

(4) формулаға сәйкес атмосфералық ауаны ластанудан экономикалық зияны мынаған тең

$$Y_a = 0,32 \cdot 790000 \cdot 4 \cdot 1,7 = 41719040 \text{ тг}.$$

(1) формулаға сәйкес «t» жылдағы жинақтауышта ӨҚ-ын нормативтен жоғары орналастыру нәтижесінде қоршаған орта компоненттердің ластануының суммалық экономикалық зияны мынаған тең

$$Y_t = 4\,552\,959 + 10\,491\,650 + 41\,719\,040 = 56\,763\,649 \text{ тг}.$$

АҚ «Таразфосфор» өндірісінің қалдықтарын жинайтын аймақта гидрогеологиялық және гидрохимиялық өзгерістердің көріністері қазіргі кезде жұмыс жүргізу үшін біршама қызығушылық туғызды.

Осыған сәйкес, өндіріс қалдықтарының қоршаған орта компоненттеріне кері әсері зерттеу нәтижелерінен алынды, жер асты сулары мен топырақтың ластану көрсеткіштері кестеде келтірілген.

Кесте

Жер асты сулары мен топырақтың ластану көрсеткіштері

Сынама алатын жер	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>			
	HF	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>
Жер асты сулары:				
Фонды (қалдықтарды сақтау қоймаларынан жоғары)	0,0008	0,028	0,01	0,15
Аралас сулар (оңтүстік дамба)	0,0007	0,0022	0,012	0,11
Топырақ:				
Фонды (аялық)	5,0	8,0	2,5	0,8
Оңтүстік дамбыдан 300 м	4,0	13,4	5,0	1,6

Ауадағы шаңның концентрациясы объектіге дейінгі 3 нүктелердегі өлшем бойынша орташа концентрациясы 2,4 мг/м<sup>3</sup>, ал объектіден кейін 4,2 мг/м<sup>3</sup> құрды.

Атмосфералық ауа үшін, төмендеу коэффициентінің мәнін анықтау үшін, келесідей есептейміз. Негұрлым ластанған барлық заттардың құрамы шаңның шығуынан мөлшер шегінен шықпайды, шаңның атмосфералық ауаның ластану деңгейінен анықталады. Атмосфералық ауа үшін төмендететін коэффициенттерін анықтауға мынадай есептер жасаймыз: барлық ластаушы заттардың (шаңнан басқа) мөлшерлері нормативтен аспағаннан атмосфераны ластау дәрежесін шаңға бола есептейміз, яғни тастанды қорының әсерінен болған соң  $d_a = 1,8$ .

ШРК-дан асқан мөлшерін табамыз:  $\Delta d_a = 0,8$

Төмендететін коэффициенттің мөлшері болады:  $K_A = 0,75$ .

Жер асты сулары үшін ластанған деңгейді және төмендететін коэффициентті есептейміз:

- фондық деңгейден асқан заттар – фторсутек, фосфор пентаоксиді, күкірт диоксиді және кремний диоксиді. Осы элементтердің жер асты суларын ластау деңгейі болады:

$$d_{HF} = 0,007, \quad d_{P_2O_5} = 0,022, \quad d_{SO_2} = 0,12, \quad d_{SiO_2} = 1,16$$

Жер асты сулар ластануының жалпы деңгейі 1,05 құрайды.

Төмендету коэффициентінің мөлшері  $K_B = 0,9$ -ға тең.

Жер қойнауы үшін ластану деңгейін, төмендету коэффициенттің мөлшерін есептейміз:

- жер қойнауының ластану деңгейін табамыз:

$$d_{HF} = 1,25; \quad d_{P_2O_5} = 0,60; \quad d_{SO_2} = 0,5; \quad d_{SiO_2} = 0,5$$

ШРК-дан асқан мөлшері 0,125. Жер қойнауы ластануының жалпы деңгейі 1,125 құрайды. Төмендететін коэффициенттің мөлшері  $K_{II} = 0,9$ -ға тең.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. РНД 03.3.0.4.01-95. Методические указания по оценке влияния на окружающую среду размещенных в накопителях производственных отходов, а также складиремых под открытым небом продуктов и материалов.

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, Алматы қаласы

#### РАСЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ СВЕРХНОРМАТИВНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ФОСФОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Г.С. Жаксыбаева

*В данной статье приведен расчет ущерба от сверхнормативного размещения отходов АО «Таразфосфор».*



УДК 504.064.4

**ФТОРАПАТИТ-КВАРЦ-КАЛЬЦИЙ СИЛИКАТЫ ЖҮЙЕСІН  
ДИАГРАММАЛЫҚ ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ЗЕРТТЕУ**

Г.С. Жақсыбаева  
Хим. ғылымд. канд. З.Ж. Сакиева  
Хим. ғылымд. докторы Р.Ә. Қазова

*Осы мақалада 1000 °С температурадағы фторапатит-кварц-кальций силикаты жүйесіндегі әрекеттесулер қарастырылған, тәжірибелердің жоспарлау матрицасы көрсетілген.*

Фосфориттердің балқымасынан элементті фосфорды айдау кезінде электротермиялық пеш ваннасында түзілетін электротермофосфорлы қождың құрамына реакцияға түспеген кварц пен кальций силикатының, фторапатиттің қалдық мөлшері кіреді.

Фосфориттердің бастапқы минералдары декарбонизация, дегидратациядан кейін фторапатитке  $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$  өтетін фторкарбонатапатитпен  $Ca_{10}(PO_4)_6(CO_2, F)_2$  немесе фторкарбонат гидроскидапатитпен  $Ca_{10}(PO_4)_6(CO_2, OH, F)_2$  көрсетілген. Слюда көбінесе төмен балқитын қоспа ретінде жүреді және қатты фазалы жүйе компоненттерінің толық өзара әрекеттесуіне мүмкіндік жасайды. Қыздыру кезінде компоненттер арасында әр түрлі өзара әрекеттесулер жүреді. Көрсетілген минералдардың әрекетін ақырғы өнімнің құрамы және қасиеті анықтайды.

Жеке алғанда, қожды термолитикалық жағдайда өңдеу кезінде  $\beta$  – волластониттің құрылымы ( $\beta - CaSiO_3$ ) қалыптасады. Сондықтан, қыздыру кезінде қож компонентінің термолитикалық айналымы мен өзара әрекеттесулерін негіздеу мақсатында 1000 °С температура кезінде фторапатит-кварц-кальций силикаты жүйесі зерттелді. Фторапатит-кварц-кальций силикаты жүйесіндегі өзара әрекеттесулерді зерттеу кезінде минералдардың мұражайлық үлгілері пайдаланылды.

Фосфатты қож пеш көлемінде пайда болғанда әр түрлі минералдар өзара әрекеттесіп қождың қасиеттеріне, құрамына әсер етеді. Күрделі жүйедегі әрекеттесуді симплекс-торлы модельдеу тәсілімен анықтауға болады. Алдын ала симплекс-торлы матрица жасалады, тәжірибелердің шарттары матрицаға сәйкес болады (1-кесте). Алынған нәтижелерді

$(Y_1, Y_2 \dots)$  математикалық модельдің коэффициенттерін көрсетілген формулаларды қолданып есептейді.

1-кесте

Төртінші дәрежелі модельді алу үшін жоспарлау матрицасы

$X_1$	$X_2$	$X_3$	Өзгеру дәрежесі, %	Коэффициент индексі
1	0	0	92,0	$Y_1$
0	1	0	3,2	$Y_2$
0	0	1	2,1	$Y_3$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	94,2	$Y_{12}$
$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	93,2	$Y_{13}$
0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3,1	$Y_{23}$
$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	0	94,2	$Y_{1112}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0	96,2	$Y_{1222}$
$\frac{3}{4}$	0	$\frac{1}{4}$	94,2	$Y_{1113}$
$\frac{1}{4}$	0	$\frac{3}{4}$	94,8	$Y_{1333}$
0	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	2,0	$Y_{2223}$
0	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0,4	$Y_{2333}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	93,8	$Y_{1123}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	96,2	$Y_{1223}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	97,2	$Y_{1233}$

Құрам-қасиет көп компонентті жүйелерін құру тәжірибелік жұмыстардың көп мөлшерімен байланысты екені белгілі. Бірақ мұндай жүйелерді тәжірибені симплекс-торлы жоспарлау әдістерімен зерттеуге болады, ол зерттеліп отырған жүйедегі өзара әрекеттерді зерттеу үшін қолданылды. Жоспарлау матрицасы бойынша 15 тәжірибе жүргізілді, мұндағы тәуелсіз айнымалылар жүйесіндегі белгілі бір минералдардың мөлшерімен көрсетілді ( $X_1 - Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ ;  $X_2 - SiO_2$ ;  $X_3 - CaSiO_3$ ).

Сонымен, фторапатит-кварц-кальций силикаты жүйесіндегі өзгеру дәрежесіне құрамның әсерін суреттейтін төртінші дәрежелі модель келесі түрде болады:

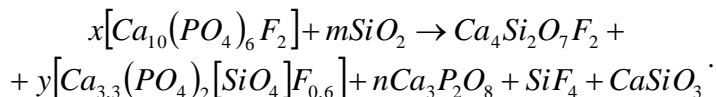
$$Y = 7001X_1 + 6X_2 + 573X_3 - 343X_1X_2 + 484X_1X_3 + 2078X_2X_3 + 181X_1X_2(X_1 - X_2) - 878X_1X_3(X_1 - X_3) - 55X_2X_3(X_2 - X_3) - 738X_1X_2(X_1 - X_2)^2 + 858X_1X_3(X_1 - X_3)^2 + 594X_2X_3(X_2 - X_3)^2 + 5668X_1^2X_2X_3 + 3537X_1X_2^2X_3 + 1339X_1X_2X_3^2$$

Алынған беттің геометриялық көрінісі үшін әр 10 % (сурет) сайын түзулер құрды. Осы мақсатта әр нүктеде заттың өзгеру дәрежесінің мәндерін есептеп, үшбұрышқа салынды.

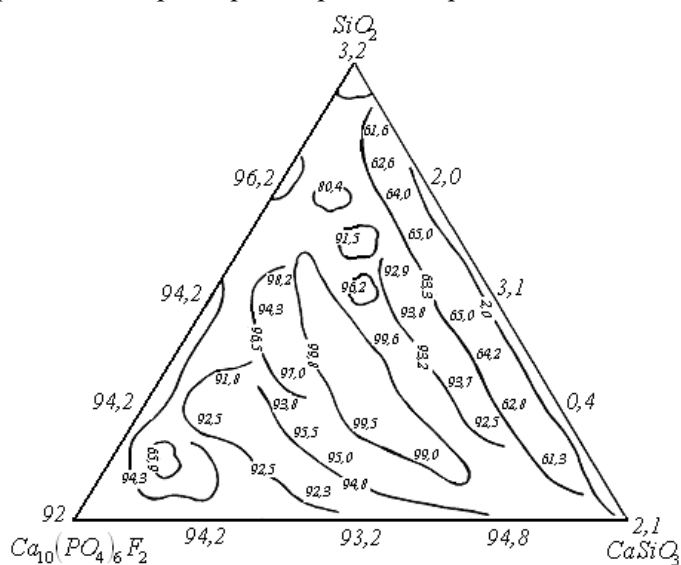
Осылайша, құрам-қасиет диаграммасын зерттеу кезінде тәжірибені симплекс-торлы жоспарлау әдісін қолдану тәжірибелердің аз саны кезінде фторапатит-кварц-кальций силикаты үштік жүйесі бойынша ақпарат алуға мүмкіндік берді.

Өзара әрекеттесулер өнімдерінде максималды беріктілік саласында рентгенфазалы талдау әдістерімен кальцийлі фосфосиликаттың  $Ca_{3,3}(PO_4)_2[SiO_4]F_{0,6}$  куспидиннің  $Ca_4Si_2O_7F_2$ , кальций силикатының түзілуі анықталды.

Фторапатиттің кварцпен өзара әрекеттесуі келесі реакция бойынша өтеді:



Куспидин,  $\alpha - CaSiO_3$  және  $\beta - CaSiO_3$  кальцийлі силикаттары, силикофосфаттары үлгінің көлеміндегі қатты фазалы қоспаның беріктілігіне мүмкіндік туғызатыны белгілі, себебі олар фосфатты және силикатты керіштің байланысының құрамына кіреді. Фторапатитпен байытылған бұрышта, үлгілерде  $Ca_4Si_2O_7F_2$  куспидиннің анизотропты кристалдары біраз мөлшерде (12-ден 17 %-ға дейін) анықталады, сонымен қатар ақырғы өнімнің үлгілеріне беріктілік береді.



Сурет. Өзгеру дәрежесі бойынша 1000 °C кезіндегі  $Ca_{10}(PO_4)_6F_2 - SiO_2 - CaSiO_3$  жүйесінің изотермиялық қиындысы.

Үлгілердің беріктілігі – қатты фазалы жүйеде өтетін үрдістердің тенденциясын сипаттайтын зерттеп отырған жүйедегі өзара әрекеттесулердің интегралды эффектісі. Күрделі көп минералды ассоциацияларда өзара әрекеттесулерді зерттеу үшін ұсынылып отырған әдіс жарамды және үрдіс бағыттылығын сапалы және сандық бақылауға мүмкіндік береді. Слюдалармен өзара әрекеттесулердің ерекшелігі мынада: бұл минералдардың алюмокремнийлі қаңқасы әр түрлі элементтердің, мысалы, жерсілтілік металдардың аниондары мен катиондарын диффузиялауы мүмкін. Бұл алюмокремнийлердің  $[SiO_4]$ ,  $[AlO_4]$  көлемі жағынан онда кальций, магний, хлор, фтор, сульфат иондары орналаса алатын үлкен жолақтар түзіп, жылжу мүмкіндігімен негізделген көрсетілген минералдардың шынайы қатынасына жауап беретін диаграмманың облысы (фторapatитті бұрышқа жақын) беріктіліктің орташа шамасымен 80...125 кг/см<sup>2</sup> сипаттайды.

Компоненттердің  $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$  – 65...70 %;  $SiO_2$  – 25...30 %;  $CaSiO_3$  – 15...20 % қатынасы кезінде өзара әрекеттесу өнімдерінде негізінен реакцияласпаған фторapatит (55...60 % дейін), кристаболит (28 % дейін) және бекіткіш минералдар: кальцийлі фосфосиликат, куспидин (12...18 %) қатысады. Фторapatит-кварц-кальций силикаты жүйесіндегі өзара әрекеттесулер 2-кестеде көрсетілген, мұнда өзара әрекеттесу үрдісінде диаграмманың әр түрлі облысында танылатын жеке қосылыстар көрсетілген. Фторapatит және кальций силикатының әсері мини-макси принципі бойынша өзгереді, бұл қоспа құрамынан тәуелділікке өзара әрекеттесу күрделі екенін растайды.

2-кесте

Құрам-қасиет диаграммаларындағы фазалық түзілуі

Мөлшері, %			Өнімнің фазалық құрамы
$Ca_{10}(PO_4)_6F_2$	$SiO_2$	$CaSiO_3$	
70	20	10	$Ca_{3,3}(PO_4)_2[SiO_4]F_{0,6}$ ; $Ca_4Si_2O_7F_2$ ; $Ca_3P_2O_8$ ; $CaSiO_3$
10	80	10	$Ca_4Si_2O_7F_2$ ; $CaSiO_3$ ; $SiO_2$ ; $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ ; $Ca_2SiO_4$ ; $Ca_3P_2O_8$ ;
20	20	60	$Ca_4Si_2O_7F_2$ ; $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ ; $Ca_3(PO_4)_2$ ; $CaSiO_4$ ; $SiO_2$
30	40	30	$Ca_{3,3}(PO_4)_2[SiO_4]F_{0,6}$ ; $Ca_4Si_2O_7$ ;

			$SiO_2; Ca_{10}(PO_4)_6F_2$
--	--	--	-----------------------------

Фторапатит-кварц-кальций силикаты жүйесіндегі өзара әрекеттесулерді зерттеу нәтижелері өзара әрекеттесулердің және қыздыру кезінде қож құраушыларының термиялық айналымдарының негіздеуі ретінде қызмет етеді. Керамиканың синтезі кезінде қоспалы компоненттер, жеке алғанда фторапатит, кварц, кальций силикаты, фосфосиликат, алюмосиликаттар түзілуімен әр түрлі термиялық айналымдарға қатыса отырып жаңа материалдардың қасиеттеріне әсер етеді деп санауға болады, яғни беріктілік секілді маңызды физико-механикалық қасиеттерінің жақсарту себебі болып табылады. Қазақстанның фосфорлы өндірістерінің электротермофосфорлы қождан керамика - әмбебап бейорганикалық материал алуға болады, себебі оның құрамының қалыптасуы фосфориттер балқымасынан элементті фосфорды айдау үрдісінде электротермиялық пеште түзілетін бастапқы шикізат – қождың құрамына кіретін негізгі фаза кальций силикаты болса, ал фторапатит, мелилит, алюминий қосылыстары модификатор ретінде әсер етеді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, Алматы қаласы

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ФТОРАПАТИТ-КВАРЦ-СИЛИКАТ КАЛЬЦИЯ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММНОГО АНАЛИЗА**

	Г.С. Жаксыбаева
Канд. хим. наук	З.Ж. Сакиева
Доктор хим. наук	Р.А. Казова

*В статье рассмотрено взаимодействие в системе фторапатит-кварц-силикат кальция при 1000 °С, дана матрица планирования экспериментов. Выполнен диаграммный анализ системы  $Ca_{10}(PO_4)_6F_2-SiO_2-CaSiO_3$  методом симплекс-решетчатого планирования.*

УДК 504.55.064.47

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
СТОКОВ В НЕДРА ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА**

Л.К. Калитова

*Изучены гидрогеологические структуры Западного Казахстана с целью районирования территорий по условиям захоронения промышленных стоков в недра. В пределах таких структур выделены коллекторы, в терригенные отложения которых можно закачивать промышленные стоки.*

Западно-Казахстанский регион, включающий Атыраускую, Мангистаускую, Актюбинскую и Западно-Казахстанскую области, является важнейшим регионом в экономике страны, что связано, прежде всего, с интенсивной разработкой месторождений углеводородного сырья. Увеличение объемов добычи нефти и газа влечет за собой возникновение проблем охраны окружающей среды, в частности связанных с загрязнениями поверхностных и подземных вод, а также почвогрунтов промышленными сточными водами.

Решение проблемы утилизации промышленных стоков, для очистки которых пока не разработаны экономически выгодные или санитарно - и экологически надежные методы, возможно путем захоронения стоков посредством их закачки в глубокие водоносные горизонты (коллекторы). Осуществляется оно обычно с помощью строительства специальных полигонов захоронения, располагаемых по возможности вблизи от накопителей промышленных сточных вод.

Один из первых опытов создания полигона захоронения промышленных стоков в Казахстане имеется на Тенгизском месторождении нефти и газа в Атырауской области, где наряду с добычей нефти извлекается из недр определенное количество пластовой воды. В результате первичной переработки нефти выделяется значительное количество загрязненной воды, которая не может быть утилизирована и использована для других нужд. Начиная с 1980 года и по настоящее время эти промышленные стоки захороняются в глубокие водоносные горизонты.

**Основные принципы выявления гидрогеологических структур, перспективных для захоронения промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты.** Опыт работы Тенгизского полигона, а также положительный, особенно с экологической точки зрения, мировой опыт закачки промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты, позволил Комитету геологии и недропользования Республики Казахстан предложить к разработке тему: «Природные резервуары Казахстана – коллекторы и объекты мониторинга захоронения промышленных стоков в недра» [3]. В рамках реализации программы по этой тематике на кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева было осуществлено районирование территории Казахстана по условиям захоронения промышленных стоков в глубокие водоносные горизонты, где автор статьи принимала непосредственное участие в выполнении научно-исследовательских работ в качестве одного из исполнителей.

При районировании территорий по условиям захоронения промышленных стоков принимались во внимание определенные требования, как к водовмещающим породам горизонтов-коллекторов, так и к закачиваемой жидкости:

- горизонт, предусматриваемый для закачки промышленных стоков, не должен содержать пресные или слабосоленоватые воды, пригодные для питьевых целей, а также воды, используемые для бальнеологических или теплоэнергетических целей;

- пласт-коллектор в пределах исследуемой площади не должен содержать полезных ископаемых и эксплуатироваться;

- выше водоупора, перекрывающего пласт-коллектор, должен залегать буферный водоносный горизонт, содержащий подземные воды, непригодные для питьевых, бальнеологических или промышленных целей;

- водоносный горизонт-коллектор в радиусе 20...30 км от полигона не должен выходить на поверхность или быть связан с рекой;

- подземное захоронение сточных вод нельзя осуществлять в тектонически сложных и сейсмически активных районах;

- пласт-коллектор должен обладать достаточно высокой водопроницаемостью;

- водоносные горизонты-коллекторы, должны быть надежно изолированы от эксплуатируемых или пригодных для какой-либо эксплуатации водоносных горизонтов;

- водовмещающие породы водоносных горизонтов-коллекторов не должны быстро кольматироваться при эксплуатации нагнетательных скважин;
- закачиваемые сточные воды должны быть совместимы с породами и подземными водами поглощающего водоносного горизонта [4, 5].

При оценке гидрогеологических структур учитывалось, что в первую очередь возможность захоронения промышленных стоков зависит от региональных гидрогеологических условий, определяющихся тектоническим строением и характером водообмена подземных вод. Для этой оценки предварительно определена степень гидрогеологической закрытости водоносных систем различных бассейнов, что осуществлено с применением хорошо известной в практике нефтяной гидрогеологии формулы В.И. Гуревича.

Кроме того, учитывались также фильтрационные свойства водовмещающих пород – потенциальных коллекторов для захоронения промышленных стоков, а также величины возможной приемистости скважин для основных водоносных горизонтов, возможных коллекторов.

По литологическому составу все водовмещающие породы водоносных комплексов, которые могут служить коллекторами для захоронения промышленных стоков, разделены на песчано-алевролитовые, песчанниковые и карбонатные.

Водоупорные породы (особенно регионального распространения), как играющие важную роль в изоляции пласта-коллектора от выше- и нижележащих водоносных комплексов, разделены на два вида – первого и второго порядка. К водоупорам первого порядка отнесены комплексы, сложенные слабопроницаемыми породами – глинами, аргиллитами, глинистыми известняками. Водоупоры второго порядка отличаются от первых тем, что в их составе, наряду со слабопроницаемыми породами, участвуют и проницаемые, но в региональном плане комплекс является хорошим водоупором, хотя внутри него может осуществляться движение жидкости по пласту.

В соответствии с принятым гидрогеологическим районированием территории Казахстана (Айтуаров Т.К., Калитов Д.К., Касымбеков Д.А., 2005 г.) на территории Западного Казахстана выделены следующие гидрогеологические структуры I порядка: Прикаспийская и Мангистау-Устюртская системы артезианских бассейнов, глубокие горизонты которых возможно использовать как коллекторы для захоронения промышленных стоков.

**Коллекторы Прикаспийской системы артезианских бассейнов.** Здесь выделены 2 водоносных комплекса, пригодные для рассмотрения в качестве коллекторов для захоронения промышленных стоков (рис.).



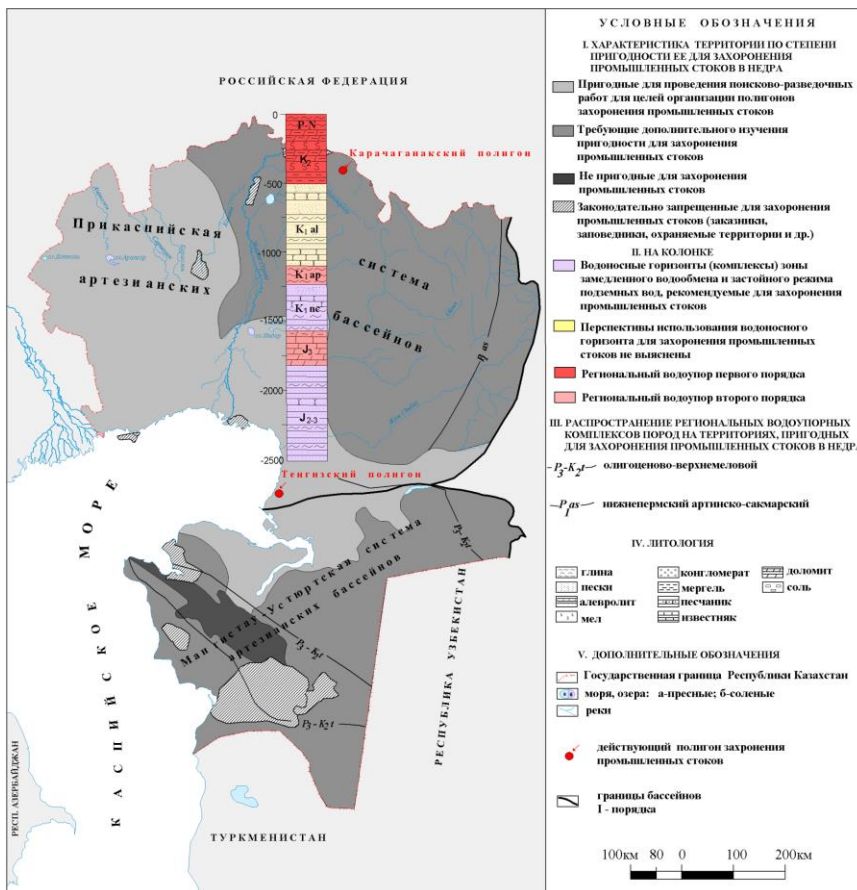


Рис. Схема районирования территории Западного Казахстана по степени пригодности использования ее для захоронения промышленных стоков в недра.

**Коллектор нижнемеловых-сеноманских отложений.** Анализ материалов, характеризующих гидрогеологические условия, геоструктурное положение пород комплекса, фильтрационные свойства и проницаемость водовмещающих пород, а также гидрогеодинамическую зональность позволили сделать следующий вывод. Водонасыщенный комплекс нижнемеловых отложений может быть использован в качестве коллектора для захоронения промышленных стоков только в межкупольных пространствах в западной и центральной частях Прикаспийской впадины. В восточной и северо-восточной частях территории Прикаспийской впадины водонасыщенный комплекс не может быть использован для захоронения промышленных стоков, так как здесь он залегает в зоне активного и частично замедленного водообмена. Подземные воды комплекса преимущественно пресные или слабо солоноватые. Они широко используются для питьевого водо-

снабжения и орошения земель. В этой части территории в альбеноманских отложениях для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения разведано 24 месторождения подземных вод и 3 месторождения подземных вод для орошения земель. На остальной же части исследованной территории, как уже было сказано ранее, водоносный комплекс может быть использован как коллектор для захоронения промышленных стоков.

Глубина залегания коллектора изменяется от 500 до 2000 м. Если глубины залегания коллектора свыше 2000 м, то мы считаем его использование для захоронения промышленных стоков, с экономической точки зрения, является не рентабельным. Эффективная мощность коллектора изменяется от 60 до 800 м, увеличиваясь к центру впадины. На незначительной по площади территории в центре впадины выделен участок перспективный для захоронения, но требующий дополнительного изучения.

На площадях распространения водоносного комплекса нижнемеловых отложений, рекомендованного для захоронения промышленных стоков, распространены соленые подземные воды до сильных рассолов с минерализацией от 20 до 250 г/дм<sup>3</sup> хлоридного натриевого состава.

Коэффициент гидрогеологической закрытости для водоносного комплекса нижнемеловых отложений изменяется в широких пределах. На востоке и северо-востоке его величина не превышает 5...50, что характерно для открытых хорошо промываемых структур.

На площадях водоносного комплекса, рекомендованных для захоронения в промышленных стоков, коэффициенты гидрогеологической закрытости характеризуются величинами от 60...100 до 120...150, что характерно для закрытых, весьма закрытых и практических не промываемых структур. Водовмещающие породы комплекса характеризуются величинами открытой пористости от 15...25 % в песках и до 25...30 % в песчаниках. Средняя величина пористости составляет 24,4 %. Проницаемость пород изменяется от 300 до 5000 мД. Величина пластового давления составляет 1,8...8,9 МПа. Рассчитанная по широко применяемой формуле величина возможной приемистости скважин колеблется в пределах 300...1500 м<sup>3</sup>/сутки, что подтверждается фактическими величинами приемистости скважин на Тенгизском месторождении.

***Коллектор юрских отложений.*** Изучение геологического разреза по скважинам, вскрывшим полную мощность юрских отложений, показывает, что в литологическом составе юрского комплекса, на большей части территории, преобладают пески, песчаники алевролиты с прослоями глин,

мергелей и только на территории, примыкающей к Каспийскому морю, в разрезе отложений преобладают карбонатные породы.

Проведенная оценка возможности захоронения промышленных стоков в юрский водоносный комплекс позволила довольно четко выделить следующие районы по условиям захоронения промышленных стоков. Северо-восточная и восточная части территории Прикаспийской впадины, совместно с прибортовыми частями, не пригодны для захоронения промышленных стоков. Здесь юрские отложения выходят на дневную поверхность или залегают на небольших глубинах, подземные воды преимущественно пресные или слабо солоноватые и приурочены к зоне интенсивного или замедленного водообмена. Возможно наличие связи подземных вод юрских отложений с выше залегающими водоносными горизонтами и комплексами.

Западная часть территории Прикаспийской впадины характеризуется значительной глубиной залегания кровли юрского водоносного комплекса, достигающей 2000 и более метров. В целом водоносный комплекс в этой части территории по своей закрытости, изолированности водоупорными породами от выше залегающих водоносных горизонтов, фильтрационными параметрами пригоден для захоронения промышленных стоков. Однако глубина залегания юрских пород, превышающая 2000 и более метров, позволяет отнести эту территорию как непригодную для захоронения промышленных стоков по экономической нецелесообразности.

Центральная и юго-восточная части впадины пригодны для захоронения промышленных стоков. Здесь юрские отложения залегают на глубинах 800...2000 м, эффективная мощность изменяется от 60 до 150 реже 200...250 м. Подземные воды характеризуются минерализацией 50...100 и более г/дм<sup>3</sup>, т.е. не имеют практической значимости.

Эффективная пористость песчано-алевритовой толщи составляет 5...15 %, проницаемость водовмещающих пород изменяется от 40...50 до 1000 мД, прогнозная приемистость скважин находится в пределах 150...300 м<sup>3</sup>/сутки. Эффективная пористость карбонатной толщи составляет 15...40 %, величина проницаемости изменяется от 50 до 3000 мД, прогнозная приемистость скважин достигает 300...1000 м<sup>3</sup>/сут.

Следует отметить слабую гидрогеологическую изученность юрского водоносного комплекса, особенно в западной и центральной частях впадины. Конкретный выбор полигонов для захоронения промышленных стоков возможен только после проведения специальных исследований. Есте-

ственно, что наиболее благоприятны для захоронения межкупольные пространства, где наименее слабо проявляется солянокупольная тектоника.

**Коллекторы Мангистау-Устюртской системы артезианских бассейнов** (рис.). В пределах данной гидрогеологической структуры выделены также 2 коллектора пригодные для захоронения промышленных стоков: это терригенные отложения альб-сеноманских и нерасчлененных юрских отложений.

**Коллектор альб-сеноманских отложений.** Альб-сеноманский водоносный комплекс развит почти на всей территории Мангистау-Устюртской системы артезианских бассейнов. Отложения этого комплекса, на большей части территории, залегают под водоупорными образованиями олигоценового комплекса на глубинах от 300 до 1600м. В Горном Мангистау и прилегающей к нему зоне альб-сеноманский водоносный комплекс не имеет перекрывающего водоупора. В центральной, восточной и западной частях территории в водосодержащих отложениях преобладают песчано-алевролитовые разности, характеризующиеся хорошими коллекторскими свойствами. Ухудшение коллекторских свойств наблюдается в юго-восточном направлении.

Водоносный комплекс содержит преимущественно высокоминерализованные воды ( $12...194$  г/дм<sup>3</sup>) хлоридного натриевого состава. Уменьшение минерализации отмечается в районе, примыкающем к Горному Мангистау, который является областью питания комплекса. Подземные воды альб-сеноманского водоносного комплекса имеют большое хозяйственное значение. Разведанные и утвержденные запасы слабо минерализованных вод служат источником технического водоснабжения различных объектов и оазисного орошения. Среднеминерализованные воды используются для обводнения пастбищ. Высокоминерализованные воды и рассолы применяются для технического водоснабжения при разведке и разработке нефтяных месторождений.

В меловых отложениях широко распространены минеральные, термальные и промышленные воды, выявленные при проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ. В частности, в районе г. Шевченко утверждены запасы минеральных вод хлоридного натриевого состава с сухим остатком  $9,5...9,9$  г/дм<sup>3</sup>, содержанием брома до  $20$  мг/дм<sup>3</sup>, кремниевой кислоты – до  $40$  мг/дм<sup>3</sup> и температурой  $60$  °С.

В качестве пласта-коллектора для захоронения промышленных стоков альб-сеноманские отложения могут служить на большей части ре-

гиона за исключением Горного Мангистау и прилегающих к нему районов, где отложения комплекса содержат воды невысокой минерализации, используемые в различных целях, и поэтому для захоронения промышленных стоков этот район (вся территория Центрально-Мангистауского бассейна) не рекомендуется. К неперспективной отнесена также вся западная часть Южно-Мангистауского бассейна, в пределах которой разведаны месторождения минеральных и термальных вод.

*Коллектор нерасчлененных юрских отложений* распространен повсеместно, но хорошо изучен он только в пределах Южно-Мангистауской впадины. На остальной территории комплекс залегает на большой глубине и изучен слабо. На большей части территории он является вторым от поверхности, пригодным для захоронения, и только в краевых частях является первым от поверхности (Южно-Мангистауская впадина, северная часть Северо-Устюртской впадины). Породы комплекса представлены толщей, сложенной в верхней части песчаниками, алевролитами, известняками с глинами, а в средней и нижней частях представлен чередующимися алевролитами, песчаниками и глинами. Водовмещающие породы характеризуются большой фациальной изменчивостью, в связи с чем, значительно меняются их фильтрационные свойства. Мощность комплекса также варьирует в широких пределах – от 270 до 1100..1200 и более метров. Максимальная мощность юрских отложений характерна для Южно-Мангистауской впадины, где кровля комплекса залегает на глубинах 500...2800 м. Уровни подземных вод устанавливаются на отметках 121...134 м.

Изученность территории весьма неравномерна. Наиболее исследована западная часть, где выполнен большой объем поисково-разведочных работ на нефть и газ. Восточный и юго-восточный районы изучены значительно слабее. По данным глубокого бурения общая пористость пород юрского водоносного комплекса изменяется от 16 до 35 %, а эффективная – 11...31 %. Проницаемость отложений варьирует в пределах от 0,01 до 1 мД. По классификации А.А. Ханина, породы, слагающие комплекс относятся ко II-IV классам коллекторов в основном со средней проницаемостью и емкостью и в общем благоприятным для захоронения промышленных стоков.

Приуроченные к водоносному комплексу подземные воды характеризуются минерализацией в основном свыше 100 г/дм<sup>3</sup> и только в северо-западной части Южно-Мангистауской впадины минерализация среднеюрских вод составляет 21...34 г/дм<sup>3</sup>. Все воды характеризуются хлоридным натриевым составом. На отдельных участках встречены минеральные

и промышленные воды. Водоупорным ложем для юрского водоносного комплекса служат дислоцированные породы доюрского фундамента.

Наиболее перспективной для захоронения промышленных стоков является территория, пространственно совпадающая с площадью Центрально-Мангистауского бассейна, а также узкая полоса, обрамляющая бассейн с севера и северо-востока (в пределах Северо-Устюртского бассейна) и с юга (в пределах Южно-Мангистауского бассейна).

На большей части территории Мангистау-Устюртского региона (практически на всей площади Северо-Устюртского бассейна и на большей площади Южно-Мангистауского бассейна) юрские отложения вскрываются на глубине более 2000 м. Такие площади распространения меловых пород отнесены к не пригодным для захоронения промышленных стоков в связи с экономической нецелесообразностью (большая глубина залегания коллектора).

В целом, Мангистау-Устюртская система артезианских бассейнов благоприятна для захоронения промышленных стоков. В качестве коллекторов, перспективных для захоронения промышленных стоков, в разных районах могут быть рекомендованы альб-сеноманский и нерасчлененный юрский водоносные комплексы, имеющие примерно одинаковые коллекторские свойства. Сложное геолого-структурное строение и гидрогеологические условия района исследований требуют дальнейшего его изучения, в особенности емкостных и коллекторских свойств водовмещающих пород, а также качественного состава подземных вод.

В результате выполненного районирования территории Западного Казахстана по условиям захоронения промышленных стоков в недра выделены:

- гидрогеологические структуры, содержащие водоносные комплексы, пригодные для рассмотрения в качестве коллекторов для захоронения промышленных стоков в недра – Прикаспийская и Мангистау-Устюртская системы артезианских бассейнов;
- выделены коллекторы, пригодные для захоронения промышленных стоков в недра, приуроченные к *нижнемеловым-сеноманским и юрским отложениям* Прикаспийской, к *альб-сеноманским и нерасчлененным и юрским отложениям* Мангистау-Устюртской систем артезианских бассейнов.

Рассмотренные геоэкологические и гидрогеологические условия распространения коллекторов являются основой для проведения дальнейших более детальных исследований по изучению характеристик этих кол-

лекторов, что, в свою очередь, необходимо для обоснования специализированных геологоразведочных работ по созданию полигонов для захоронения промышленных стоков в недра.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айтуаров Т.К., Калитов Д.К. и др. Отчет по объекту «Районирование территории Казахстана по условиям формирования подземных вод с учетом бассейнового регулирования водных ресурсов». Геологические фонды КГ и НП, № гос. рег. 1-04-014/МПВ-ЗА/11, Астана, 2005 г.
2. Калитов Д.К., Айтуаров Т.К., Касымбеков Д.А. Основные принципы гидрогеологического районирования территории Казахстана. Материалы международной научно-практической конференции «Вода: ресурсы, качество, мониторинг, использование и охрана вод», г. Алматы, 2007 г.
3. Калитов Д.К., Завалей В.А., Калитова Л.К. и др. Отчет по теме «Природные резервуары Казахстана – коллекторы и объекты мониторинга захоронения промышленных стоков в недра», Геологические фонды КГ и НП, №49708, Астана, 2007 г.
4. Калитов Д.К., Касымбеков Д.А., Завалей В.А., Калитова Л.К. Геолого-структурные и гидрогеологические условия захоронения промышленных стоков нефтегазовой отрасли в глубоко залегающие горизонты. Материалы научно-теоретической конференции «Минералогия и минеральные ресурсы Казахстана», посвященной 80-летию акад. Есенова Ш.Е., г. Алматы, 2007 г.
5. Касымбеков Д.А., Калитов Д.К., Завалей В.А., Калитова Л.К. Гидрогеологические аспекты захоронения промышленных стоков в недра. Материалы международной научно-практической конференции «Вода: ресурсы, качество, мониторинг, использование и охрана вод», г. Алматы, 2007 г.

КазНТУ им. Сатпаева, г. Алматы

#### **БАТЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЕР ҚОЙНАУЫНДА ӨНДІРІСТІК САРҚЫН СУЛАРДЫ САҚТАУҒА ЖАРАМДЫ КОЛЛЕКТОРЛАР ТАРАЛУЫНЫҢ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫ**

Л.К. Калитова

*Өндірістік сарқын суларды жер қойнауында сақтау жағдайлары бойынша аудандау мақсатында Батыс Қазақстанның гидрогеологиялық құрылымдары зерттелген. Ол құрылымдардың бойында терригендік шөгінділеріне өндірістік сарқын суларды сақтауға болатын коллекторлар жіктелген.*

УДК 551.506.2:551.509.51

**СТИХИЙНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА  
ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 2006 ГОДУ**

Канд. геогр. наук

З.И. Фатеева

И.Н. Тумакина

А.М. Дарбекова

Т.Л. Жданова

Т.И. Криворучко

В.В. Жданов

Л.М. Соколова

Е.И. Васенина

Е.В. Малей

Общая редакция

С.Л. Аманкулова

**Обзор погоды**

В 2006 г. на всей территории Казахстана преобладал положительный температурный фон. Средняя температура воздуха за год была около или выше нормы, с максимумом 2 °С на юго-востоке.

Аномально теплыми были февраль и март, экстремально холодным – январь. В январе на всей территории республики температура воздуха была ниже нормы на 3...10 °С, при этом в первой и третьей декадах аномалии температуры воздуха доходили в очагах до минус 12...16 °С. Такая погода была обусловлена гребнем высокого давления, ориентированным из районов Кавказа на о-ва. Шпицбергена. Затем гребень сместился на восток, его ось проходила из района Каспийского моря через северо-западные районы Казахстана на Западную Сибирь. При этом по ультраполярной траектории холодные воздушные массы с северо-восточных районов Сибири поступали на Казахстан, вызывая значительное понижение температуры. В период с 3 по 6 января в Павлодарской, Восточно-Казахстанской, Алматинской, Жамбылской, Южно-Казахстанской, а 8 и 10 января в Мангистауской области сильные морозы достигли критериев опасного явления (ОЯ).

В третьей декаде высотная ложбина с несколькими центрами низкого давления располагалась над Восточной Европой, европейской территорией России (ЕТР), центральными районами Западной Сибири. Сохраняющийся



продолжительное время северо-восточный перенос воздушных масс способствовал проникновению выхолаженного, над северными районами континента, воздуха до районов Малой Азии. В это время отмечались наиболее сильные морозы в Карагандинской области (- 43,4 °С), в Акмолинской (- 44,4 °С), Северо-Казахстанской (- 45,0 °С), Павлодарской (- 46,5 °С).

Февраль на значительной части территории республики был экстремально теплым и влажным. Большую часть месяца на территорию Казахстана отмечался вынос с юга и юго-запада очень теплых воздушных масс, обуславливая высокие температуры воздуха. Преобладание циклонической деятельности над западными районами и выход южных циклонов с северо-запада Аравийского полуострова и юга Турции через западные районы республики обусловили значительное количество осадков. На крайнем западе и востоке, а также в горных и предгорных районах юга и юго-востока, их выпало в 1,3...6,0 раз больше нормы.

Март был на всей территории Казахстана экстремально теплым и относительно сухим. Средняя за месяц температура воздуха наблюдалась выше нормы на 2...9 °С на всей территории Казахстана. В течение месяца над территорией республики преобладали юго-западные потоки, происходил интенсивный вынос тепла из районов Средиземного моря.

Ноябрь был теплым и влажным. В первой декаде погода была экстремально теплой. На территорию Казахстана в течение всей декады происходил интенсивный вынос теплых воздушных масс из районов Средиземного и Черного морей. Высотная ложбина, ось которой была ориентирована с востока Скандинавии на Апеннинский полуостров, медленно смещалась в восточном направлении на территорию Казахстана.

Над территорией Алматинской области 6 ноября отмечались грозы с 18 до 24 ч времени г. Астаны. Гроза в это время года – явление редкое, даже для юга Казахстана, и наблюдается 1...2 раза в 10 лет. Причинами возникновения гроз послужили следующие синоптические условия: над Алматинской областью в средней тропосфере наблюдался циклонический изгиб изогипс, что привело к увеличению скорости восходящих потоков. У поверхности земли на теплом фронте образовалась волна, интенсивный вынос тепла, неоднородность рельефа местности, относительно влажная поверхность (в сентябре, октябре осадков в этих районах выпало больше нормы) – все это способствовало образованию грозовых облаков, и как следствие – грозы. В Актау и Аяккуме 16 ноября также отмечались грозы на фронтах хорошо развитого циклона, центр которого располагался над севером Каспийского моря.

Устойчивый переход средней декадной температуры воздуха через 0 °С весной 2006 г. на севере, востоке и в центре республики произошел в начале апреля; на юго-востоке – во второй, на западе – в третьей, на юго-западе – в первой декаде марта, а на юге – еще в середине февраля. Устойчивый переход средней декадной температуры воздуха через 5 °С, означающий начало вегетационного периода, произошел в северной половине республики, как обычно, в первой половине апреля, а в южной – во второй половине марта.

Осадков за год на большей части территории республики выпало около или больше нормы. Годовая сумма осадков превышала норму на западе, в центре, на севере, востоке, юго-востоке, юге в 1,3...1,9 раза. Местами на западе, юге и в центре осадков было меньше нормы.

### **Метеорологические явления**

**Опасные явления.** В 2006 г. на территории Казахстана было зафиксировано 45 случаев ураганного ветра на 19 метеорологических станциях. Сила ветра достигала 30...34 м/с, из них 9 случаев – с порывами до 40 м/с, и в одном случае порывы достигали 44 м/с. Все случаи ураганного ветра носили локальный характер и были обусловлены в основном физико-географическими особенностями рельефа.

Наибольшее число случаев (21) юго-восточного ветра ураганной силы относятся к району М Жаланашколь Алматинской области, наблюдавшиеся в весенний и осенний периоды. На М Жаланашколь максимальные порывы ветра достигали 30...34, а в некоторых случаях и 40 м/с, с продолжительностью в среднем от 3 до 9 часов, 11...12 марта – 34 часа, а 15...16 февраля продолжительность урагана составила 39 часов.

Эти ветры возникают в основном при мощных процессах антициклогенеза над Монголией или югом Восточной Сибири с отрогом, направленным на восточный Казахстан и одновременно развитием циклоничности над южным Казахстаном и Средней Азией. Такое расположение барических образований приводит к значительному увеличению горизонтальных барических градиентов, а понижение давления над Джунгарскими воротами создает условия, при которых происходит накопление воздуха с южной стороны ворот и движение его через сравнительно узкий горный проход. Этот ветер отличается большой устойчивостью при юго-восточном направлении, большой продолжительностью и повторяемостью.

Аналогичны условия возникновения сильного ветра в Жангизтобе. Здесь 11 марта максимальные порывы достигали 34...40 м/с с максимальной

продолжительностью 18 часов, а 16 июня – отмечался шквал с порывами до 34 м/с, продолжительностью 5 мин. В этом случае возникновению шквала способствовало прохождение атмосферных фронтальных разделов.

Примером возникновения ураганного ветра, связанного с выходом южно-каспийского циклона на южный и юго-восточный Казахстан может служить ветер, возникший 11 февраля. Наиболее сильный ветер отмечался в Жамбылской области на М Каратау и Саудакект, достигавший силы 40 м/с, продолжительностью до 5 часов, а также на М Тараз – 34 м/с, с продолжительностью 2 часа.

Южно-каспийский циклон сместился на районы центрального Казахстана и влился в ложбину северного циклона. Холодные участки полярного фронта достигли районов Таджикистана, а холодный арктический фронт с районов северо-западного Казахстана сместился до южных областей республики, в тыловой части которого давление росло на 3...5 гПа/3 час. Температура воздуха за полярным фронтом понизилась до 2...7 °С, а за арктическим – до минус 7...12 °С. Холодный антициклон из районов ЕТР сместился на западный Казахстан и усилился на 5 гПа за сутки.

Таким образом, значительный температурный контраст, способствующий образованию мощной кучево-дождевой облачности, большая скорость в средней тропосфере и у земли привели к увеличению барических и термических градиентов в районе Таласского Алатау. Холодные атмосферные фронты, подойдя к горным хребтам, замедлили свой ход, накапливая холодный и тяжелый воздух, увеличивая рост давления с наветренной стороны и набирая энергию с дальнейшим поступлением холодного воздуха, перевалили через хребет и вытеснили более легкий теплый воздух. Под действием силы тяжести скорость движения холодного воздуха на подветренной стороне значительно увеличилась. Ветер ураганной силы в Таразе сохранялся в течение двух часов, в Саудакекте – пять, в Каратау – 4 часа. Этот циклон на пути своего смещения также вызвал усиление ветра в отдельных районах Южно-Казахстанской области до 20...25, порывами до 29 м/с, кое-где с выпадением града.

Далее, над Казахстаном, в тыловой части южно-каспийского циклона произошло формирование мощного и обширного антициклона, а на юго-западе Средней Азии образовался циклон, что привело к условиям возникновения сильного градиентного восточного ветра скоростью до 20...28 м/с в Южно-Казахстанской и Жамбылской областях, а 15 февраля на М Шокпар порывы ветра достигли ураганной силы – 31 м/с и продолжались 12 часов.

Примером возникновения юго-западного и западного ураганного ветра, обусловленного прохождением холодных фронтальных разделов, может служить ветер, наблюдавшийся 29 июля. Наиболее сильный ветер отмечался на М Кийма, М Жаксы, М Коргалжин Акмолинской области. Наблюдаемая скорость составила 30...34 м/с, с продолжительностью 5...10 минут, на М Кийма – 1 час.

29 июля в 00 ч среднего гринвичского времени (СГВ) на большей части территории Казахстана наблюдался обширный циклон с центром над Костанайской областью ( $P = 983$  гПа). За сутки он углубился на 7 гПа. С циклоном были связаны две фронтальные системы – арктическая и полярная. Северный и центральный Казахстан находился в теплом секторе циклона, где температура воздуха была в пределах 18...23 °С, а давление в нем падало на 3 гПа за 3 часа. Большие скорости в средней тропосфере способствовали быстрому перемещению приземных атмосферных фронтов. Уже к моменту возникновения ветра фронт окклюзии, образовавшийся на полярной системе, сместился на северо-восточный Казахстан, а холодный арктический фронт достиг границ северного Казахстана. Акмолинская область все еще находилась в теплом секторе циклона, где продолжался интенсивный прогрев земной поверхности, температура воздуха достигала 28...32 °С. Влажный воздух в средней тропосфере и высокий температурный фон способствовали развитию конвективной неустойчивости и увеличению кучево-дождевой облачности до 6...8 баллов. Во многих районах северных и центральных областей прошел дождь, отмечались грозы и усиление ветра до 25...28 м/с с пыльной бурей.

Направление воздушного потока на высоте совпадало с направлением потока у земли, поэтому холодный и тяжелый воздух арктического фронта, перевалив через горные хребты Урала и получив ускорение, вытеснил очень теплый и легкий воздух из районов Акмолинской области. Давление резко выросло на 3...6 гПа за 3 часа, что и вызвало усиление ветра.

Таким образом, интенсивный прогрев земной поверхности и большая влажность на высоте (дефициты точки росы составили 5...6 °С), способствовали развитию вертикальных движений и образованию мощной кучево-дождевой облачности. А заток арктического воздуха, создавая значительные температурные контрасты, обусловил обострение и активизацию фронтальных разделов, что и явилось причиной возникновения и увеличения интенсивности шквала до 30...34 м/с.

**Сильная метель.** В 2006 г. было зарегистрировано 6 сильных метелей, продолжительностью более 12 часов, со скоростью ветра 16 м/с и более.

16...17 декабря сильные метели наблюдались в Актюбинской, Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской областях. Критериев стихийного гидрометеорологического явления они достигли только на М Жаксы и М Ерейментау (Акмолинская область). Продолжались метели в среднем 15...16 часов, скорость ветра достигала 23...34 м/с, видимость ухудшалась до 50...500 м.

Сильные метели этого периода были обусловлены смещением активного циклона через Урал и Западную Сибирь. 16 декабря глубокий циклон с давлением в центре 968,5 гПа, располагался восточнее Архангельска. Его ложбина оказывала влияние на районы Урала, Западной Сибири и северной половины Казахстана. В передней части ложбины отмечались два очага падения давления. Один, над городом Сургутом, составлял 5,0 гПа за 3 часа, другой над Самарой – 5,5 гПа за 3 часа. Рост давления за холодным фронтом, над районом Белого моря, составлял 3,1 гПа за 3 часа. От центра циклона, через район Сыктывкара, проходил фронт окклюзии. Точка окклюзии отмечалась над Казанью. Холодный участок фронта наблюдался над центральными районами России, теплый проходил через Верхнее и Среднее Поволжье, запад Черного моря, над Турцией менял знак на холодный и далее с волнами через юг Каспийского моря протягивался на Среднюю Азию и юго-восток Казахстана. Над Западной Сибирью и северо-западной частью Казахстана располагался вторичный теплый фронт. С этими фронтальными системами над Уралом и Западной Сибирью были связаны обширная зона облачности и снегопадов, отмечалось усиление юго-западного ветра, кое-где с метелью, градиенты температуры достигали 5...10 °С на 500 км. Территорию Турции и Кавказа занимал антициклон с центром над Анкарой, давление в центре составляло 1038,7 гПа. Его отрог простирался до южных районов Казахстана. Второй антициклон располагался над Монголией и Китаем с давлением в центре 1048 гПа. Отрог этого антициклона оказывал влияние на восточную половину республики.

Циклон по ведущему потоку за сутки переместился в восточном направлении и утром 17 декабря его центр ( $P = 978,8$  гПа) отмечался над районами Воркуты. У поверхности земли давление в центре циклона выросло на 7 гПа. Над северными областями Казахстана, перед теплыми фронтами, сохранилось падение до 2,5 гПа, шел снег, температура повысилась и находилась в пределах 3...6 градусов мороза. Антициклон с рай-

онов Турции сместился на юг Кавказа и усилился на 4 гПа. Одновременно усилился его отрог над Средней Азией. 17 декабря в этом отроге над югом Туркмении произошло формирование антициклона с давлением в центре 1040,8 гПа. Скорость ветра в тылу высотной ложбины на высоте 5 км увеличилась до 110...130 км/ч, произошло сгущение изогипс. Над всей территорией Казахстана наблюдалась активная высотная фронтальная зона, которая была ориентирована с районов Скандинавии на Урал, север Каспийского моря и Казахстан. Сближение активного циклона над севером Западной Сибири и формирование самостоятельного центра антициклона над Средней Азией, привело к созданию зоны с большими барическими градиентами над северным Казахстаном, а также совпадение ведущего потока у поверхности земли и на высоте привело к усилению ветра и к образованию сильных общих метелей в Акмолинской области.

21...22 января сильная метель наблюдалась на М Мугоджарская Актюбинской области. 20 января над севером ЕТР и Уралом располагался мощный антициклон ( $P = 1050$  гПа) с центром южнее острова Новая Земля. Над восточной половиной Казахстана находился антициклон с давлением в центре 1039,5 гПа.

Северо-запад республики находился под влиянием седловины. В это же время над Черным морем отмечался активный циклон с давлением в центре 999,3 гПа. Падение давления составляло 4,8 гПа за 3 часа и наблюдалось над Средним Поволжьем, рост на 2,8 гПа за 3 часа – над западом Черного моря. С этим циклоном была связана арктическая система фронтов. Над Костанайской областью отмечался рост давления на 1,6 гПа за 3 часа. Сближение циклона из районов Поволжья и мощного холодного антициклона привело 21 января к усилению барического градиента до 6...8 гПа/1 °С меридиана, что вызвало усиление юго-восточного ветра и метели в Атырауской, Западно-Казахстаной, Актюбинской областях. Критических значений метель достигла на М Мугоджарская, где она продолжалась 33 часа, видимость ухудшалась до 200 метров. В течение следующих суток циклон продолжал заполняться и 22 января над районами Поволжья наблюдалось поле пониженного давления ( $P = 1023,2$  гПа). На запад республики сместился высотный гребень, и отмечалась расходимость изогипс, что привело к ослаблению ветра и окончанию метелей.

**Сильные осадки (дождь, снег).** К очень сильным дождям отнесены дожди с количеством 30 мм и более за 12 часов и менее в селеопасных районах, 50 мм и более за 12 часов и менее на равнинной части территории. К

сильным снегопадам отнесены случаи выпадения сильного снега с количеством 20 мм и более за 12 часов и менее. Явления с такими параметрами относятся к стихийным гидрометеорологическим явлениям (СГЯ).

В 2006 г. большинство метеорологических станций и постов, зафиксировавших очень сильные осадки, были расположены в южных, юго-восточных и восточных областях Казахстана.

Гораздо реже сильный дождь и снег наблюдались на равнинной территории республики: но ночью 21 июня на М Комсомолец Костанайской области было зарегистрировано рекордное количество выпавшего дождя 153 мм за 12 часов.

Сильные и очень сильные дожди, выпадавшие в летний период в горных и предгорных районах, вызывали селевые выбросы на горных реках, склоновые стоки, оползни и высокие дождевые паводки. Выпадение снега в горах нередко приводило к самопроизвольному сходу лавин, а на равнинной территории – к заносам на дорогах.

Выпадение сильных осадков было вызвано прохождением циклонов и связанных с ними атмосферных холодных фронтов при западных, северо-западных и северных вторжениях, а также с волновой деятельностью на холодных фронтах. Во всех случаях атмосферные фронты были хорошо выражены по всем метеоэлементам, как в контрастах температуры (6...12 °С/500 км), так и в поле влажности (дефициты точки росы в зоне фронтов были менее 3 °С).

Выпадению очень сильных осадков, кроме определенных синоптических условий, способствует рельеф местности. Поэтому много случаев выпадения очень сильных осадков было отмечено в горных и предгорных районах Южно-Казахстанской, Жамбылской, Алматинской и Восточно-Казахстанской областей.

Гораздо реже сильные осадки наблюдались на равнинной территории республики. Как правило, они были вызваны прохождением через эти районы влагонасыщенных, хорошо выраженных в поле облачности, основных и вторичных фронтальных разделов, особенно вблизи центров циклонов или вершин волновых возмущений.

Как упоминалось выше, 21 июня на М Комсомолец выпало 153 мм дождя. Ливневый дождь в данном случае был вызван наличием холодного малоподвижного циклона, прослеживающегося до высоты свыше 9 км. С циклоном были связаны две системы фронтов: полярная и арктическая. Холодный участок арктического фронта проходил от центра циклона через север Аральского

моря, среднюю часть Каспийского моря, Кавказ и Черное море. Зона падения давления сместилась в северо-восточную периферию циклона (0,3...1,2 гПа за 3 ч), а в тылу циклона рост давления составлял 0,2...1,0 гПа за 3 ч. Непрерывный подток холодного и влажного воздуха в северо-западные области республики способствовал формированию вторичных холодных фронтов. Контрасты температуры в их зоне к моменту начала ливневых дождей у поверхности земли достигали 6...8 °С на 500 км, а на высоте 1,5 км – 10...12°С на 500 км. Циклон в этой стадии стал малоподвижным барическим образованием с вертикальной пространственной осью. Кроме того, на приземной и высотных барических картах, в районе сильных дождей отмечалась значительная кривизна изобар и изогипс, способствовавшая возникновению восходящих упорядоченных движений воздуха. Воздушная масса была хорошо увлажнена т.к. предыдущие сутки (20 июня) в северном Казахстане отмечались кратковременные грозовые дожди. Большая увлажненность всей толщи нижней атмосферы и неустойчивая стратификация при прогревании воздушной массы в дневные часы, а так же наличие очага холода на высоте, создали исключительно благоприятные условия для обильных дождей. При прохождении холодного арктического фронта, вблизи центра циклона в районе М Комсомолец сильный ливневый дождь с грозой достиг критерия стихийного гидрометеорологического явления, выпало 1,5 месячной нормы осадков для этого пункта.

### Гидрологические явления

**Сели.** В первой декаде января 2006 г. в Алматинской области резко похолодало, аномалии температур составили минус 7...минус 11 °С. 5 января на р. Узункаргалы, в связи с низкими температурами воздуха, началось интенсивное шугообразование в районе селезащитной плотины. Скопление и дальнейший прорыв ледовой массы привели к формированию водоледового селя с максимальным расходом водоснежной массы 150...200 м<sup>3</sup>/с. Селем были повреждены гидротехнические сооружения в русле реки, отмечался завал автодороги Алматы – Узунагач, разрушен пешеходный мост, имеются жертвы. Аналогичные случаи густого шугохода и образования заторов в этот же период наблюдались на реках Каскелен, Аксай, Турген.

К началу весеннего снеготаяния сложились неблагоприятные условия (низкое осеннее увлажнение почвогрунтов, снегозапасы ниже нормы) для формирования **стока** в бассейнах рек степной территории республики. Формирование волны весеннего половодья еще более ухудшилось в связи с экстремально высокими температурами воздуха в марте. Аномалия мартовских температур на севере, центре и западе Казахстана составила 5...10 °С. На



фоне положительных дневных температур и отрицательных ночных, происходило постепенное испарение снега, при этом поступление воды в речную сеть практически не наблюдалось. Сход снега на большей части равнинной территории наблюдался в среднем на 2 недели раньше нормы.

На большинстве рек равнинной территории половодье было экстремально низким. Объем волны весеннего половодья, поступившей в Вячеславское и в Сергеевское водохранилища, является наименьшим за весь ряд наблюдений на этих объектах. Максимальные уровни воды в районе Петропавловска были на 5,5 м ниже среднемноголетних максимальных уровней воды и самыми низкими за весь период наблюдений.

Обеспеченность объема весеннего половодья на большинстве рек Западно-Казахстанской, Актюбинской, Атырауской, Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской областей в 2006 году составила 92...96 %.

29...30 апреля, в связи с дождями и интенсивным снеготаянием, на реках Западного Алтая (Куршим, Буктырма, Оба, Ульби, Тургысын и др.) прошли тало-дождевые паводки. Паводковыми водами был подмыт автодорожный мост через р. Ульби.

Апрель – июль в горах юго-востока Казахстана был влажным. В горах Заилийского Алатау выпало на 10...40 % осадков больше обычного. Во время выпадения сильных дождей на реках этой территории формировались высокие дождевые паводки, селевые потоки.

В период 1...2 июня в горных и предгорных районах Алматинской области прошли дожди, местами очень сильные. Максимальное количество осадков (67,7 мм) было зарегистрировано на МП Медео. Интенсивные осадки обусловили формирование тало-дождевых паводков на большинстве горных рек области (Киши Алматы, Бутак, Кумбель, Тересбутак, Аксай, Чемолган, Коксу, Дос, Лепси и др.). В логу Акжар сформировался селевой выброс. По р. Прямухе прошел сель с максимальным расходом ориентировочно 15...25 м<sup>3</sup>/с. В результате этого селя в микрорайоне Думан пострадало около 300 домов; ущерб, нанесенный селем, оценен в 70 млн. тенге.

14...15 июня, в связи с сильными дождями, по отдельным горным рекам Алматинской области прошли дождевые паводки. В селевом очаге Акжар вновь сформировался селевой выброс с расходом 20 м<sup>3</sup>/с.

6 июля во всех высотных зонах северного склона Заилийского Алатау прошел сильный дождь. Максимальное суточное количество осадков (61,5 мм) зарегистрировано в бассейне р. Талгар, что составляет 140 %

месячной нормы. От 35 до 55 мм выпало в высокогорной зоне бассейнов рек Улькен Алматы (Кумбельсу), Киши Алматы (Мынжилки) и низкогорной зоне рек Аксай, Есик, Тургень. Повсеместно на реках Заилийского Алатау наблюдались дождевые и наносоводные паводки. На р. Кумбель сформировался селевой поток. Максимальный расход селя 150...200 м<sup>3</sup>/с. Сель в основном отложился на р. Улькен Алматы в 5 км выше селезащитной плотины. В результате прохождения селя была разрушена и перекрыта селевыми отложениями дорога, соединяющая трассу Алматы – ГЭС-1 с поселком ГЭС-2, разрушены 2 мостовых перехода и 2 железобетонных моста. Кроме того, были повреждены объекты питьевого водоснабжения западной части города Алматы, жилые постройки и объекты хозяйственного и социального назначения вдоль русла реки Улькен Алматы. Небольшой селевой выброс сформировался в верховьях р. Киши Алматы.

**Лавины.** Зимой 2005...2006 гг. количество осадков в горах Казахстана составило 80...100 % от нормы. Умеренные снеготзапасы не способствовали лавинной активности. В январе, феврале наблюдался сход отдельных лавин максимальным объемом до 30 тыс. м<sup>3</sup> в Таласском Алатау (Южно-Казахстанская область), до 500 м<sup>3</sup> в Джунгарском Алатау (Алматинская область) и до 16 тыс. м<sup>3</sup> в горах Восточно-Казахстанской области. 10 января на перевале Осиновский (ВКО) лавиной засыпало 2 автомашины, пострадал 1 человек.

Отсутствие лавин зимой обусловило накопление снега на склонах, и весной лавинная обстановка существенно обострилась. Сход лавин начался с началом оттепели. В горах Западного Алтая (Восточно-Казахстанская область) сошли лавины объемом до 35 тыс. м<sup>3</sup>, также отмечался сход лавин в горах Южно-Казахстанской и Алматинской областей – до 4 тыс. м<sup>3</sup>. Отдельные случаи схода лавин связаны не с естественными факторами, а с подрезанием склона туристами и лыжниками. Так, в горах Заилийского Алатау 15 января в Бутаковском ущелье погибли два человека, 29 марта на горнолыжной базе «Шымбулак» в лавину попал лыжник, которого вовремя спасли. Произошедший 8 апреля случай в районе Шымбулака, также связан с подрезанием склона лыжниками. Тогда лавина задела опору канатной дороги, погиб сотрудник горнолыжной базы «Шымбулак». Объем лавины составил 22 тыс. м<sup>3</sup>.

### **Морские гидрологические явления**

**Сгонно-нагонные явления на Каспийском море.** Средний уровень Каспийского моря в его северо-восточной мелководной части в 2006 г.

находился на отметке минус 26,92 м. Во время сгонно-нагонных явлений уровень моря колебался в пределах от минус 27,79 м до минус 26,00 м. В Среднем Каспии, в его глубоководной казахстанской части от о. Кулалы до границы с Туркменией среднее значение уровня моря за рассматриваемый период соответствовало отметке минус 27,02 м. Уровень моря колебался в пределах отметок минус 26,49 м – минус 27,47 м.

Зима 2005...2006 гг. в регионе по площади распространения льда на море может быть отнесена к холодным зимам со средней ледовитостью. Первый лёд в Северном Каспии по данным М Пешной появился во второй декаде декабря, а полное замерзание произошло в начале января 2006 г. В январе – феврале все северо-восточное побережье было покрыто неподвижным льдом (10 баллов). Толщина льда на МГП Жамбай достигала 32 см, на М Пешной – 29 см, на МГ Кулалы, остров – 11 см, на МГП Каламкас – 24 см,

В Среднем Каспии ледообразование началось в первой половине января (по данным МГ Актау, Форт-Шевченко). В середине февраля в районе МГ Форт-Шевченко (в бухте) толщина льда составляла 28 см.

Наибольшая площадь ледового покрытия в казахстанской части Каспийского моря наблюдалась в феврале, когда льдом была охвачена Уральская бороздина.

В третьей декаде февраля в Северном Каспии появились признаки слабого и умеренного весеннего разрушения. На МГ Форт-Шевченко и МГ Кулалы, остров начался дрейф льда. Полное очищение ото льда в Среднем Каспии в районе МГ Форт-Шевченко произошло в первой декаде марта. Северный Каспий окончательно очистился ото льда в конце марта.

Опасные ледовые явления на акватории Северного и Среднего Каспия в зиму 2005...2006 гг. не наблюдались.

**Опасные сгонно-нагонные явления.** По данным береговых и островных морских станций и постов, в районе Северного Каспия в 2006 г. зафиксирован один случай с опасным подъёмом уровня моря и четыре нагона морской воды с превышением критической, для данного района побережья, отметки уровня моря. При продолжительном воздействии сильного юго-восточного ветра на северном побережье 10 апреля сформировался опасный нагон морской воды с повышением уровня моря по сравнению с предшествующим на 80 см, что было зафиксировано на МГП Жамбай. Следует отметить, что в данном районе в течение всего мая на фоне высокого стояния уровня моря даже незначительное воздействие ветра вызывало подъёмы водной поверхности в районе МГП Жамбай выше критической отметки (минус

26, 60 м). На Среднем Каспии в пределах казахстанского побережья опасных сгонно-нагонных колебаний уровня моря в 2006 г. не наблюдалось.

### **Агрометеорологические условия**

Весна 2006 г. в южной половине Казахстана была теплой, сухой и ранней. Начало весны отмечалось в сроки близкие к среднемноголетним. Аномалии температуры воздуха в весенний период составляли преимущественно 2...3 °С, что около нормы. Отмечавшееся в начале марта повышение температурного фона (аномалии температуры воздуха составляли в южной половине республики 9...11, в северной 6...10 °С) способствовало активному сходу снежного покрова на полях. Так, на преобладающей территории республики к концу марта устойчивый снежный покров полностью отсутствовал. Однако, в начале апреля неустойчивый снежный покров местами сохранялся в Северо-Казахстанской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях, где в течение зимнего периода высота снега и глубина промерзания почвы отмечались около и больше нормы.

Переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С на преобладающей территории Казахстана произошел в обычные сроки – в третьей декаде марта – первой декаде апреля. В Костанайской области переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С произошел в начале третьей декады марта, раньше обычных сроков на 10...15 суток. В Актюбинской, Жамбылской, Южно-Казахстанской, Атырауской и Кызылординской областях переход произошел раньше среднемноголетних дат на 1...2 декады (в конце февраля – начале марта).

В весенний период на преобладающей территории республики наблюдалось неравномерное распределение осадков. Наиболее засушливая обстановка наблюдалась в марте, когда на большей части территории республики отмечался дефицит осадков в течение 1...2 декад, что в сочетании с повышенным температурным фоном приводило к снижению запасов влаги в почве. Самыми засушливыми были вторая декада марта и вторая декада апреля, когда количество выпавших осадков почти повсеместно не превышало 0...3 мм. Обильные осадки (в 1,5...5,0 раз больше нормы), которые наблюдались на востоке и юго-востоке республики в первой декаде апреля, на западе, севере и в центре в третьей декаде апреля способствовали пополнению запасов почвенной влаги.

Посевная кампания весной 2006 г. на территории основной зерносеющей зоны Казахстана в основном проходила несколько позже средне-

многолетних сроков (на 8...15 суток), и приобрела массовый характер в середине мая. Во второй половине мая на преобладающей территории Казахстана сохранялись температура воздуха выше нормы на 2...5 °С и дефицит осадков. Такие погодные условия были благоприятны для проведения предпосевной обработки полей в северных зерносеющих районах республики. Однако дефицит осадков на фоне повышенного температурного фона способствовал иссушению верхнего слоя почвы, что неблагоприятно для развития ранних яровых зерновых культур в южных районах Казахстана, а в ряде северных районов обусловил сев яровых в сухую почву. Так, на полях Карабалыкского, Денисовского, Тарановского районов Костанайской, Егиндыкольского, Астраханского районов Акмолинской, Жезытского, Павлодарского районов Павлодарской, Айтекебийского района Актюбинской, Бухаржирауского района Карагандинской областей сев проводился в сухую почву.

В южных зерносеющих районах республики посевная кампания имела ранний характер. На полях Толебийского района Южно-Казахстанской области посевная кампания началась раньше среднемноголетних дат (на 25...30 суток) – в начале марта. В Шуском районе Жамбылской области сев ярового ячменя провели в середине марта, что на 7...12 суток раньше обычного. Однако, несмотря на теплую раннюю весну в отдельных районах юга и юго-востока Казахстана, сев яровых зерновых культур начался с опозданием на 10...20 суток в середине апреля по независящим от погодных условий причинам (Жамбылский район Алматинской, Тулкубасский район Южно-Казахстанской областей). В Кербулакском и Алакольском районах Алматинской области на 15...20 суток позже среднемноголетних сроков в конце мая провели сев яровой пшеницы. Посевная кампания на территории южных областей республики полностью завершилась в конце апреля – начале мая.

Сев яровых зерновых культур проходил активно в течение 3...4 декад. В целом посевная кампания продолжалась в течение 8...9 декад, начиная с 1 марта в Толебийском районе Южно-Казахстанской области (самая ранняя дата сева) и до 10 июня в Щучинском районе Акмолинской области (самая поздняя дата сева).

**Заморозки.** Переход среднесуточной температуры воздуха через 10 °С на севере и в центре республики произошел в начале мая, что около нормы, на юго-западе, юге и юго-востоке республики – в начале апреля, что раньше и около среднемноголетних значений. В период активной ве-

гетации растений (после перехода среднесуточной температуры воздуха через 10 °С), наступившего в сроки, близкие к средним многолетним, отмечались частые заморозки в воздухе.

Слабые заморозки в воздухе на западе Казахстана (интенсивностью до -2...-3 °С) в первой декаде мая были малоблагоприятны для яровых зерновых культур, однако не наносили им особого вреда. В Восточно-Казахстанской области отмечавшиеся в третьей декаде мая заморозки до -1...-3 °С, не оказывали отрицательного влияния на сельскохозяйственные культуры. На юге и юго-востоке республики слабые заморозки во второй декаде апреля интенсивностью до -1...-2 °С в целом не оказывали губительного воздействия на вегетирующие озимые культуры, так как не достигали критических значений (-8...-10 °С).

Осень на территории Алматинской области характеризовалась теплой, с неравномерным распределением осадков, погодой. В начале осени температурный фон наблюдался около среднемноголетних значений. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 10 °С, характеризующий завершение периода активной вегетации растений, на преобладающей территории Казахстана наступил несколько позже обычных сроков на 1...3 декады – в начале октября, на юге, юго-востоке – в середине ноября. Осенние заморозки (-1...-4 °С) в воздухе были зафиксированы в ранние сроки (в третьей декаде августа) на севере республики в Акмолинской области, что могло вызвать повреждения яровых зерновых культур. В Восточно-Казахстанской области заморозки во второй декаде сентября до -2...-7 °С, также могли нанести вред созревающим сельскохозяйственным культурам. Первые осенние заморозки в воздухе в южных районах республики наблюдались в обычные сроки – в 1...2 декадах октября.

***Переувлажнение почвы.*** Весной на большей части территории Казахстана снеготаяние началось раньше обычных сроков (на 1...2 декады). В Западно-Казахстанской и Акмолинской областях эти даты были около среднемноголетних. Продолжительность периода снеготаяния по республике весной составляла в основном 10...20 суток, что около нормы. Наиболее длительный период таяния снега (20...31 суток) наблюдался в Павлодарской, в отдельных районах Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Акмолинской областях. Раньше обычных сроков снег на полях стоял в Западно-Казахстанской, Актюбинской и Южно-Казахстанской областях. Здесь период снеготаяния был всего около 10 суток. После схода снежного покрова и оттаивания почвы, в отдельных рай-

онах севера республики, наблюдалось переувлажнение верхнего (0...10 см) слоя почвы, что задерживало проведение полевых работ. Согласно наблюдениям, в этих районах в течение первых двух декад мая запасы влаги в слое почвы 0...10 см в основном составляли 25...36 мм, кое-где достигая 44...55 мм.

**Атмосферная засуха.** В 2006 г. устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 15 °С, характеризующий наступление летнего сезона, наступил на севере, северо-западе, востоке и в центре Казахстана во 2...3 декадах мая, что около и несколько раньше обычного. На западе он отмечался в первой половине мая, что около среднесуточных дат. На юге, юго-востоке и юго-западе устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 15 °С отмечался во второй половине апреля, что около и несколько раньше обычного. В Алматинской области он отмечался во второй декаде мая, что так же около нормы.

На преобладающей территории республики наиболее жаркими были вторая половина мая – июнь, конец августа – начало сентября, когда аномалии температуры воздуха почти повсеместно достигали 3...8 °С.

На преобладающей территории западных и юго-западных районов Казахстана, установившаяся в мае – июне жаркая, с дефицитом осадков погода, способствовала образованию атмосферной засухи. В отдельных районах максимальная температура воздуха в течение 10...11 декад (с 3-й декады мая по 1-ю декаду сентября) повышалась до 34...38 °С и выше. Сумма осадков за декаду в течение всего рассматриваемого периода не превышала 0...7 мм.

В отдельных районах юга и юго-востока республики атмосферная засуха отмечалась в период с третьей декады мая по вторую декаду июня, затем с третьей декады июля по первую декаду сентября. Максимальная температура воздуха в течение описываемых периодов повышалась до 33...38, местами 41°С.

На большей части Восточного Казахстана повышение температуры воздуха до 31 °С и выше, сопровождавшееся длительным периодом без дождя со второй декады августа по первую декаду сентября, привело к возникновению атмосферной засухи. Однако, отмечались районы, где атмосферная засуха продолжалась в течение 10...12 декад подряд (с 3-й декады мая по 1-ю декаду сентября). Здесь сумма осадков не превышала 0...8 мм. Максимальная температура воздуха достигала 31...37 °С.

В отдельных районах севера республики атмосферная засуха отмечалась в период с конца июля до конца сентября. В большинстве районов центра Казахстана атмосферная засуха отмечалась с третьей декады июля по первую декаду сентября, когда максимальная температура воздуха повышалась до 31...38 °С и выше, и отсутствовали эффективные осадки (более 5 мм в сутки).

**Почвенная засуха.** В 2006 г. на преобладающей территории Казахстана в начале периода вегетации растений сохранялись в основном достаточные запасы продуктивной влаги. Однако из-за установления жаркой погоды и длительного периода без дождя, местами сильного ветра, в разные периоды вегетации, накопленные запасы влаги в почве значительно снижались, что вызвало развитие почвенной засухи в ряде районов юга, юго-востока, запада, севера, востока и центра Казахстана.

Наиболее подвержены действию почвенной засухи были пустынные районы юга и запада Казахстана, где запасы влаги в верхнем (0...20 см) слое почвы в течение почти всего периода вегетации растений были меньше нормы и составляли 0...5 мм.

Почвенной засухой были охвачены не только пустынные районы, но и ряд зерносеющих районов республики. Так, в Тимирязевском, Тайыншинском и Шалакынском районах Северо-Казахстанской; Карасуском, Денисовском, Костанайском, Тарановском районах Костанайской; Щербактинском районе Павлодарской; в Урджарском и Катон-Карагайском районах Восточно-Казахстанской; в Панфиловском, Кербулакском районах Алматинской; Сарысуском, Шуском районах Жамбылской; Сайрамском, Толебийском и Тулкубаском районах Южно-Казахстанской областей, запасы почвенной влаги были меньше нормы и составляли в верхнем пахотном слое 7...10, в полуметровом – 16...18 мм, в метровом слое – 0...20 мм. В центральных районах республики почти в течение всего вегетационного периода влагозапасы почвы были меньше нормы и в полуметровом слое колебались от 0 до 3 мм.

Такие запасы продуктивной влаги в почве были недостаточными для роста и развития сельскохозяйственных культур и способствовали формированию низкорослых хлебов, а также преждевременному пожелтению листьев нижнего яруса у зерновых культур, что приводило к уменьшению урожайности.

**Суховеи.** Летом высокие дневные температуры воздуха, усиление ветра, дефицит осадков и низкая относительная влажность воздуха вызы-



вали суховеи. 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. Наиболее подвержены суховеям были районы юга и запада Казахстана, где относительная влажность воздуха понижалась до 30 % и менее, почти ежедневно в течение 2...4 декад (в конце июня, начале и конце июля). Максимальная скорость ветра в этих районах достигала 15...20, местами до 25 м/с при максимальной температуре воздуха выше 30 °С.

Действию суховеев были подвержены в основном пустынные районы. Однако Илийский, Жамбылский, Эмбикшиказахский, Талдыкорганский районы Алматинской; Сарысуский, Луговской, Меркенский, Толембийский районы Жамбылской областей также были подвержены действию суховеев в июле и августе. Максимальная скорость ветра здесь составляла 15...20 м/с и средняя температура воздуха была 25...30 °С.

В зерносеющих районах севера, востока и центра Казахстана суховеев в основном не наблюдалось. Однако повышенный температурный фон и дефицит осадков в первой декаде августа способствовали возникновению сухого ветра в ряде районов Карагандинской области.

В Жарминском районе Восточно-Казахстанской области во второй декаде июня отмечалась низкая относительная влажность воздуха в течение 4...6 суток, средняя температура воздуха превышала 25 °С при максимальной скорости ветра 28...34 м/с. Низкая относительная влажность воздуха в течение 6...10 суток при средней температуре воздуха выше 25 °С и максимальной скорости ветра 12...18 м/с наблюдались в Улутауском, Агадырском районах Карагандинской области.

Гидрометцентр РГП «Казгидромет», г. Алматы

УДК 551.510.42

**О СОСТОЯНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН В 2007 ГОДУ**

П.К. Шингисова

Т.Г. Царева

*Информация о состоянии окружающей среды подготовлена по результатам работ, проведенных на наблюдательной сети национальной гидрометеорологической службы Республики Казахстан.*

**Состояние воздушного бассейна**

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха выполняются в наиболее крупных городах и промышленных центрах республики. Перечень подлежащих контролю загрязняющих веществ установлен с учетом объема и состава выбросов в атмосферу. Основными критериями качества являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест [1, 5]. Уровень загрязнения атмосферы оценивается по величине комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), который рассчитывается по пяти веществам с наибольшими нормированными на ПДК значениями с учетом их класса опасности [4].

Стационарные посты наблюдений находятся в 21 населенном пункте республики: Актау, Актобе, Алматы, Астана, Атырау, Балхаш, Жезказган, Караганда, Костанай, Кызылорда, Павлодар, Петропавловск, Риддер, Семей, Тараз, Темиртау, Уральск, Усть-Каменогорск, Шымкент, Экибастуз и пос. Глубокое (Восточно-Казахстанская область).

По данным наблюдений за 2007 г. наибольший уровень загрязнения воздуха наблюдается в г. Алматы (**ИЗА<sub>5</sub> = 12,6**). К загрязненным городам ( $\text{ИЗА}_5 \geq 5$ ) отнесено 10 городов, в том числе с высоким уровнем загрязнения воздуха ( $\text{ИЗА}_5 \geq 7$ ) – 8 городов.

В 10 городах республики отмечены средние концентрации диоксида азота в пределах 1,3...2,2 ПДК (наибольшая средняя в г. Алматы). В 9 городах содержание взвешенных веществ (пыли) находилось в пределах 1,2...2,8 ПДК (наибольшая средняя в г. Кызылорде), в 7 городах – формальдегида в пределах 1,3...4,3 ПДК (наибольшие средние в г. Актобе и г. Шымкенте), в 4 городах – фенола 1,7...3,0 ПДК (средняя наибольшая в г. Темиртау). Средняя концентрация диоксида серы в г. Балхаше составила

2,2 ПДК, в г. Риддере – 1,8 ПДК в Кызылорде и Усть-Каменогорске – 1,0 ПДК. Содержание аммиака выше допустимой нормы отмечено в г. Темиртау (2,1 ПДК) и г. Шымкенте (1,1 ПДК) (табл. 1).

Таблица 1

Загрязнение атмосферного воздуха городов в целом по Республике Казахстан в 2007 году

Примесь	Число городов	Кратность превышения ПДК средней концентрации		Число городов, где концентрации превышали ПДК	
		из средних	из max	средние	max
Взвешенные вещества	20	1,2	6,5	9	16
Диоксид серы	21	0,5	1,4	3	2
Растворимые сульфаты	10				
Оксид углерода	19	0,5	2,6	0	14
Диоксид азота	21	1,1	3,3	10	18
Оксид азота	4	0,3	0,2	0	0
Аммиак	5	1,0	1,2	1	3
Сероводород	6		1,2		4
Фтористый водород	3	0,5	2,9	0	3
Серная кислота	2	0,2	0,1	0	0
Фенол	10	1,2	2,3	4	9
Формальдегид	9	2,7	1,1	7	4
Хлор	2	0,1	0,5	0	1
Хлористый водород	1	0,3	2,9	0	1
Мышьяк	3	0,2			

Разовые концентрации взвешенных веществ выше ПДК наблюдались в 16 городах, оксида углерода – в 14, диоксида азота – в 18, фенола – в 9, сероводорода и формальдегида – в 4, аммиака и фтористого водорода – в 3, диоксида серы – в 2 городах (табл. 1).

В 2007 году зарегистрировано 22 случая высокого загрязнения (ВЗ более 10 ПДК) и 1 случай экстремально высокого (ЭВЗ более 50 ПДК) атмосферного воздуха. В г. Астане – 1 случай ЭВЗ и 1 случай ВЗ по взвешенным веществам и 3 случая ВЗ диоксидом азота; в г. Балхаше – 10 случаев ВЗ по взвешенным веществам; в г. Кызылорде – 8 случаев ВЗ по взвешенным веществам.

В 2007 году в сравнении с 2006 годом в городах Актобе, Алматы, Атырау, Астана, Жезказган, Костанай, Петропавловск, Павлодар, Риддер, Семей, Тараз, Темиртау, Уральск, Усть-Каменогорск, Шымкент и Экибастуз уровень загрязнения атмосферного воздуха значительно не изменился, в г. Актау и г. Балхаше – возрос, в г. Караганде и пос. Глубокое – снизился (табл. 2).

Приоритетный список городов Республики Казахстан по уровню  
загрязнения атмосферного воздуха

Населенный пункт	ИЗА <sub>5</sub>		Отрасль промышленности
	2006 г. год	2007 г. год	
Алматы	12,1	12,6	автотранспорт, энергетика
Шымкент	10,7	11,2	цветная металлургия, химическая, нефтеперерабатывающая
Актобе	9,7	9,5	черная металлургия, химическая
Темиртау	8,9	8,6	черная металлургия, химическая
Караганда	10,7	7,5	энергетика, угледобывающая, автотранспорт
Тараз	7,6	7,5	химическая
Риддер	7,6	7,4	цветная металлургия, энергетика
Усть-Каменогорск	6,5	7,2	цветная металлургия, энергетика
Кызылорда		5,5	энергетика
Жезказган	5,8	5,2	цветная металлургия, энергетика
Семей	4,0	4,6	энергетика, строительных материалов
Астана	4,7	4,5	энергетика, автотранспорт
Актау	3,5	4,3	химическая
Петропавловск	4,2	4,3	энергетика, приборостроение
Балхаш	2,8	3,8	цветная металлургия, энергетика
Костанай	2,9	3,1	энергетика
пос. Глубокое	4,6	3,0	цветная металлургия
Атырау	2,3	2,4	нефтеперерабатывающая
Павлодар	1,7	1,9	нефтеперерабатывающая, энергетика
Экибастуз	1,3	1,2	энергетика, угледобывающая
Уральск	0,8	0,7	энергетика
<b>Средний ИЗА</b>	<b>5,62</b>	<b>5,52</b>	

#### Качество поверхностных вод

Сеть наблюдений за качеством поверхностных вод суши включает действующие гидропосты национальной гидрометеорологической службы. Основными критериями качества вод по гидрохимическим показателям являются значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов рыбохозяйственного водопользования [3].

Уровень загрязнения поверхностных вод суши оценивается по величине комплексного индекса загрязненности воды (ИЗВ), который используется для сравнения и выявления динамики изменения качества вод [2].

Данные мониторинга загрязнения поверхностных вод приведены по бассейнам рек: Ертис (Восточно-Казахстанская и Павлодарская области),

Урал и Эмба (Западно-Казахстанская и Атырауская области), Есиль (Акмолинская и Северо-Казахстанская области), Нура (Акмолинская и Карагандинская области), Тобол (Костанайская область), Талас, Шу (Жамбылская область), Сырдарья (Южно-Казахстанская и Кызылординская области), Иле (Алматинская область) и оз. Балхаш.

**В 2007 году** из общего количества обследованных водных объектов к «чистым» отнесено 12 рек, 3 водохранилища, 5 озер, 1 ручей и 2 канала. Наиболее представлен класс «умеренно загрязненных» водных объектов – 40 рек, 8 водохранилищ, 4 озера и 1 канал. Классу «загрязненных» водных объектов принадлежит 3 реки – Иле, Есентай, Коргас (Алматинская). К классу «грязных» относятся 5 рек – Тихая, Ульби (ВКО), Илек (Актюбинская), Кара-Кенгир, Шерубайнура и 1 вдхр. Кенгирское (Карагандинская обл.). К классу «очень грязных» водных объектов отнесены 2 реки – Брекса и Глубочанка (ВКО), «чрезвычайно грязной» является река Красноярка (ВКО) (табл. 3).

В перечне основных загрязняющих веществ, превышающих значения ПДК, присутствуют 17 ингредиентов, из которых наиболее распространёнными являются медь, азот нитритный, сульфаты, нефтепродукты, железо общее и фенолы (табл. 4).

В 2007 г. экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ) наблюдалось в 4 случаях на р. Красноярка (Восточно-Казахстанская обл.).

В сравнении с 2006 годом отмечаются следующие изменения качества поверхностных вод:

- Бассейн р. **Ертис**. Качество воды не изменилось в реках Ертис (ВКО), Буктырма, Ульби, Тихая, Оба, Эмель, вдхр Буктырма и кан. Ертис-Караганда. В р. Аягоз и вдхр Усть-Каменогорское качество воды улучшилось, в реках Ертис (Павлодарская), Красноярка, Глубочанка, Брекса – ухудшилось;
- Бассейн рек **Урал** и **Эмба**. В реках Урал (ЗКО), Деркул, Чаган, Большой Узень, Утва, Чижа-1 и Чижа-2, Илек (ЗКО) и Эмба качество воды ухудшилось, в кан. Кушум – улучшилось. В реках Илек (Актюбинская), Орь и Малый Узень уровень загрязнённости значительно не изменился;
- Бассейн р. **Тобол**. Загрязнённость рек Тобол, Тогызак и Аят осталось на прежнем уровне, а вдхр. Каратомарское – ухудшилось;
- Бассейн р. **Есиль**. Уровень загрязнённости воды рек Есиль, Сары-Булак, Жабай, Беттыбулак, водохранилищ Сергеевское и Вячеславское, озер Бурабай, Шортан, Улькен Шабакты, Копа существенно не изменился. Несколько ухудшилось качество воды в р. Ак-Булак;

– Состояние загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям в 2007 году

Класс и характеристика воды по величине комплексного индекса загрязненности воды (ИЗВ)					
II класс, ИЗВ 0,31...1,0	III класс, ИЗВ 1,01...2,5	IV класс, ИЗВ 2,51...4,0	V класс, ИЗВ 4,01...6,0	VI класс, ИЗВ 6,01...10	VII класс, ИЗВ > 10
рр. Аягоз, Кигач, Урал (Атырауская), Оленты, Орь, Малый Узень, Шидерты, КуперАнкаты, Жабай, Беттыбулак, Есиль (Акмолинская), Каттабугунь, Бугунь, вдхр. Вячеславское, Буктырма, Усть-Каменогорское, озера Шортан, Маркаколь, Улькен Шабакты, Бурабай, Копа, каналы.Кушум, Ертис-Караганда	рр. Ертис, Буктырма, Оба, Эмель, Урал (ЗКО), Шароновка, Деркул, Большой Узень, Чаган, Утва, Калдыгайты, Чижа-1, Чижа-2, Эмба, Быковка, Илек (ЗКО), Аят, Тобол, Тогызак, Нура, Ак-Булак, Есиль (СКО), Сары-Булак, Шилик, Шарын, Текес, Каркара, Баянкол, Иссык, Каскелен, Турген, Киши Алматы, Улькен Алматы, Шу, Келес, Талас, Асса, Аксу, Бадам, Сырдарья, вдхр.Капшагай, Бартогай, Куртинское, Самаркандское, Сергеевское, Ташуткульское, Шардаринское, Каратомарское, кан. Нура-Есиль, озера Балкаш, Улькен Алматы, Шалкар, Бийликоль	рр. Иле, Коргас, Есентай	рр. Ульби, Илек (Актюб.), Шерубайнура, Кара-Кенгир, Тихая, вдхр Кенгирское	рр. Брекса, Глубочанка	р. Красноярка

– Перечень основных загрязняющих компонентов в поверхностных водах в 2007 г.

Ингредиент	Пределы ПДК	Кол-во объектов	Название рек и водоемов
Сульфаты	1,1...9,0	26	рр. Шароновка, Беттбулак, Орь, Эмба, Тобол, Тогызак, Аят, Нура, Кара-Кенгир, Шерубайнура, Есиль, Ак-Булак, Сары-Булак, Келес, Бадам, Бугунь, Каттабугунь, Сырдарья, Жабай. Водохранилища Шардаринское, Вячеславское, Самаркандское, Кенгирское, озера Улькен Шабакты, Копа, кан.Нура-Есиль
Азот аммонийный	1,1...30,5	13	рр. Ертис, Брекса, Глубочанка, Красноярка, Эмель, Оба, Кара-Кенгир,

Ингредиент	Пределы ПДК	Кол-во объектов	Название рек и водоемов
			Талас, Шерубайнура, Асса, водохранилища Усть-Каменогорское, Ташуткульское, Шардаринское
Азот нитритный	1,1...13,4	34	рр. Ертис, Брекса, Тихая, Эмель, Шароновка, Кигач, Урал, Илек, Эмба, Чаган, Деркул, Нура, Сары-Булак, Жабай, Шерубайнура, Есентай, Шу, Талас, Б.Узень, М.Узень, Чиж-1, Чиж-2, Купер-Анкаты, Оленты, Быковка, Утва, Калдыгайты, Сырдарья, Бадам, Келес, водохранилища Буктырма, Ташуткульское, каналы Кушум, Ертис-Караганда. Водоохранилища: Буктырма, Шардаринское оз. Шалкар каналы Ертис-Караганда, Кушум
Цинк	1,1...114	9	рр. Ертис, Буктырма, Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка, Шерубайнура, оз. Балкаш
Бор	21,2	1	р. Илек (Актюбинская)
Кадмий	2,5...15,4	3	рр. Тихая, Ульби, Красноярка
БПК-5	1,3...8,7	3	р. Тогызак, вдхр Каратомарское, оз. Бийликоль
Никель	1,5...1,7	2	р. Есиль, вдхр Сергеевское
Кремний	1,3...1,8	3	рр. Талас, Аксу, оз. Бийликоль
Марганец	1,9...60,0	5	рр. Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка, оз.Маркаколь
Медь	1,5...59,0	50	рр. Ертис, Буктырма, Брекса, Тихая, Ульби, Глубочанка, Красноярка, Оба, Эмель, Аягоз, Тобол, Тогызак, Аят, Нура, Кара-Кенгир, Шерубайнура, Киши Алматы, Есентай, Улькен Алматы, Талас, Шу, Асса, Аксу, Иле, Шилик, Иссык, Турген, Каскелен, Бадам, Келес, Шарын, Текес, Коргас, Сырдарья, Каркара, Баянкол, водохранилища: Капшагай, Бартогай, Самаркандское, Шардаринское, Кенгирское, Каратомарское, Куртинское, Ташуткульское, Усть-Каменогорское, Буктырма, озера Бийликоль, Балкаш, Улькен Алматы, кан. Ертис-Караганда
Хром (6+)	1,2...24,5	16	рр. Илек (Актюбинская), Иле, Шилик, Шарын, Тургень, Текес, Коргас, Каскелен, Баянкол, Есентай, Киши Алматы, Улькен Алматы, водохранилища: Бартогай, Капшагай, Куртинское, оз. Улькен Алматы
Фториды	1,1...3,0	8	рр. Киши Алматы, Есентай, Аксу, Тогызак, Аят, Каскелен.озера Бийликоль, Улькен Алматы
Фенолы	1,3...5,0	18	рр. Талас, Есентай, Шу, Урал, Чаган, Деркул, Большой Узень, Калды-

Ингредиент	Пределы ПДК	Кол-во объектов	Название рек и водоемов
			гайты, Утва, Илек, Нура, Кара-Кенгир, Шерубайнура, Тобол, вдхр Ташуткульское, оз.Шалкар. каналы Кушум, Ерпс-Караганда
Железо общее	1,2...2,7	5	рр. Есиль, Урал, Текес, Иле, вдхр Сергеевское
Нефтепродукты	1,1...10,7	11	рр. Кара-Кенгир, Нура (Карагандинская), Шерубайнура, Сары-Булак, Эмель, Шу, Ак-Булак, Есиль (СКО). водохранилища Кенгирское, Самаркандское, оз. Копа
Магний	1,2...2,4	3	рр. Сырдарья, Келес, вдхр Шардаринское

–





- Бассейн р. **Нуры**. Качество воды в реках Нура (Акмолинская и Карагандинская области), Кара-Кенгир, вдхр. Самаркандское, кан. Нура-Есиль значительно не изменилось. Повысилась загрязненность воды р. Шерубайнура и вдхр. Кенгирское;
- Бассейн оз. **Балхаш**. Уровень загрязненности рек Шилик, Шарын, Турген, Текес, Каркара, Баянкол, Иссык, Каскелен, Киши Алматы, Улькен Алматы, оз. Балхаш, водохранилищах Капшагай, Куртинское и Бартогай существенно не изменился. Отмечено ухудшение качества воды рек Иле, Есентай, Коргас и оз. Улькен Алматы;
- Бассейн рек **Талас** и **Шу**. Качество воды в реках Талас, Асса, Шу и вдхр. Ташуткульское существенно не изменилось.
- Бассейн р. **Сырдарья**. В состоянии загрязненности рек Сырдарья (Южно-Казахстанская и Кызылординская области), Бадам, Бугунь, Катта-Бугунь и вдхр. Шардаринское значительного изменения не произошло. Качество воды р. Келес улучшилось.

#### Радиационный гамма-фон

Наблюдения за уровнем гамма излучения на местности (мощностью дозы гамма-излучения) осуществлялись ежедневно на 78 метеорологических станциях 14 областей. Мощность дозы гамма-излучения (МД) измерялась дозиметрами. Средние значения мощности дозы гамма-излучения по областям Республики Казахстан находились в пределах 0,09...0,16 мкЗв/ч. В среднем по республике радиационный гамма-фон в 2007 году составил 0,13 мкЗв/ч и находился в допустимых пределах. В сравнении с 2006 годом уровень радиационного фона существенно не изменился (табл. 5).

Таблица 5  
Мощность дозы гамма-излучения за 2006...2007 гг., мк Зв/ч

Область	Мощность дозы		
	за 2006 год	за 2007 год	
		средняя	максимальная
Акмолинская	0,14	0,13	0,30
Актюбинская	0,14	0,13	0,20
Алматинская	0,14	0,15	0,20
Атырауская	0,14	0,14	0,40
Восточно-Казахстанская	0,15	0,15	0,30
Жамбылская	0,16	0,16	0,20
Западно-Казахстанская	0,13	0,12	0,20

Область	Мощность дозы		
	за 2006 год	за 2007 год	
		средняя	максимальная
Карагандинская	0,15	0,15	0,20
Костанайская	0,11	0,12	0,20
Кызылординская		0,13	0,20
Мангистауская	0,10	0,09	0,20
Павлодарская	0,13	0,13	0,30
Северо-Казахстанская	0,11	0,12	0,20
Южно-Казахстанская	0,15	0,14	0,20

### Плотность радиоактивных выпадений

Контроль за радиоактивным загрязнением приземной атмосферы осуществлялся в 14 областях Казахстана на 40 метеорологических станциях путем отбора проб воздуха горизонтальными планшетами. На всех станциях проводился пятисуточный отбор проб.

Среднесуточная плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории республики колебалась в пределах 1,1...1,2 Бк/м<sup>2</sup>. Средняя величина плотности выпадений составила 1,1 Бк/м<sup>2</sup>.

В сравнении с 2006 годом уровень плотности радиоактивных выпадений существенно не изменился (табл. 6).

Таблица 6

Плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории Республики Казахстан, Бк/м<sup>2</sup>

Область	Плотность радиоактивных выпадений		
	за 2006 год	за 2007 год	
		средняя	максимальная
Акмолинская	1,1	1,1	1,2
Актюбинская	1,1	1,1	1,3
Алматинская	1,2	1,2	1,4
Атырауская	1,0	1,1	1,4
Восточно-Казахстанская	1,1	1,1	1,4
Жамбылская	1,1	1,1	1,3
Западно-Казахстанская	1,1	1,1	1,4
Карагандинская	1,1	1,1	1,4
Кызылординская	1,1	1,1	1,5
Костанайская	1,1	1,1	1,5
Павлодарская	1,2	1,2	1,4
Мангистауская	1,1	1,1	1,3
Северо-Казахстанская	1,1	1,2	1,5
Южно-Казахстанская	1,1	1,1	1,4

### Наблюдения за состоянием загрязнения почв

Наблюдательная сеть мониторинга загрязнения почв приурочена к 18 городам в 13-ти областях республики (Алматы, Актобе, Актау Астана, Атырау, Балхаш, Жезказган, Риддер, Караганда, Кызылорда Тараз, Темиртау, Павлодар, Петропавловск, Уральск, Усть-Каменогорск, Шымкент). При изучении загрязнения почв на урбанизированных территориях пробы отбирались 2 раза в год (весной и осенью) в пяти определенных точках, в пределах городов и промышленных центров для определения содержания металлов (свинец, цинк, кадмий, медь, хром).

Превышения ПДК по кадмию, свинцу, меди, цинку и хрому выявлены на границах санитарно-защитных зон крупных промышленных предприятий и в районах крупных автомагистралей.

#### **Химический состав атмосферных осадков и снежного покрова**

Наблюдения за химическим составом атмосферных осадков заключались в отборе проб дождевой воды на 42 метеостанциях. Наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в снежном покрове проводились в зимний период один раз в год в период максимального накопления влагозапаса в снеге. Сеть наблюдений Казгидромета за химическим составом снежного покрова охватывает 28 метеостанций.

В пробах атмосферных осадков и снега определялись: кислотность, удельная электропроводность, анионы-сульфаты, хлориды, нитраты гидрокарбонаты; катионы-аммоний, натрий, калий, кальций, магний; микроэлементы – свинец, медь, кадмий, мышьяк.

Для оценки состояния осадков и снежного покрова использованы значения ПДК загрязняющих веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [6].

**Осадки.** Концентрации всех определяемых загрязняющих веществ, за исключением кадмия, в осадках не превышают ПДК. Наибольшая общая минерализация отмечена на М Форт-Шевченко (Мангистауская область) – 276,23 мг/дм<sup>3</sup>, наименьшая – 8,54 мг/дм<sup>3</sup> – на М Улькен-Нарын (ВКО). В среднем по территории Республики Казахстан в осадках преобладали гидрокарбонаты 29,8 %, сульфаты 27,6 %, хлориды 12,2 %, ионы кальция 9,7 % и ионы натрия 8,4 %.

Кислотность проб атмосферных осадков в основном имеет характер нейтральной и слабощелочной среды. Выпадение слабо кислых осадков наблюдалось в районе М Улькен-Нарын.

#### **Снежный покров**

Концентрации всех определяемых загрязняющих веществ, за исключением кадмия и свинца в снежном покрове находились в пределах нормы.

По всей территории республики в снежном покрове преобладает содержание гидрокарбонатов (32,1 %), сульфатов (24,7 %), хлоридных ионов (11,9 %), ионов натрия (8,6 %), ионов кальция (10,4 %).

Наибольшая общая минерализация отмечена на М Пешной (Атырауская область) – 132,07 мг/дм<sup>3</sup>.

Кислотность проб снежного покрова по всей территории в основном имеет характер нейтральной и слабощелочной среды. Повышенная кислотность снега наблюдалась на М Тараз.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 2.1.6.696-98. РК 3.02.037.99. Гигиенические нормативы. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М.: Минздрав России, 1998. – С. 70-201.
2. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Госком по гидрометеорологии. – М., 1988. – 10 с.
3. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – Роскомрыболовство, 1993.
4. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госком по гидрометеорологии. Минздрав. – М., 1991. – С.383-425.
5. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы: «Санитарно-эпидемиологические требования к атмосферному воздуху», 18.08.2004 г., №629, 175 с.
6. Санитарно-эпидемиологические требования по охране поверхностных вод от загрязнения. СанПиН 3.02.003-04. Министерство здравоохранения РК, Алматы, 2004.

ЦЭООС Республики Казахстан, г. Алматы

#### **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТАСЫНЫҢ 2007 ЖЫЛЫНДАҒЫ ЖАҒДАЙЫ**

П.К. Шингисова

Т.Г. Царева

*Қоршаған ортаның ақпараты «Қазгидромет» РМК ұлттық гидрометеорологиялық қызметтің бақылау орындарында қоршаған*

*ортаның экологиялық мониторингін жүргізу жөніндегі арнаулы бөлімшелерінің негізінде дайындалды.*

## ПАМЯТИ КАЗИМА ШАКИРОВИЧА ФАИЗОВА

(1927 – 2006)

20 сентября 2007 г. исполнилось 80 лет со дня рождения известного учёного-почвоведом, доктора биологических наук, профессора Казима Шакировича Фаизова.

Он родился в г. Лепсинске Алматинской области. В 1951 г. после окончания географического факультета Казахского педагогического института он был направлен в аспирантуру при Институте почвоведения АН КазССР. В 1956 г. К.Ш. Фаизов защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности почвоведение и приступил к широким почвенным исследованиям в Республике. В период освоения целинных и залежных земель (1954...1960 гг.) К.Ш. Фаизов был направлен в северные области Казахстана (Кокшетауская, Павлодарская) для обследования и отбора целинных земель под распашку. В результате было выявлено 180 тыс. га новых земель, на которых были обустроены десятки зерновых совхозов. Для Павлодарской области им были составлены средне-масштабная почвенные карта и монографическая сводка «Почвы Павлодарской области» (1960 г.). Всё последующее время Казим Шакирович плодотворно трудится в Институте почвоведения АН КазССР младшим, затем старшим научным сотрудником, директором Целиноградского филиала Института почвоведения, заведующим лабораторией по проблеме орошения водами сибирских рек, где вел разносторонние почвенные исследования на территории Республики. В 1991...1998 гг. он по совместительству – профессор кафедр биологии и физической географии КазГНУ и АУУ им. Абая, член экспертного совета по биологии ВАК Республики Казахстан.

В 1986 г. К.Ш. Фаизов успешно защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора биологических наук по теме «Почвы пустынной зоны Казахстана», а в 1995 г. ВАК Республики Казахстан присуждает ему звание профессора биологии.

На протяжении более 50 лет К.Ш. Фаизов являлся организатором и исполнителем многочисленных почвенно-географических и почвенно-экологических исследований территории Республики. Им составлены почвенные карты Павлодарской, Кокшетауской, Атырауской и Мангистауской областей, галогеохимические и многокрасочные почвенные карты Казахстана, карты типов засоленных почв СССР, почвенно-экологическая карта и карта опустынивания Казахстана. Он является одним из разработчиков «Нацио-

нального плана действий по борьбе с опустыниванием» и карты антропогенного опустынивания аридных территорий СССР.

В периодической печати им опубликовано около 200 научных работ, в том числе 15 монографий по проблемам генезиса, географии, классификации, экологии почв и рациональному использованию почвенного покрова. Много оригинальных научных работ было опубликовано в журнале «Гидрометеорология и экология», республиканских и зарубежных изданиях. Известны труды К.Ш. Фаизова «Почвы Гурьевской области» (1970), «Почвы пустынной зоны Казахстана» (1980, 1983), «Почвы Республики Казахстан» (2001), «География и экология почв Казахстана» (2006) и др. В монографиях и научных статьях учёного рассмотрен широкий круг почвенно-географических и экологических проблем Казахстана.

По материалам разносторонних 55-летних полевых экспедиционных и лабораторных химико-аналитических исследований им раскрыты закономерности формирования, диагностические показатели и свойства большого разнообразия почв, выполнено почвенно-географическое и экологическое районирование территории. Особое внимание при этом он уделял экологическому состоянию почв пашни и кормовых угодий и мерам по улучшению и оптимизации их хозяйственного использования. В последние годы К.Ш. Фаизов активно участвовал в изучении почвенного покрова территорий нефтегазовых предприятий, подверженных активному природному и техногенному опустыниванию.

За заслуги в области изучения почвенного покрова Казахстана К.Ш. Фаизов был удостоен семи правительственных наград, награждён почётными грамотами АНКазССР и Министерства сельского хозяйства Республики.

Полный творческих планов, Казим Шакирович умер 17 сентября 2006 г. Он прожил яркую насыщенную жизнь. Ушел творческий человек, принципиальный в деле и доброжелательный к окружающим его людям. Светлая память об ученом и замечательном человеке навсегда сохранится в сердцах знавших его людей.

Коллектив Института почвоведения им. Успанова,  
Казахское общество почвоведов,  
Редколлегия журнала