

*Қазақстан Республикасының  
қоршаған ортаны қорғау  
Министрлігі*

*Министерство охраны  
окружающей среды  
Республики Казахстан*

«Қазгидромет» Республикалық  
мемлекеттік кәсіпорны

Республиканское государственное  
предприятие «Казгидромет»

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ**

әр тоқсанда шығарылатын  
ғылыми-техникалық журнал

**№ 1**

# **ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

Ежеквартальный  
научно-технический журнал

АЛМАТЫ  
2009

## 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;

## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

### № 1 (52)

©

Журнал издается с 1995 года.

Регистрационное свидетельство

№ 1538 от 14 марта 1995 г.

---

*Адрес редакции:* 050022, Алматы,  
пр. Абая, д. 32, к. 415, 420  
*Телефон:* (7272) 55-84-06  
*E-mail:* caspian\_almaty@mail.ru  
<http://www.meteo.kz>

---

Подписано в печать

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

Объем 14,1 п.л. Тираж 500 экз. Заказ

Цена договорная.

---

Отпечатано в типографии «ИП Волкова».

Райымбека 212/1, оф. 319. Тел.: (7272) 330-03-12; 330-03-13

## СОДЕРЖАНИЕ

### НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

<b>С.К. Давлетгалиев</b> Оценка нормы годового стока рек Жайык-Жемского района при отсутствии данных наблюдений. ....	7
<b>Р.Г. Абдрахимов, А.Г. Чигринец</b> Проблемы оценки влияния хозяйственной деятельности на сток некоторых рек Западного Казахстана. ....	18
<b>А.В. Линейцева</b> Изменение годового стока реки Каратал во второй половине 20-го и начале 21-го века. ....	23
<b>А.Н. Мусенова</b> Определение ресурсов поверхностных вод малых рек в Нура- Сарысуйском водохозяйственном бассейне Республики Казахстан.	28
<b>Х.Б. Мамедов</b> О некоторых проблемах научного обоснования экологического стока реки Куры и ее основных притоков (в пределах Азербай- джанской Республики). ....	33
<b>Г.Н. Аннаева</b> Особенности использования водных объектов центрального Ко- петдага для целей рекреации. ....	40
<b>А.К. Апушев</b> Применение расчетных доз удобрений под табак – залог экологи- ческой чистоты окружающей среды. ....	47
<b>Б.К. Садыков</b> Выращивание топинамбура ( <i>heliantus tuberosus</i> ) на юге Казахстана.	52
<b>Т.К. Томина</b> Почвы обсохшего дна Аральского моря. ....	60
<b>А.М. Бажиева, М.Ж. Бурлибаев, Э.А. Турсунов</b> Предложения и замечания по методикам оценки загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. ....	76
<b>М.Ж. Аширбеков</b> Токсичные и нетоксичные соли почв на монокультуре хлопчатника и в севообороте. ....	85
<b>М.Ж. Бурлибаев, Э.А. Турсунов, Ж.К. Турениязова</b> Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показа- телям на примере р. Иле. ....	94

<b>Ж.Д. Достай, С.Қ. Әлімқұлов</b> Жеткіліксіз ақпарат негізінде қалыпты ағынды шамасын анықтаудың дәлдігін бағалау. ....	102
<b>С.С. Нуркеев, Р.А. Қазова, Б.С. Турсбеков</b> Физико-географические факторы оценки качества земель на примере города Алматы. ....	108
<b>М.Ж. Бурлибаев, Д.М. Бурлибаева, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек</b> Расчеты надежности водохозяйственных систем при оценке состояния речных экосистем. ....	123
<b>С.С. Нуркеев, Ж.М. Жаппарова, М.Б. Оралбаева</b> Применение циклической схемы нейтрализации в зависимости от среды фильтрационной воды полигона твердых бытовых отходов. ....	145
<b>М.Ж. Бурлибаев, А.У. Ортбаева</b> Есіл өзенінің гидрохимиялық талдауы нәтижелерінен. ....	150
<b>Ғ.Ж.Турсбекова, Р.А. Қазова, С.С. Нуркеев</b> Күйдірінді алу технологиядағы қоршаған ортаға келтірілген залал есебі. ....	155

## **ОБЗОРЫ И КОНСУЛЬТАЦИИ**

<b>Г.А.Бабаханова, Т.Л. Жданова, Т.И. Криворучко, Н.В. Молчанова, В.В. Жданов, Л.М. Соколова, Е.В. Малей, С.Л. Аманкулова</b> Стихийные гидрометеорологические явления на территории Республики Казахстан в 2007 г. ....	162
---	-----

## **КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

<b>С.М. Романова</b> Характеристика гидрохимического режима канала Ертис-Караганда. Сообщение 6. Качество воды. ....	181
<b>Б.Э. Бекмухамедов, Р.Э. Юнусов, В.В. Долгов, А.А. Мухамедгалиев</b> Геоинформационная система космического экологического мониторинга Казахстанской части Каспийского моря. ....	186

## CONTENTS

### SCIENTIFIC ARTICLES

<b>S.K. Davletgaliyev</b> Estimation of an annual runoff normal of the rivers of the Zhajyk-Zhemsy Region under observation absence. ....	7
<b>R.G. Abdrakhimov, A.G. Chigrinets</b> Problems of an estimation of economic activities effect to a runoff of a some rivers of the Western Kazakhstan. ....	18
<b>A.V. Lineitseva</b> Change of the Karatal River annual runoff during latter half of the 20 <sup>th</sup> century and in the beginning of the 21 <sup>st</sup> century. ....	23
<b>A.N. Mussenova</b> Determination of the surface water resources of the small rivers of the Nura-Saysuisky Water-economical Basin of the Republic of Kazakhstan. ....	28
<b>KH.B. Mamedov</b> About some problems of a scientific substantiation of an ecological runoff of the Kura River and its basic inflows (within the limits of the Azerbaijan Republic). ....	33
<b>G.N. Annayeva</b> Features of a water objects use of the central Kopet Dagh for the recreational purposes). ....	40
<b>A.K. Apushev</b> Application of a design dozes of a fertilizers for tobacco - the mortgage of ecological purity of an environment. ....	47
<b>B.K. Sadykov</b> Cultivation of the topinambour ( <i>heliantus tuberosus</i> ) in the south of the Kazakhstan. ....	52
<b>T.K. Tomina</b> Ground of the Aral Sea dry bottom. ....	60
<b>A.M. Bazhiyeva, M.ZH. Burlibayev, E.A.Tursunov</b> Proposals and remarks to estimation techniques of surface waters pollution with hydrochemical parameters. ....	76
<b>M. KZ. Ashirbekov</b> Toxic and nontoxical ground salts on a monoculture of the cotton and in a crop rotation. ....	85

<b>M.ZH. Burlibayev, E.A. Tursunov, ZH.K. Turenijazova</b>	
Estimation of a surface water quality with hydrochemical parameters on an example Ile River. ....	94
<b>Zh.D. Dostai, S.K. Alimkulov</b>	
Accuracy ranking of normal runoff under insufficient observational information. ....	102
<b>S.S. Nurkeev, R.A. Kazova, B.S. Tursbekov</b>	
Physical-geographical factors by estimation of quality earths of Almaty area.	108
<b>M.ZH. Burlibayev, D.M. Burlibayeva, A.A. Volchek, An.A. Volchek</b>	
Calculations of a water-economic systems' reliability at an estimation of a river ecosystem condition. ....	123
<b>S.S. Nurkeev, ZH.M. ZHapparova, M.B. Oralbaeva</b>	
Introduction automated managerial system for solid domestic waste polygon. ....	145
<b>M.ZH. Burlibayev, A.U. Ortbayeva</b>	
Some results of the hydrochemical analysis of Esil river. ....	150
<b>G.Zh. Tursbekova, R.A. Kazova, S.S. Nurkeev</b>	
Calculate of the damage to an environment by technology production of burning phoshorite. ....	155
<b>REVIEWS AND CONSULTATIONS</b>	
<b>G.A. Babahanova, T.L. ZHdanova, T.I. Krivoruchko, N.V. Molchanova, V.V. ZHdanov, L.M. Sokolova, E.V. Maley, S.L. Amankulova</b>	
The spontaneous hydrometeorological phenomena at the territory of the Republic of Kazakhstan in 2007. ....	162
<b>BRIEF REPORTS</b>	
<b>S.M. Romanova</b>	
Characteristic of Ertis – Karaganda Channel hydrochemical regime. Message 6. Water quality. ....	181
<b>B.E. Bektukhamedov, R.E. Yunusov, V.V. Dolgov, A.A. Mukhamedgaliyev</b>	
Geoinformation system of the space ecological monitoring of the Caspian Sea Kazakhstan's part. ....	186

УДК 556.16

**ОЦЕНКА НОРМЫ ГОДОВОГО СТОКА РЕК ЖАЙЫК-ЖЕМСКОГО РАЙОНА ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Доктор геогр. наук С.К. Давлетгалиев

*Исследована зависимость годового стока рек района от площади водосбора. Построена карта изолиний модуля среднемноголетнего стока. Даны рекомендации для расчета нормы годового стока отдельных бассейнов при отсутствии данных наблюдений. Произведена оценка точности расчетов стока.*

Норму годового стока района можно определить по картам изолиний годового стока, приведённых в [7, 8]. Однако материалы 60-ти годов прошлого века устарели, нуждаются в уточнении с учётом данных последних лет. При отсутствии данных наблюдений в расчётном створе гидрометрических наблюдений норма годового стока определяется одним из следующих способов:

1. путём прямой интерполяции с использованием опорных пунктов;
2. по районным зависимостям годового стока от определяющих его факторов;
3. по картам изолиний годового стока;
4. по уравнению водного баланса.

Для оценки нормы стока, исследуемого района рассмотрена возможность расчёта нормы стока по второму и третьему способам. Для этого по всем рекам и пунктам наблюдений величины годового стока были приведены к многолетнему периоду (1940...2004 гг.) и определены модули стока. В качестве основных физико-географических факторов выбрана площадь водосбора и его средняя высота.

Графики связи модуля стока с площадью водосбора фактически отражают зависимость величины питания реки при данной увлажнённости от глубины вреза её русла и глубины залегания (подземных) грунтовых вод, питающих реку. Глубина залегания грунтовых вод подчиняется закону географической зональности: чем меньше увлажнённость, тем глубже уровень подземных вод. В зонах избыточного и достаточного увлажнения в связи с неглубоким залеганием грунтовых вод сток средних и малых рек увеличиваются по мере возрастания площади водосбора. В зонах недостаточного увлажнения, к которым относится рассматриваемый район, в виду глубокого зале-

гания грунтовых вод они не участвуют в питании водотоков. Увеличение площади не вызывает увеличения поступления воды в водоток. На величину стока оказывает влияние наличие бессточных пространств и бессточных озёр, теряющих значительное количество воды на испарение. В этих условиях имеет место обратная связь  $M_0 = f(F)$ , т.е. уменьшение стока с увеличением водосборной площади. Многочисленными исследованиями установлено, что на территории Равнинного Казахстана редукция прослеживается до площади 3000 км<sup>2</sup>, после чего модули стока с увеличением площади водосбора реки практически не изменяются [1, 2, 5].

Зависимость  $M_0 = f(F)$ , построена с учётом данных всех рек и пунктов наблюдений, представлена на рис. 1а. Коэффициент корреляции этой зависимости характеризуется величиной  $r = -0,62$ . Связь  $M_0 = f(F)$  недостаточно тесная, разброс точек значителен. Погрешность расчёта нормы стока может быть большой.

Построение зависимости  $M_0 = f(F < 3000)$  лишь для малых рек с площадью водосбора  $F < 3000$  км<sup>2</sup> выявило уменьшение модуля годового стока с увеличением размеров водосбора (рис. 1б). Теснота зависимости повысилась до  $r = -0,68$ , а качество связи составило  $s/\sigma = 0,75$ . Такие зависимости в прогностических расчётах считаются удовлетворительными, однако ввиду высокой относительной средней погрешности расчёта 89,9 % и максимально возможной ошибкой 600...1000 %, такая зависимость также не может быть рекомендована для оценки нормы годового стока. Связь модуля годового стока с площадью водосбора средних рек ( $F > 3000$  км<sup>2</sup>) района, как и ожидалась, не устанавливается ( $r = -0,33$ ).

Исследована зависимость  $M_0 = f(F)$  в отдельности для рек правобережной и левобережной частей бассейна р. Жайык в пределах РК, а также – рек бассейна р. Елек (рис. 1в) и бассейны рек Ойла, Сагиза и Жем. Качество полученных зависимостей характеризуется соответственно коэффициентами корреляции  $r = -0,64$ ,  $r = -0,68$ ,  $r = -0,62$  и  $r = -0,64$ . На качество зависимости для правобережной части существенное влияние оказывают данные двух рек Барабастау – с. Барбастау и Шаган – с. Новенькое. На рис. 1.е сток этих рек даёт наибольшее отклонение от линии связи. Если исключить эти две точки, то значение коэффициента корреляции увеличилось бы с  $r = -0,64$  до  $r = -0,82$ .

Относительно тесная зависимость ( $r = -0,68$ ) для рек левобережной части получена при исключении стока р. Жаксыбай – с. Аккозинский

(рис. 1д), при его учёте теснота зависимости снижается до  $r = -0,49$ . Следовательно, все эти зависимости не могут быть использованы для оценки нормы стока. Исключение модуля стока средних рек ( $F > 3000 \text{ км}^2$ ) при установлении зависимости  $M_0 = f(F)$  не повысила точность зависимости для правобережной и левобережной частей бассейна р. Жайык. Для рек бассейнов Ойыл, Сагиз и Жем, значение коэффициента корреляции увеличилось до  $r = -0,81$ , но при исключении стока одной реки (Тушибек) – значение коэффициента корреляции уменьшается до  $r = -0,40$ . Поэтому такая зависимость не может быть рекомендована для расчёта модуля стока рек бассейнов.

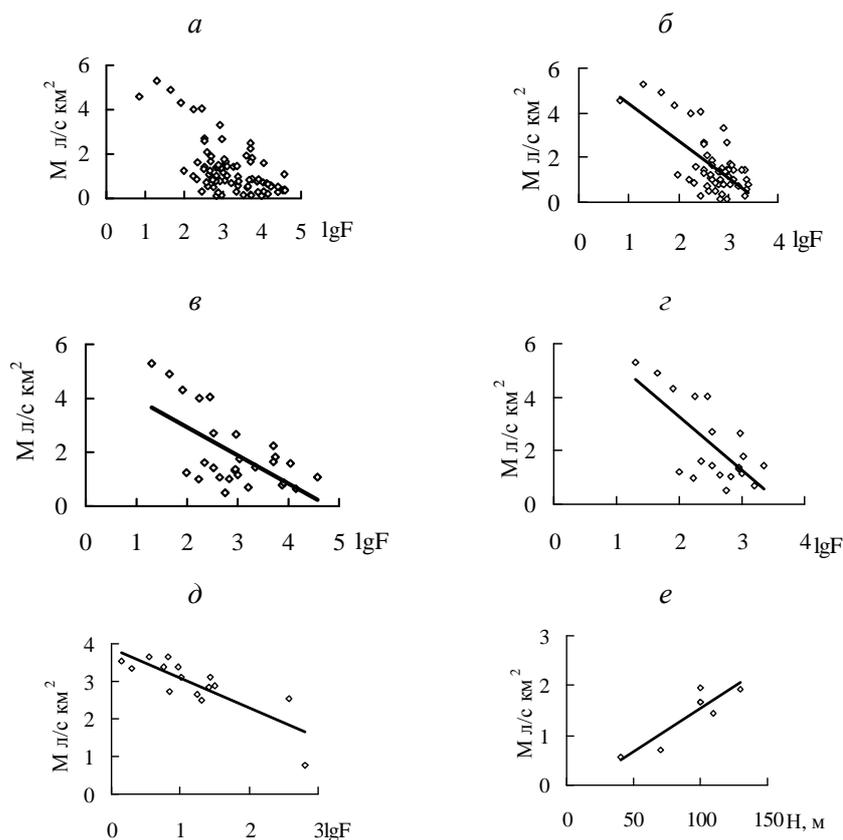


Рис. 1. Зависимости модуля годового стока от площади и средней высоты водосбора. а) общий вид зависимости  $M_0 = f(F)$  для всего района; б) зависимость  $M_0 = f(F)$  для всего района при  $F \leq 3000 \text{ км}^2$ ; в) зависимость  $M_0 = f(F)$  для рек бассейна р. Елек; г) зависимость  $M_0 = f(F)$  для рек бассейна р. Елек при  $F \leq 3000 \text{ км}^2$ ; д) зависимость  $M_0 = f(F)$  всей левобережной части бассейна р. Жайык в пределах РК; е) зависимость  $M_0 = f(F)$  рек правобережной части бассейна р. Жайык в пределах РК.

Для бассейна р. Елек получена более тесная зависимость  $M_0 = f(F \leq 3000)$  (рис. 1г). Значение коэффициента корреляции увеличивается от -0,62 до -0,71. Средняя относительная погрешность расчёта в этом случае составляет 58,9 %, максимальная – 250 %. Наибольшие отклонения между наблюдаемыми и вычисленными значениями модуля стока имеют место для рек Тамды, Песчанка и Таниберген. При их исключении относительная средняя погрешность уменьшается до 34,4 %.

Зависимость нормы годового стока от высоты водосбора выявлена лишь для рек правобережной части бассейна р. Жайык (Урал) ( $r = -0,89$ ) (рис. 1е), средняя относительная погрешность расчёта – 13,2 %, максимальная – 22,0 %.

Для определения нормы среднего годового стока по второму способу составлена карта в л/сек с км<sup>2</sup> (рис. 2). При построении карты использованы материалы 80-ти пунктов наблюдений, с учётом данных за последние 30...40 лет. Материалы кратковременных наблюдений (1...5 лет) приведены к многолетнему периоду в соответствии с методикой, изложенной в [6]. Карта изолиний стока построена по данным о стоке с зональным режимом. Исследованиями ряда авторов [1, 5] было установлено, что для рек равнинного Казахстана в качестве зонального стока может быть принят сток рек с площадью водосбора  $F > 3000$  км<sup>2</sup>.

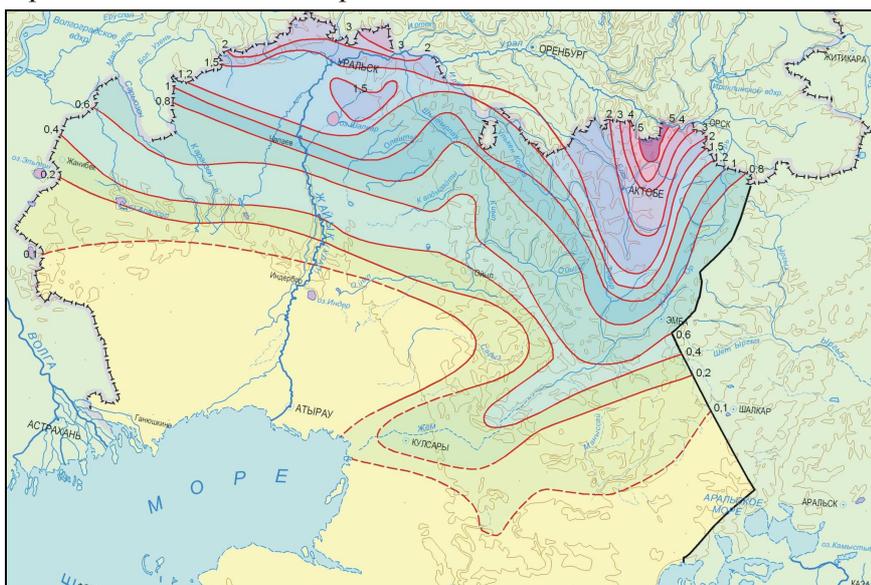


Рис. 2. Карта нормы модуля годового стока рек Жайык-Жемского района.  
 — — — — — изолинии среднемноголетнего стока в л/с·км<sup>2</sup>; - - - - - изолинии слабо обеспеченные данными и гипотетические.

При построении карты для перехода от стока малых рек с модулем стока до значений 1 л/с с 1 км<sup>2</sup> к зональному стоку использована формула, полученная из зависимости, рекомендуемой В.В. Голубцовым [3]

$$\ln M_{F \geq 3000} = 8 \ln M_F / \ln(F + 1),$$

где  $M_F$  – модуль стока малых и временных водотоков с  $F < 3000$  км<sup>2</sup>,  $M_{F \geq 3000}$  – модуль зонального стока.

Все расчёты выполнены по наблюдаемым данным, приведённым к многолетнему периоду (1940...2004 гг.), без восстановления естественного стока, т.е. по бытовому стоку.

При составлении карты изолиний допущены отклонения от стандартной методики построения. Величины модуля стока с учётом плоского рельефа местности отнесены не к центру тяжести водосбора, как это делается обычно, а к пункту наблюдений. Поэтому величину модуля стока рекомендуется определять по карте методом линейной интерполяции. Вследствие того, что Мангышлакская область, как и раньше, недостаточно освещена материалами наблюдений, изолинии стока этой части района не проведены.

Расчёт нормы малых рек с модулем стока, не превышающим 1 л/с км<sup>2</sup>, рекомендуется производить одним из двух равноценных способов. В первом случае сначала по карте определяется величина зонального стока  $M_{F \geq 3000}$ .

Средний сток малого водотока  $M_F$  вычисляется по формуле [3]:

$$M_F = k M_{F \geq 3000}.$$

Переходной коэффициент  $k$  от стока рек с  $F \geq 3000$  км<sup>2</sup> к величине стока малых рек вычисляется по формуле

$$k = (3000 / F + 1)^n,$$

где  $F$  – площадь водосбора, с  $F < 3000$  км<sup>2</sup>.

Зная  $M_{F \geq 3000}$  по формуле, рекомендованной В.В. Голубцовым, вычисляются показатели степени редукции  $n$  [3]

$$n = -0,125 \cdot \ln M_{F \geq 3000}.$$

Во втором варианте расчёта модуль стока малых рек вычисляется по формуле [3]:

$$M_F = (F + 1)^{0,125 \ln M_{F \geq 3000}}.$$

Приведённые выше формулы могут использоваться для определения  $M_F$  в районах с  $M_{F < 3000}$  меньше 1 л/с с 1 км<sup>2</sup>. В бассейне рек, где мо-

дуль годового стока превышает  $1 \text{ л/с с } 1 \text{ км}^2$ , норму стока можно непосредственно определить по карте изолиний без введения поправок.

Распределение нормы стока соответствует в основном изменению климатических факторов и характеризуется общим убыванием её с севера на юг. Наибольшие значения стока наблюдаются в верховьях бассейна р. Елек. Так, например, норма годового стока р. Карабутак – с. Карабутак и р. Косистек – с. Кок-Истек достигают до  $4 \text{ л/с с } 1 \text{ км}^2$ , на малых реках этого бассейна Актасты и Терсбутак модуль стока увеличивается до  $5,01 \text{ л/с с } 1 \text{ км}^2$ . Наиболее низкий сток порядка  $0,10 \dots 0,15 \text{ л/с км}^2$  наблюдается в Прикаспийской низменности, на полуострове Мангышлак.

Оценка точности расчёта нормы годового стока произведена путём сопоставления величин стока, полученных по карте с фактическими данными наблюдений (табл.). Среднее расхождение между этими величинами составляет 31,8 %, максимальное – 353 %. Наибольшее расхождение наблюдается для 5-ти пунктов наблюдений: р. Печанка – п. Подгорный – 150 %, р. Тамды – г. Актобе – 100 %, р. Таниберген – с. Жана Елек – 233 %, р. Булдурты – свх. Булдуртинский – 128 %, р. Булдурты – свх. Абая – 353 %. Одна из возможных причин такой большой относительной погрешности расчёта нормы стока – приближённость оценки нормы по этим рекам по данным кратковременных наблюдений в течение 1...2 лет и восстановление годового стока по стоку весеннего периода, а также искажённость его заборами воды на хозяйственную деятельность. При исключении данных указанных рек среднее значение погрешности уменьшается до 16,9 %, а максимальное до – 41,9 %. Полученное значение погрешности больше, чем погрешности расчёта нормы стока, по карте изолиний стока 60-ти годов [7, 8]. Тем не менее, она соответствует погрешности расчёта нормы стока при отсутствии данных наблюдений, указанной в [10].

Среднеквадратическая погрешность расчёта нормы стока по карте изолиний по всем рекам и пунктам наблюдений составляет  $0,50 \text{ л/с км}^2$ , при исключении данных 5-ти пунктов, указанных выше –  $0,41 \text{ л/с км}^2$ .

Наибольшая погрешность расчёта получается для рек бассейна р. Елек –  $0,85 \text{ л/с км}^2$ . Поэтому рассмотрена возможность одновременного расчёта нормы годового стока с учётом двух независимых методов; т.е. использованием зависимости стока от физико-географических факторов и карты изолиний стока. При этом расчётное значение стока представляется как средневзвешенное по сумме значений, полученных по разным методикам [4, 9].

$$\bar{M}_{0j} = \sum_{j=1}^m a_j M_{0j}$$

где  $a_j$  – весовой коэффициент величины  $M_{0j}$ , определённой по  $j$ -ой методике;  $m$  – количество методик.

Весовые коэффициенты  $a_j$  принимаются обратно пропорциональными дисперсии погрешностей методик

$$a_j = \frac{1}{\sigma_j^2} / \sum_{j=1}^m \frac{1}{\sigma_j^2},$$

где  $\sigma_j^2$  – дисперсии погрешности методик.

Таблица

Сопоставление величин нормы стока определённые по карте и вычисленных по многолетним данным (1940...2000 гг.)

Река – пункт	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Число лет наблюдений	Норма стока в л/с км <sup>2</sup>		Отклонение в %
			по карте	за многолетний период	
Ащиозек – с. Ащиозек	2400	17	0,41	0,56	-26,8
Караозен – с. Русская Таловка	10700	24	0,72	0,71	+1,4
Караозен – с. Жалпактал (Фурманова)	13200	8	0,53	0,68	-28,3
Сарыозен – свх. Бостандык	11000	16	0,42	0,30	+40
Деркул – с. Каменка	392	30	1,93	1,96	-1,5
Деркул – п. Плошкино	1160	16	1,45	1,66	-12,6
Чижа 1-я – с. Чижа 1-я	456	45	1,70	1,67	1,8
Чижа 2-я – с. Чижа 2-я	509	38	2,36	1,89	+24,8
Шаган – п. Новенький	4970	6	2,48	2,49	-0,4
Елек – ж. д. рзд. № 47	1090	29	1,70	1,76	-3,4
Елек – г. Актобе	11000	57	1,90	1,59	+19,4
Кобда – с. Новоалексеевка	8090	39	0,95	0,86	+9,5
Сарыкобда – п. Бессарабский	675	31	1,05	1,01	+4,0
Каракобда – с. Альпайсай	2240	38	1,16	1,45	-20,0
Каргала (Жақсы Каргала) – г. Актобе (Питомник)	5000	45	2,67	2,24	+16,1
Караганда – п. Кандагач	222	26	1,5	1,62	-7,4
Тамды – г. Актобе (Гормолзавод)	169	2	2,0	1,0	+100
Песчанка – п. Подгорный	97	1	3,0	1,24	+142
Карабутак – с. Карабутак	117	114	4,5	4,01	+12,2
Коксистек – с. Кок-Истек	281	45	4,0	4,06	-1,2
Караоба – с. Аигаты	330	23	1,50	2,58	-41,9
Актасты – п. Белогорский	45	48	4,0	4,89	-18,2

Река – пункт	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Число лет наблюдений	Норма стока в л/с км <sup>2</sup>		Отклонение в %
			по карте	за многолетний период	
Терсбутақ – п. Белогорский	19,8	35	4,0	5,30	-24,5
Терсбутақ – с. Терсбутақ	81,2	1	3,0	4,31	-30,4
Терсаккан – п. Астарханский	446	38	1,15	1,07	+7,4
Шынгырлау (Утва) – п. Белогорский	2410	29	0,99	0,98	+1,0
Шынгырлау – п. Григорьевска	4460	39	1,23	0,83	+48,0
Калдыгайты – с. Жигерлен	2510	32	0,66	0,77	-14,3
Шидерты – свх. Жамбейты	750	24	0,96	1,49	-36,0
Куперанакты – свх. Алгабас	373	34	1,5	1,41	+6,0
Оленты – с. Жамбейты	1290	28	0,85	1,01	-18,8
Булдурты – п. Караагач	457	21	0,99	1,24	-20,2
Ор – с. Енбекши	1620	22	0,74	0,69	+7,2
Ор – с. Бугетсай	7480	41	0,80	0,78	+2,5
Ойыл – аул. Алты-Карасу	7030	44	0,62	0,77	-19,5
Ойыл – г. Ойыл	17100	19	0,50	0,53	-5,7
Ойыл – Тайсоганская РТС	25800	7	0,25	0,28	-10,7
Киыл – с. Новонадеждинский	720	34	0,75	1,40	-46,4
Ащыойыл – ур. Маймак	4900	30	0,23	0,25	-8,0
Сагыз – свх. Алтай	4960	17	0,19	0,15	+27
Сагыз – аул. Сарытогай	5250	11	0,15	0,13	+15,4
Сагыз – ст. Сагыз	9930	37	0,11	0,11	0,0
Жем – с. Жаркамыс	26000	33	0,55	0,52	+5,7
Жем – с. Жанибек	34700	28	0,28	0,36	-22,2
Жем – аул Аралтобе	34100	13	0,30	0,39	-23,1
Кызыладсай – с. Шийлиаша	373	34	0,79	0,72	+ 6,3
Шыгыркүмды – аул № 10 (с. Энбекши)	1110	30	0,96	0,80	+16,6
Шийли – аул Акший	318	33	0,86	1,32	-34,8
Темир – с. Покровский	1160	16	1,45	1,42	+2,1
Темир – с. Ленинский	5410	47	0,90	0,87	+3,4
Жаман – Каргала – свх. Жамбыл	925	1	3,80	2,67	+42,4
Женишке – г. Актобе	332	2	1,9	2,71	-29,9
Таниберген – Жана – Елек	709	2	1,70	0,51	+238
Иткараган – свх. Джеренькопинский	882	1	1,15	1,33	-13,5
Каркобда – с. Каракобда	896	4	1,50	1,37	+9,5
Шолаканакты – с. Алгабас	537	25	1,50	0,84	+78,6
Калдыгайы – с. Каратобе	4440	3	0,61	0,54	+13,0
Булдурты – свх. Бултуртинский	2200	11*	0,66	0,29	+128
Булдурты – свх. Абая	3280	31	0,68	0,15	+353

Примечание: \* – Сток этих лет восстановлен по стоку вегетационного периода.

Объединение методик считается эффективным, если погрешность расчёта по совокупности методик будет меньше погрешности полученной методики.

Рассмотрим возможность использования этой методики для расчёта нормы стока рек бассейна р. Елек. Средняя относительная погрешность расчёта стока по зависимости  $M_0 = f(F < 3000)$  и по карте изолиний в районе соответственно равна 58,9 % и 39,5 %, а при исключении данных стока рек Песчанки и Таниберген – 44,7 % и 21,8 %. Среднеквадратическая погрешность расчёта по первой методике – 1,09 л/с·км<sup>2</sup> по второй – 0,85 л/с·км<sup>2</sup>. Наилучшей является вторая методика. В результате объединения двух методик, указанная выше относительная погрешность составит 44,0 % и 26 %, средняя квадратическая ошибка 0,83 л/с·км<sup>2</sup>. Как видно из этих данных, расчёт стока по совокупности двух методик приводит к некоторому увеличению относительной погрешности и некоторому уменьшению средней квадратической погрешности. Различие в ошибках, вероятно, лежит в пределах точности расчёта. Следовательно, использование объединённой методики расчёта стока недостаточно эффективно.

Рассмотрим реки левобережной части бассейна р. Жайык в пределах РК. Среднеквадратическая погрешность расчёта нормы по зависимости  $M_0 = f(F < 3000)$  в данном районе – 0,45 л/с·км<sup>2</sup> (включая сток р. Булдурты), по карте изолиний – 0,46 л/с·км<sup>2</sup>. Поскольку погрешность расчёта по двум способам почти одинакова, расчётное значение нормы стока можно принять как среднеарифметическое. В этом случае погрешность расчёта составляет – 0,46 л/с·км<sup>2</sup>. Средняя относительная погрешность расчёта по зависимости  $M_0 = f(F < 3000)$  и по карте изолиний соответственно равна 53,8 % и 53,1 %, при исключении данных р. Булдурты, погрешности уменьшаются до 28,1 % и 24,2 % соответственно.

Таким образом, норму годового стока рек бассейнов Елек, Ойыл, Сагиз и Жем рекомендуется определять по карте изолинии модуля годового стока. Норму стока рек правобережной части бассейна р. Жайык в пределах РК – по зависимости модуля стока от средней высоты водосбора  $M_0 = f(H)$ . Расчёт можно производить по уравнению регрессии  $M_0 = 0,017H - 0,176$ . Оценку нормы стока рек левобережной части бассейна р. Жайык – по объединённой методике, т.е. по среднеарифметическому значению стока, определённого по карте изолиний и зависимости  $M_0 = f(F)$  (рис. д) или по уравнению регрессии  $M_0 = -1,0 \cdot \lg F + 4,12$ .

Чтобы учесть изменение величины стока за последние годы (1974...2004 гг.), норму стока, определённую по карте или по эмпирическим зависимостям, необходимо уменьшить: на 11 % для рек бассейнов Ойыл, Сагиз и Жем, на 14 % для рек бассейна Елек, на 15 % и 7 % соответственно для рек правобережной и левобережной частей бассейна Жайык в пределах РК.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскресенский К.П. Норма и изменчивость годового стока Советского Союза. – Л.: Гидрометеиздат, 1962 – 546 с.
2. Голубцов В.В. К вопросу методики расчёта нормы годового стока малых водотоков засушливой зоны // Труды КазНИГМИ – 1963 – вып. 18. – С. 29-34.
3. Голубцов В.В. Определение нормы годового стока малых рек и временных водотоков засушливой зоны Казахстана // Гидрометеорология и экология – 2007, № 1 – С. 65-73.
4. Давлетгалиев С.К. Совокупная оценка нормы месячного стока рек Северной и Западной Джунгарии // Вестник КазГУ. Сер. географическая – 1996 - №3 С. 99-109.
5. Лаврентьев П.Ф., Голубцов В.В. Методика расчёта нормы годового стока рек и временных водотоков Центрального Казахстана // Труды КазНИГМИ – 1967 – вып. 26. – С. 128-144.
6. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик СП-33-101-2003. – М.: Госстрой России. – 71 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР, Нижнее Поволжье и Западный Казахстан т.12 – Вып.Ш. Актюбинская область – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 515 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Нижнее Поволжье и Западный Казахстан. т.12 – Вып.П. Урало-Эмбинский район – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 512 с.
9. Рождественский А.В., Ежов А.В., Бусалаева Л.И. Гидрологические расчёты с одновременным использованием фактических наблюдений и региональных зависимостей // Метеорология и гидрология 1992 № 1 С. 70-79.
10. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчётов – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 276 с.

Қазақстан Республикасының Ұлттық Ақпарат Агенттігі  
Қазақстан Республикасының Ұлттық Ақпарат Агенттігі

**ЖАЙЫҚ-ЖЕМ АЙМАҚ ӨЗЕНДЕРІНІҢ БАҚЫЛАУ МӘЛІМЕТТЕРІ  
ЖОҚ БОЛҒАН ЖАҒДАЙДА ЖЫЛДЫҚ ҚАЛЫПТЫ  
АҒЫНДЫНЫ БАҒАЛАУ**

Геогр. ғылымд. докторы С.Қ. Дәулетқалиев

*Аймақтың өзендер ағындысының сужинау алабынан тәуелділігі зерттелген. Ағындының орташа көпжылдық модуль изосызықтарының картасы жасалған. Бақылау мәліметтері жоқ болған жағдайда кейбір алабтардағы қалыпты ағындыны есептеу ұсыныстары берілген. Ағындыны есептеудің дәлдігін бағалауы жүргізілген.*

УДК 556.004.65

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СТОК НЕКОТОРЫХ РЕК  
ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА**

Канд. техн. наук Р.Г. Абдрахимов  
Канд. геогр. наук А.Г. Чигринец

*Приводится анализ использования поверхностного стока рек региона, исследуются вопросы оценки влияния хозяйственной деятельности на характеристики стока на примере рек жайык и елек.*

Использование стока рек Западного Казахстана связано в основном с потребностями сельского хозяйства – поливным земледелием и животноводством. В 50-е и 60-е годы в бассейнах рек Жайык (Урал), Ойыл (Уил), Сагыз (Сагиз), Жем (Эмба) и других рек создана сеть каналов, обеспечивающих водоснабжение животноводческих и других сельскохозяйственных предприятий и орошение полей.

По данным гидрологической справочной литературы до 80-х годов здесь насчитывалось порядка 150 каналов. Приводимые в кадастровых материалах схемы расположения водозаборов и сбросов и некоторые количественные характеристики о заборах воды в бассейнах рек Сарыозен (Малый Узень) и Караозен (Большой Узень), Жайык и его притоках – Елек (Илек), Карагалы, Шаган (Чаган), рук. Кушум, а также рек Оленты, Булдырты, Калдайгайты, Жаксыбай, Ойыла, Сагыз и Жем позволяют оценить водохозяйственную деятельность на данной территории только до 80-х годов. При этом имеющиеся сведения о заборах воды и других характеристиках стока весьма скудны и противоречивы.

Так, отмечается, что только на 800-километровом участке, от г. Уральска до устья р. Жайык, насчитываются 50 водозаборных каналов, включая оросительные каналы из рукава Кушум. В справочнике «Основные гидрологические характеристики» за 1971...75 годы приведены количественные сведения о заборах воды по десяти оросительным каналам, расположенным на 300-километровом участке реки от устья. Средний годовой водозабор из р. Жайык за этот период составил в среднем от 1,0 м<sup>3</sup>/с (канал Зауральской ООС) до 8,60 м<sup>3</sup>/с (канал Баксайской ООС). Средний годовой сток остальных восьми каналов за тот же период находился в пре-

делах от 1,90 до 5,50 м<sup>3</sup>/с. Отсюда можно заключить, что суммарный водозабор на данном участке только по этим каналам составил 35,7 м<sup>3</sup>/с. Однако по данным того же справочника за 1966..70 годы суммарный водозабор по девяти каналам ООС на участке реки от с. Калмыково до устья (325 км) составляет в среднем всего 6,46 м<sup>3</sup>/с.

В бассейне р. Жайык сооружены водохранилища. Так, Жайык-Кушумская оросительная система включает, наряду с сетью оросительных каналов, и три водохранилища на протоке р. Жайык рукаве Кушум, имеющем длину 374 км. Это: Кировское водохранилище – площадью зеркала 39,1 км<sup>2</sup> и объемом воды 62 млн. м<sup>3</sup>; Битикское водохранилище – площадью 53 км<sup>2</sup> и объемом воды 106,7 млн. м<sup>3</sup>; Дунгулюкское (Донгелекское) водохранилище – площадью 31,4 км<sup>2</sup> и объемом воды 57,4 млн. м<sup>3</sup>. Актюбинское водохранилище на реке Елек в 8 км выше города, предназначенное для водоснабжения г. Актобе и орошения земель, площадью зеркала 35,7 км<sup>2</sup> и объемом воды 245 млн. м<sup>3</sup>, введено в эксплуатацию с 1980 г. Карагалинское водохранилище многолетнего регулирования на реке Карагала, площадью 28,5 км<sup>2</sup> и объемом воды 280 млн. м<sup>3</sup>, предназначенное для орошения земель, эксплуатируется с 1975 г.

Несмотря на отмеченную хозяйственную деятельность в пределах Казахстана, заметные изменения стока главной реки региона – Жайыка, наблюдаются в связи с её использованием на территории России и в первую очередь после ввода в эксплуатацию Ириклинского водохранилища.

Сток реки Урал до г. Оренбурга используется для обеспечения промышленно-коммунального водопотребления и орошения сельскохозяйственных угодий. Определяющая роль в изменениях естественных характеристик стока реки принадлежит водохранилищам, построенным с целью гарантированного водообеспечения промышленности и населения городов. На р. Урал построены такие крупные водохранилища многолетнего регулирования, как Верхнеуральское, Ириклинское, а также несколько водохранилищ сезонного регулирования, среди которых наиболее крупным является Магнитогорское. В результате на хозяйственно освоенной территории России естественный режим речного стока р. Урал искажен изъятиями, потерями вод на дополнительное испарение с поверхности водохранилищ и регулированием его режима.

Наиболее крупным пресным водоемом в настоящее время является Ириклинское водохранилище с площадью зеркала 260 км<sup>2</sup>, образованное в результате строительства плотины у с. Ириклинского на р. Урале выше

г. Орска в 1955 г. Водохранилище предназначено для водообеспечения орошаемого земледелия и для увеличения меженных расходов воды в экологических целях.

Вторым по величине является Верхнеуральское водохранилище у г. Магнитогорска с площадью зеркала более 75 км<sup>2</sup>. Верхнеуральское водохранилище работает с 1964 года и осуществляет многолетнее регулирование стока реки. Водохранилище предназначено для водоснабжения Магнитогорского металлургического комбината и Магнитогорского промрайона.

Третьим по величине является Магнитогорское водохранилище. Водохранилище введено в эксплуатацию в 1939 г., имеет площадь водного зеркала 33,4 км<sup>2</sup>, осуществляет сезонное регулирование стока и используется для водоснабжения г. Магнитогорска.

Статистический анализ и оценка изменений некоторых стоковых характеристик р. Жайык на территории Казахстана, выполненных по материалам в пунктах с. Кушум и пос. Махамбет, которые имеют наиболее длительные и непрерывные ряды наблюдений (у с. Кушум с 1921 г., у пос. Махамбет с 1936 г.), после их незначительной реконструкции не представляют особых затруднений и позволяют сделать следующие выводы.

Значимых изменений в характеристиках годового стока реки из-за хозяйственной деятельности не наблюдается. Норма годового стока р. Жайык у пункта с. Кушум за период с 1921 до 2006 гг., включающий три полных цикла водности составила 311 м<sup>3</sup>/с, а у пос. Махамбет за тот же период она равна 277 м<sup>3</sup>/с. Однако, в связи с уменьшением изменчивости величин среднегодовых расходов воды, обусловленным эксплуатацией указанных водохранилищ, норму годового стока корректней считать за последние десятилетия. Значение среднего многолетнего расхода воды р. Жайык за период с 1970 г. по 2006 г. равно 310,0 м<sup>3</sup>/с у с. Кушум, и у с. Махамбет – 266 м<sup>3</sup>/с.

Влияние хозяйственной деятельности на режим реки в периоды минимального стока проявляется более отчетливо по сравнению с годовыми характеристиками стока. Анализ интегральных кривых минимального среднего месячного зимнего стока в рассматриваемых пунктах показывает ярко выраженное воздействие Ириклинского водохранилища на режим минимального стока низовьев р. Жайык. На кривых отчетливо прослеживается с 1955 г. (начало эксплуатации Ириклинского водохранилища) резкое отклонение точек от предшествовавшей их совокупности. Параметры минимального стока, рассчитанные с 1955 по 2006 гг., у с. Кушум

и пос. Махамбет соответственно составили  $Q_{зим.мин(Кушум)} = 82,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Cv = 0,46$  и  $Q_{зим.мин(Махамбет)} = 74,6 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Cv = 0,45$ . В естественном состоянии (до 1955 г.) параметры минимального зимнего среднего месячного стока имели следующие значения:  $Q_{зим.мин(Кушум)} = 41,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Cv = 0,57$  и  $Q_{зим.мин(Махамбет)} = 46,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Cv = 0,49$ .

Летние минимальные средние месячные расходы воды на р. Жайык вдвое больше, чем зимние. Норма минимального летнего стока за время значимых антропогенных изменений водного режима реки у с. Кушум с 1955 года увеличилась с  $107 \text{ м}^3/\text{с}$  за естественный период до  $126 \text{ м}^3/\text{с}$ , а у пос. Махамбет с  $119 \text{ м}^3/\text{с}$  за естественный период до  $124 \text{ м}^3/\text{с}$ . Как видно, увеличение минимального стока реки и уменьшение его изменчивости закономерно связано с регулирующей деятельностью Ириклинского водохранилища.

Средний годовой максимальный расход в пункте р. Жайык – с. Кушум за период с 1921 по 1954 гг. составлял около  $3500 \text{ м}^3/\text{с}$ , а с начала эксплуатации водохранилища его величина понизилась до  $2200 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Сложнее решать задачу количественных изменений характеристик стока за счет хозяйственной деятельности на водотоках, где ряды наблюдений имеют меньший период и к тому же носят прерывистый характер. Точность результатов в этом случае зависит от выбора аналога и способа восстановления пропущенных величин характеристик стока в расчетных пунктах реки. Статистические расчеты гидрологических рядов, составленных из наблюдаемых значений и восстановленных с помощью зависимостей по пунктам-аналогам, содержат дополнительные ошибки при оценке количественных изменений в характеристиках стока рек и в том числе за счет хозяйственной деятельности. Например, наблюдения за стоком реки Елек (наиболее крупного притока Жайыка) и её притоками проводятся примерно с 40-х годов прошлого столетия и имеют перерывы, которые для отдельных пунктов составляют до 5 лет.

Анализ величин средних годовых расходов воды в устьевом участке р. Елек в пункте с. Чилик за 57-летний период (с 1949 по 2006 гг.) показывает, что режим годового стока реки изменился со времени ввода в эксплуатацию Карагалинского (1975 г.) и Актюбинского (1988 г.) водохранилищ. Уменьшение величины годового стока в низовьях реки графически отражается в виде изменения наклона интегральной кривой стока. За весь рассматриваемый 30 летний период эксплуатации водохранилищ средний годовой расход воды в среднем снизился на  $9,23 \text{ м}^3/\text{с}$  или на 22 %.

В тоже время минимальный зимний средний месячный сток, рассчитанный с 1975 по 2006 гг. в створе р. Елек – с. Чилик, увеличился более чем в 3 раза и составил  $Q_{зим.мин(Чилик)} = 7,31 \text{ м}^3/\text{с}$ . В естественном состоянии (до 1975 г.) его значения составляли:  $Q_{зим.мин(Чилик)} = 2,09 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Летние минимальные средние месячные расходы воды на р. Елек, как и на р. Жайык, вдвое больше, чем зимние. Норма минимального летнего среднего месячного стока реки у с. Чилик с 1975 года увеличилась до  $16 \text{ м}^3/\text{с}$  с  $8,0 \text{ м}^3/\text{с}$  за период с естественным водным режимом. Как видно, увеличение минимального стока реки закономерно связано с регулирующей деятельностью Карагалинского и Актюбинского водохранилищ.

В заключении хотелось бы отметить следующее.

Более качественная и детальная оценка влияния различных видов хозяйственной деятельности на режим водных объектов возможна, как известно, при использовании балансовых методов. Для этого, на наш взгляд, необходимо возобновить на более качественном уровне мониторинг всех водозаборов и сбросов воды речной системы Казахстана.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы

## **БАТЫС ҚАЗАҚСТАНҢҢ КЕЙБІР ӨЗЕНДЕРІНІҢ АҒЫНДЫСЫНА ШАРУАШЫЛЫҚ ІС-ӘРЕКЕТТІҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУЫНА ТАЛДАУ**

Техн. ғылымд. канд. Р.Г. Абдрахимов  
Геогр. ғылымд. канд. А.Г. Чигринец

*Батыс қазақстанның кейбір өзендерінің ағындысына шаруашылық іс-әрекеттің әсерін жайық және елек өзендері мысалында бағалау мәселелері және аймақтағы өзендердің беттік ағындысының пайдаланылуына талдау жасалды.*

УДК 556.164.048

**ИЗМЕНЕНИЕ ГОДОВОГО СТОКА РЕКИ КАРАТАЛ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ 20-ГО И НАЧАЛЕ 21-ГО ВЕКА**

А.В. Линейцева

*Рассмотрен среднегодовой сток р. Каратал за период с 1932 г. по 2008 г., а также его изменение от выхода реки из гор до ее впадения в озеро Балкаш. Показано, что годовой сток р. Каратал, начиная со второй половины 80-х годов 20-го века, значительно повысился за счет деградации горного оледенения и увеличения увлажнения рассматриваемого бассейна.*

Бассейн р. Каратал расположен на северо-западных склонах Центрального хребта Жетысуского Алатау. Рельеф рассматриваемого региона характеризуется наличием водораздельных хребтов, межгорных впадин и высокогорных плато, а бассейн его основного притока – р. Коксу – в верхнем течении представлен узкими межгорными долинами и холмисто-сопочным рельефом [6].

Бассейн исследуемой реки является самым большим на территории хребта Жетысуского Алатау. Река Каратал берет начало на его северо-западных склонах и образуется от слияния рек Коры, Шьжын и Текели. Далее она выходит на широкую межгорную котловину, где русло ее делится на несколько рукавов. Близ устья р. Сарыбулак рукава вновь соединяются в одно русло. Здесь р. Каратал сливается со своим самым крупным притоком р. Коксу (длина реки 205 км, площадь водосбора 4670 км<sup>2</sup>). Далее река течет по песчаной пустыне Южного Прибалкашья и образует дельту за 40 км до впадения в озеро Балкаш. Длина р. Каратал составляет 390 км, площадь водосбора – 19100 км<sup>2</sup> [5].

Почвенно-растительный покров слабо развит в гляциально-нивальном поясе, на остальной же территории Жетысуского Алатау занимает от 50 до 75 % суммарной площади. Он характеризуется четко выраженной высотной экспозиционной поясностью и представлен широкой гаммой типов и разновидностей. Площадь оледенения бассейна р. Каратал, по данным аэрофотометрической съемки 1956 г., составляет 253,7 км<sup>2</sup> [4]. За период с 1956 г. по 2005 г. площадь оледенения в бассейне сократилась приметно на 36 % [1].

Река Каратал является самой крупной водной артерией, впадающей в Восточный Балкаш и поэтому расчет водных ресурсов, стока и его изменение по длине реки имеют большое значение для всего озера в целом. Сведения о гидрологической изученности рек бассейна р. Каратал приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные сведения о гидрологической изученности рек бассейна Каратала

Река – пост	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Период действия	
			открыт	закрит
р. Коры – с. Текели	0,5	68	01.01.40	действует
р. Шыжын – с. Текели	2,6	23	01.05.59; (25.05.66)	действует
р. Текели – с. Текели	0,4	23	22.05.59; (04.05.64)	действует
р. Каратал – ст. Уштобе	272	110	08.09.13; (25.01.26)	действует
р. Каратал – с. Наймансуек	143	249	07.11.39; (01.01.74)	действует
р. Коксу – с. Коксу	102	103	01.10.55	действует

В связи с наличием пропусков наблюдений за стоком возникла необходимость в восстановлении его значений за отдельные периоды. Сток был восстановлен, используя зависимости с коэффициентами корреляции равными 0,95..1,00. Среднегодулетние характеристики стока ( $Q$  – средний многолетний расход воды,  $C_v$  – коэффициент вариации,  $C_s$  – коэффициент асимметрии), а также расходы воды различной обеспеченности приведены в табл. 2.

Таблица 2

Среднегодулетние характеристики стока р. Каратал с 1932 г. по 2008 г.

Река – пост	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$W$ , млн. м <sup>3</sup>	$C_v$	$C_s$	Расходы воды различной обеспеченности, м <sup>3</sup> /с						
					5 %	10 %	20 %	50 %	75 %	90 %	95 %
р. Каратал – с. Каратальское	27,5	868	0,28	0,84	41,7	37,8	33,5	26,4	21,9	18,6	17,1
р. Каратал – ст. Уштобе	68,3	2160	0,34	0,78	111	99,4	86,4	65,4	51,4	41,0	36,1
р. Каратал – с. Раздольное	63,4	2000	0,33	0,76	104	93,3	81,4	62,1	49,3	39,6	34,9
р. Каратал – с. Наймансуек	72,0	2270	0,32	0,86	117	105	91,7	70,1	56,3	46,2	41,7
р. Коксу – с. Кукреу	62,0	1960	0,26	0,78	91,6	83,6	74,6	60,0	50,3	43,1	39,6

Для определения указанных параметров использовались ряды наблюдений с 1932 г. по 2008 г. Коэффициент асимметрии определялся пу-

тем подбора, исходя из условия наилучшего соответствия эмпирической и теоретической кривой обеспеченности.

При анализе изменения годового стока использовались разностные интегральные кривые. На этих кривых фаза подъёма означает многоводный период, фаза спада – маловодный, а точка перегиба – граница этих периодов. На рис. приведены разностные интегральные кривые стока р. Каратал по выходе из гор и при впадении в озеро Балкаш.

По отношению к величине среднего годового стока за 1932...2008 гг. на разностной интегральной кривой р. Каратал по выходе из гор выделяется 3 характерных периода: очень низкой водности – 1932...1955 гг., пониженной водности – 1956..1986 гг. и значительно повышенной водности – 1987...2008 гг.

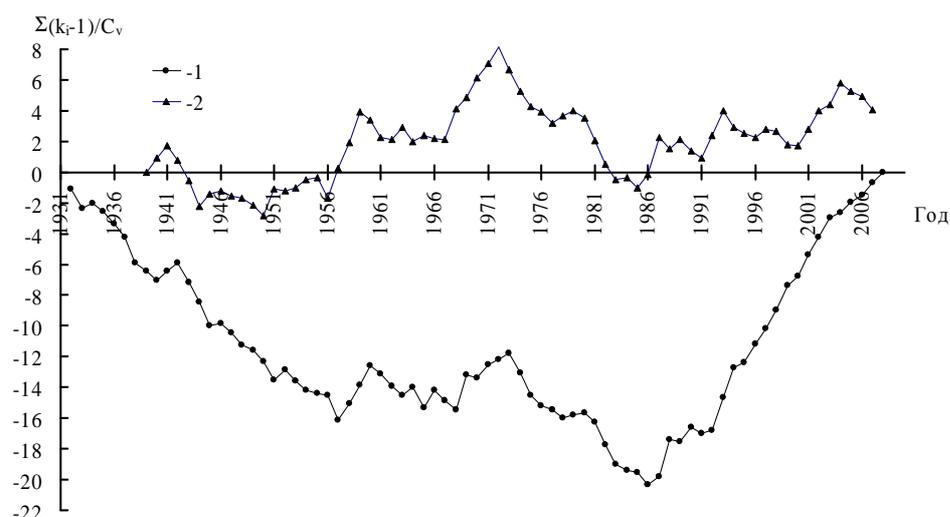


Рис. Разностная интегральная кривая стока воды р. Каратал.  
1 – р. Каратал по выходе из гор, 2 – р. Каратал при впадении в озеро Балкаш.

Некоторое увеличение водности р. Каратал в 1956...1986 гг. по-видимому, связано с началом периода повышенной деградации горного оледенения, а в период с 1987 г. по 2008 г. с продолжением деградации и увеличением увлажнения рассматриваемого бассейна. Данные наблюдений на метеостанции Текели показывают, что с 1987 г. произошло возрастание количества осадков, по сравнению с предыдущим периодом (1937...1986 гг.), на 15...17 % [1].

Интегральные кривые показывали, что, начиная со второй половины 80-х годов 20-го века, происходило повышение стока р. Каратал по выходе из гор. Средний годовой сток за 1986...2008 гг. по сравнению с пре-

дыдущим периодом (1932...1985 гг.) повысился с 83,6 до 109, т.е. на 25 м<sup>3</sup>/с или на 30 %. Одновременно с этим происходило увеличение потерь стока на участке от выхода из гор до впадения в озеро Балкаш. В результате этого, сток при впадении в озеро Балкаш за 1986...2008 гг. изменился незначительно с 71,8 до 76,5 м<sup>3</sup>/с, т.е. на 4,7 м<sup>3</sup>/с или на 6 %. За 1986...2008 гг. потери стока возросли на 25,0 м<sup>3</sup>/с или на 30 %. Потери, по-видимому, увеличивались из-за фильтрации в берега и выхода воды за пределы русла.

В табл. 3 приведены значения ресурсов поверхностных вод р. Каратал по выходе из гор и при впадении в озеро Балкаш за период с 1932 г. по 2008 г.

Таблица 3

Ресурсы поверхностных вод р. Каратал

Q, м <sup>3</sup> /с	W, млн. м <sup>3</sup>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	Расходы воды различной обеспеченности, м <sup>3</sup> /с						
				5 %	10 %	20 %	50 %	75 %	90 %	95 %
по выходе из гор										
89,8	2830	0,25	0,75	131	120	107	87,1	73,6	63,3	58,4
при впадении в озеро Балкаш										
72,0	2270	0,32	0,86	117	105	91,7	70,1	56,3	46,2	41,7

Разница между средним многолетним стоком р. Каратал по выходе из гор и при впадении в озеро Балкаш составляет 560 млн. м<sup>3</sup>. Это количество воды теряется на испарение, фильтрацию и хозяйственное использование. Увеличение водных ресурсов р. Каратал не привело к существенному повышению поступления воды в восточную часть озера Балкаш. Данные таблицы 3 показывают, что за период с 1932 г. водные ресурсы по выходе из гор составили 89,8 м<sup>3</sup>/с, а при впадении в озеро Балкаш – 72,0 м<sup>3</sup>/с. Потери на участке от выхода из гор до впадения в озеро Балкаш равны 17,8 м<sup>3</sup>/с. При этом наблюдается некоторое повышение стока, начиная со второй половины 80-х годов 20-го века за, счет деградации горного оледенения и увеличения увлажнения рассматриваемого бассейна.

В дальнейшем, по мере сокращения запасов воды в ледниковых системах и увеличении потерь при формировании стока на освобождающейся от ледников поверхности речного бассейна, поступление воды в р. Каратал и озеро Балкаш будет сокращаться [2, 3], что окажет негативное влияние на существование Балкашской экологической системы.

Автор выражает огромную благодарность В.В. Голубцову за помощь при написании статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилесов Е.Н., Горбунов А.П., Морозова В.Н., Северский И.В. Дегра-  
дация оледенения и криогенез на современных моренах северного  
Тянь-Шаня // Криосфера Земли. – 2006.– Т. X. – № 1. – С. 69-73.
2. Вилесов Е.Н., Уваров В.Н. Эволюция современного оледенения Заи-  
лийского Алатау в 20 веке. – Алматы, 2001. – 252 с.
3. Голубцов В.В. Изменение водных ресурсов и режима рек в результате  
деградации горного оледенения в их бассейнах. // Гидрометеорология  
и экология. – 2008. – №1. – С. 47-61.
4. Каталог ледников СССР. Т. 13. Центральный и Южный Казахстан,  
Вып. 2. Бассейн озера Балхаш, Ч. 5 Бассейн реки Каратал. – Л.: Гидро-  
метеоиздат, 1980. – 99 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 13. Центральный и Южный Ка-  
захстан. Вып. 2. Бассейн озера Балхаш. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. –  
645 с.
6. Северский И.В., Снежные лавины Заилийского и Джунгарского Ала-  
тау. – Алма-Ата: Наука, 1978. – 255 с.

Казгидромет, г. Алматы

### **20 ҒАСЫРЫНДЫҢ ЕКІНШІ ЖАРЫМЫНДАҒЫ ЖАҢӘ 21 ҒАСЫРДЫҢ БАСЫНДАҒЫ ҚАРАТАЛ ӨЗЕНІНІҢ ЖЫЛДЫҚ АҒУ СУЫНЫҢ ӨЗГЕРІСІ**

А.В. Линейцева

*1932 жылдан 2008 жылдын мерзімінде Қаратал өзенінің жылдық орташа ағу суысы қаралды сонымен қатар оның таудан шыққаннан Балқаш көліне күйлысына дейін өзгерісі қаралды. 20 ғасырдың 80-ші жылдардын екінші жарымынан бастап Қаратал өзенінің жылдық ағу суы таулы мұздану құлдылау үшін бірталай көбейгені және қарау алабының дамқылдану көбейгені көрсітілді.*

УДК 556.164.048

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МАЛЫХ РЕК  
В НУРА-САРЫСУЙСКОМ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ БАССЕЙНЕ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

А.Н. Мусенова

*Рассмотрена методика определения среднего многолетнего стока малых рек в пределах Нура-Сарысуйского водохозяйственного бассейна. По модульным коэффициентам определен среднемноголетний сток для 20 рек. Приведен среднемноголетний сток малых рек с  $F \leq 3000 \text{ км}^2$  к модулю стока средних рек с  $F \geq 3000 \text{ км}^2$ .*

Объектом исследований являлись ежегодные ресурсы речного стока Нура-Сарысуйского водохозяйственного бассейна Республики Казахстан (ВХБ). Значительную часть этого ВХБ составляют реки Нура и Сарысу с притоками. Также к этому бассейну можно отнести реку Калмаккырган, которая впадает в озеро Шубар-Тенгиз.

Основным гидрологическим параметром, необходимым при решении различных вопросов водохозяйственного проектирования, является величина среднего многолетнего расхода. Зачастую рассматриваются большие реки с продолжительным периодом наблюдений. Главная задача настоящего исследования заключалась непосредственно в расчете нормы многолетнего стока малых рек, с периодом наблюдений от 1 до 10 лет.

Для расчета нормы годового стока малых рек и его значений различной обеспеченности часто приходится иметь дело с короткими рядами наблюдений, продолжительность которых не обеспечивает получение результата с требуемой точностью ( $\sigma > 5\%$ ). В этих случаях величина среднего годового стока, полученная по имеющемуся короткому ряду, приводится к расчетному многолетнему периоду. Расчетный период выбирается по рекам-аналогам, по которым имеется длинный ряд наблюдений, обеспечивающий требуемую точность, и колебания годового стока, соответствующую колебаниям его в расчетном створе [1].

В качестве аналогов для расчетной реки или створа выбираются водосборы, обладающие зональной однородностью по географическому и высотному положению, а также сходством в отношении факторов подстилающей поверхности.

Главным и наиболее объективным критерием правильности выбора аналога является наличие синхронности колебаний годовых расходов или модулей стока и достаточно надежной коррелятивной связи стока за годы одновременных наблюдений рассматриваемого водосбора и его аналога [2].

При очень коротких рядах наблюдений оценка среднего годового стока рек, производится с помощью модульных коэффициентов, определенных по ближайшим водотокам с продолжительными рядами наблюдений [1]. Такой прием правомерен при наличии синхронности в ходе стока больших и малых водосборов в пределах одного и того же района, при условии отсутствия зависимости коэффициента вариации годового стока ( $C_v$ ) от площади водосбора ( $F$ ), при этом предполагается, что связь прямая, проходит через начало координат и описывается следующим уравнением:

$$M_0 = \alpha \cdot M_{0_a} \quad (1)$$

где  $M_0$  и  $M_{0_a}$  – многолетняя норма годового стока расчетной реки и реки-аналога.

Решить поставленную задачу в этом случае можно, применив так называемый способ модульных коэффициентов, или отношений. Так, подставив в уравнение (1) вместо углового коэффициента  $\alpha$  отношение

$\frac{M_{cp}}{M_{cp_a}}$ , получим

$$M_0 = M_{0_a} \frac{M_{cp}}{M_{cp_a}}, \quad (2)$$

где  $M_{cp}$  – средняя величина годового стока за короткий период наблюдений по расчетной реке;  $M_{cp_a}$  – то же по реке-аналогу.

Формула (2) также может быть представлена в следующем виде:

$$M_0 = \frac{M_{cp}}{K_a}, \quad (3)$$

где  $K_a$  – средний модульный коэффициент за короткий период наблюдений по реке-аналогу, равный  $\frac{M_{cp_a}}{M_{0_a}}$  [2].

При расчете нормы стока 20 малых рек с периодом наблюдений от 1 до 10 лет, были использованы данные, приведенные в монографиях [3, 4]. В статье в качестве иллюстрации приведены сведения о восстановле-

нии среднего многолетнего стока 5 малых рек, расположенных в пределах рассматриваемого бассейна. В таблице 1 приведены значения нормы стока этих рек, вычисленные с помощью формул (1), (2), (3).

В районах Северного и Центрального Казахстана для определения ресурсов поверхностных вод обычно принимают значения среднего многолетнего стока средних рек, с площадью водосбора  $F \geq 3000 \text{ км}^2$ , отражающие зональные изменения его значений. Поэтому возникает необходимость приведения стока малых рек к стоку средних, путем использования закономерностей его изменения в зависимости от площади водосбора [5]. Для приведения нормы стока малых рек с  $F < 3000 \text{ км}^2$  к модулю стока средних рек с  $F \geq 3000 \text{ км}^2$ , было использовано следующее выражение:

$$M_{F \geq 3000} = M_F^{\frac{8}{\ln(F+1)}}, \quad (4)$$

где  $M_F$  – модуль стока рек с площадью водосбора  $F < 3000 \text{ км}^2$ ;  $M_{F \geq 3000}$  – модуль стока рек, с площадью водосбора  $F \geq 3000 \text{ км}^2$  (таблица 2).

Таблица 2

Нормы стока малых рек с  $F < 3000 \text{ км}^2$ , приведенные к модулю стока средних рек с  $F \geq 3000 \text{ км}^2$

Река-пункт	F, км <sup>2</sup>	$M_F$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	lnF	$M_{F \geq 3000}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	W, млн. м <sup>3</sup>
Бассейн р. Нура					
р. Матак – фер. Обалы	1440	0,50	7,27	0,47	21,20
р. Тузды – ур. «Красная Сопочка»	514	0,50	6,24	0,41	6,67
Бассейн р. Сарысу					
р. Сарыбулак – зим. Сарыкамыс	136	0,18	4,92	0,06	0,26
р. Актасты – с. Бирлик	246	0,53	5,51	0,40	3,09
Бассейн оз. Шубар-Тенгиз					
р. Дюсембай – с. Бурмаша	679	0,15	6,25	0,10	2,09

Малые водотоки, водосборы которых имеют характеристики почвогрунтов, близкие к зональным значениям и модули стока  $M_F \geq 1 \text{ л/(с·км}^2)$ , также могут использоваться для оценки модуля зонального стока. В этом случае модули зонального стока принимаются, равным модулям стока малых рек и временных водотоков.

Полученные в таблице 2 значения стока малых рек, приведенные к площади водосбора  $F \geq 3000 \text{ км}^2$ , могут использоваться для оценки ресурсов поверхностных вод.

Таблица 1

## Определение среднего многолетнего стока малых рек

Река-пункт	Период наблюдений		Средний расход, м <sup>3</sup> /сек	Река - аналог	Модульные коэффициенты	Приведенный среднеголетний сток, млн. м <sup>3</sup>	
	F, км <sup>2</sup>	годы					количество лет
Бассейн р. Нура							
р. Матак – фер. Обалы	1440	1954...1957	4	0,7	р. Нура – с. Пролетарское (Шешенкара)	0,98	0,72
р. Тузды – ур. Красная Сопочка	497	1950...1953, 1956...1957	7	0,16	р. Нура – с. Сергиопольское	0,64	0,25
Бассейн р. Сарысу							
р. Сарыбулак – зим. Сарыкамыс	136	1958...1960	3	0,033	р. Кара - Кенгир – (5,0) 12 км выше устья Жиланды	1,37	0,02
р. Актасты – с. Бирлик	246	1953, 1955...1958	5	0,11	р. Жаксы -Сарысу – с. Сарысу	0,84	0,13
Бассейн оз. Шубар-Тенгиз							
р. Дюсембай – с. Бурмаша	679	1958...1960	3	0,14	р. Кара - Кенгир – (5,0) 12 км выше устья Жиланды	1,37	0,10

втор выражает огромную благодарность за помощь при подготовке статьи В.В. Голубцову и В.П. Поповой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубцов В.В. Определение нормы годового стока малых рек и временных водотоков засушливой зоны Казахстана. // Гидрометеорология и экология. – 2007. – №1. – С. 65–74.
2. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 460 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР / Под ред. Г.Л. Шимкевич. – Т. 13., Вып. I. Карагандинская область, – Л.: Гидрометеоздат, 1966, – 481 с.
4. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель / Под ред. В.А. Урываева. – Вып. I. Акмолинская область Казахской ССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1958, – 789 с.
5. Голубцов В.В., Айтымова Б.Б., Белгожаева А.А. Использование наблюдений за стоком малых рек для оценки водных ресурсов водохозяйственных бассейнов. // Гидрометеорология и экология. – 2008. – №1. – С. 76–78.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

#### **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НУРА-САРЫСУ СУ ШАРАУШЫЛЫҚ АЛҚАБЫНДАҒЫ КІШІ ӨЗЕНДЕРІНІҢ СУ БЕТІ ҚОРЛАРЫН АНЫҚТАУ**

А.Н. Мусенова

*Нұра-Сарысу су шараушылық алабының аралығында, кіші өзендердің орташа көп жылдық ағындарының әдістемелерін анықтау мәселесі қаралды. Модулдік коэффициенттері бойынша 20 өзеннің орташа көп жылдық ағын мөлшері анықталды. Ауданы  $F \geq 3000 \text{ км}^2$  орташа өзендердің орташа көп жылдық ағысының модуліне, ауданы  $F < 3000 \text{ км}^2$  кіші өзендер ағысының мөлшері келгені келтірілді.*

УДК 551.510.42

**О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТОКА РЕКИ КУРЫ И ЕЁ ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ (В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)**

Х.Б. Мамедов

*Впервые на примере Азербайджана сделана попытка научного обоснования экологического стока р. Куры, ее притоков и получены количественные характеристики этого стока. При этом вся сложность научного обоснования экологического стока заключается в том, что реки Азербайджана являются горными и соответственно гидрологический режим рек подвержен стохастичности. Поэтому для каждого речного бассейна требуется индивидуальный подход, так как метод аналогов не работает.*

Использование водных ресурсов необходимо для нормальной работы различных отраслей экономики страны. Ежегодно, возрастает количество воды, затрачиваемое на нужды промышленности, сельского хозяйства, городской инфраструктуры, энергетики и т.д. Там, где водных ресурсов достаточно, это не вызывает особых проблем. Но для бассейна Куры, где количество воды ограничено в силу географического положения, дополнительное изъятие воды, может привести к негативным последствиям, например, к пересыханию рек, что может повлечь за собой экологическую катастрофу. Правда, возрастающее загрязнение водных объектов может обострить водную проблему даже в тех частях бассейна, где она в достаточном количестве. Это может усугубиться в случае изъятия воды из рек (водозаборы, перераспределения стока и др.). При изъятии воды из рек, необходимо соблюдение определённых нормативов, основным критерием которых является обеспечение экологического благополучия в речных экосистемах. Это благополучие связано с взаимодействием живой и неживой природы. Изменение водного режима сразу же сказывается на условиях обитания и численности живых организмов в реке.

Истощение водных ресурсов так же может быть обусловлено естественными природными процессами – сезонными колебаниями климата и антропогенным воздействием [7]. Антропогенное истощение водных ресурсов – это уменьшение речного стока в результате регулирования и изъятия воды, как в течение года, так и от года к году.

Понятие «истощение вод» Реймерс Н.Ф. рассматривает как уменьшение минимального допустимого стока поверхностных вод или сокращение запасов подземных вод [4]. Минимально допустимым стоком является сток, при котором обеспечивается экологическое благополучие реки и условия водопользования. Искусственное уменьшение количества воды в речной сети может привести к изменению многих физических и химических характеристик водного объекта, а также характеристик естественного водного режима.

При изъятии какого-то количества воды из реки, необходимо установить значение предельно допустимого истощения. Это значение должно обеспечить устойчивость существования водной экосистемы ниже створа изъятия. Количество воды, которое необходимо оставить в русловой сети для нормального существования экосистемы, характеризуется различными терминами: предельно допустимый, оставляемый в русле реки расход воды; остаточный сток; минимально необходимый (или допустимый) расход; природоохранный расход; экологический сток [3]. Имеется ещё понятие – санитарный расход воды, под которым подразумевают количество воды в русле реки, обеспечивающее качество воды, соответствующее санитарным нормативам при питьевом, рыбохозяйственном, коммунально-бытовом и рекреационном использовании водного объекта. Следовательно, это понятие учитывает, главным образом, потребности человека.

Требованиям экологии наиболее соответствует понятие «экологический сток», поскольку он должен обеспечить существование гидробионтов в реках при антропогенном воздействии на них. Его уменьшение приведёт к нарушениям в существующих экосистемах, вплоть до их гибели. Сохранение экологического стока в водотоках позволяет обеспечить гидроэкологические условия в бассейнах рек, а сами реки остаются элементом ландшафта. Оценка экологического стока связана с учётом многих требований и является сложной задачей. Поэтому, в первом приближении, за экологический сток можно принимать такое наименьшее значение расхода воды, при котором речная экосистема уже функционировала в естественных условиях. При этом, экологический сток не может быть постоянным для всего года и определяется для каждого календарного месяца [1, 2, 3, 4].

Наиболее опасным, с экологических позиций, является маловодный период года. Поэтому он считается определяющим, и наличие в реке минимально необходимого расхода воды рассматривается, прежде всего, применительно к нему. Однако, и в многоводную фазу стока, должен быть оптималь-

ный минимум расхода воды для затопления на необходимый срок, например, поймы в период нереста рыб или, наоборот, чтобы не затопить пойму, в период паводка, с целью сохранения лугов [6]. Одновременно, в реке должно сохраняться необходимое качество воды, т.е. объём воды и скорость течения должны обеспечивать перемешивание и разбавление попадающих в неё стоков до необходимой концентрации [2].

Достаточные условия существования гидробионтов сохраняются в естественных водотоках при значительных естественных снижениях объёма стока, т.е. в меженный период, который наблюдается на реках бассейна Куры в зимний и летне-осенний сезоны.

В результате естественных многолетних колебаний минимального стока, его значения, существенно, меняются для каждой реки. Эти изменения учитываются введением базисного минимального расхода воды определённой обеспеченности. Единого мнения о назначении этой обеспеченности пока нет. Диапазон таких значений меняется от неопределённого до 95 % обеспеченности. Так, в подготовленном ЕЭК ООН, «Руководстве по составлению водохозяйственных балансов» рекомендуется устанавливать «минимально необходимый расход», как часть, характерного для данной реки минимального расхода, который наблюдался в течение длительного времени и, при котором обеспечивается биологическое равновесие в водной и окружающей среде [5]. В Германии, Австрии и Польше минимальный расход назначается в долях от минимального среднесуточного или среднегодового расхода воды. В Англии, Норвегии и некоторых других странах такой расход определяется в каждом конкретном случае в зависимости от местных особенностей, состава и потребностей водопользователей, сохранения ландшафта. В противовес указанным малоконкретным рекомендациям имеются разработки, предлагающие, за базовый, принимать минимальный расход летней и зимней межени 95 % обеспеченности или, в зависимости от водности года – 75 и 95 % обеспеченности [6]. Необходимо отметить, что принятие базового минимального расхода воды единой обеспеченности для всего бассейна Куры – возможно, но нецелесообразно, поскольку будет приводить к расчётам для конкретных рек.

Использование минимальных расходов воды 80 % обеспеченности, в качестве базовых, для расчёта экологического стока – целесообразнее по сравнению с другими значениями, поскольку он надёжнее (чем сток больших обеспеченностей) определяется и обеспечивает «некоторый запас прочности» для экологических целей.

В средние по водности периоды (годы), а также в многоводные фазы (годы) за основу для назначения расчётной обеспеченности могут быть приняты рекомендации Б.В. Фашевского [6] о назначении 75 % и 50, 12 % обеспеченности.

Для оценки экологического стока рек бассейна Куры, находящихся под влиянием хозяйственной деятельности (существующие водозаборные сооружения, водохранилища и др.), может быть использована схема, предложенная Ф.А. Имановым [3], применительно к рекам Кавказа:

- для расчётов используются среднемесячные расходы воды за каждый год наблюдений;
- выделяются два периода – с естественным и нарушенным режимом речного стока;
- за естественный (условно естественный) период определяется значение экологического стока;
- полученное значение экологического стока сопоставляется со среднемесячными расходами за период нарушенного стока и, если оно больше, то состояние реки считается неудовлетворительным;
- возможный водозабор из реки определяется по разности значений наблюдаемого и экологического стока.

В данной работе оценка экологического стока реки Куры и её основных притоков осуществлена по схеме Ф.А. Иманова, основу которой составляет следующая формула [3]:

$$Q_{\text{эк}} = Q_{\text{мин}} - \Delta Q_1 + \Delta Q_2, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{эк}}$  – величина экологического стока;  $Q_{\text{мин}}$  – величина минимального среднемесячного расхода воды рассматриваемого месяца;  $\Delta Q_1$  – величина возможного естественного снижения наблюдаемого минимального месячного расхода воды, связанного с многолетними колебаниями стока;  $\Delta Q_2$  – величина дефицита стока за перебойные периоды различной продолжительности.

Значения  $\Delta Q_1$  и  $\Delta Q_2$  определяются по нижеприведённым выражениям:

$$\Delta Q_1 = (1 - K_1) \cdot Q_{\text{мин}}, \quad (2)$$

$$\Delta Q_2 = (1 - K_2) \cdot Q_{\text{мин}}, \quad (3)$$

где  $K_1$  – переходный коэффициент;  $K_2$  – модульный коэффициент стока за перебойный период. Значения этих коэффициентов приведены в работе [3].

Таблица

Значения экологического стока р. Куры и её основных притоков (м<sup>3</sup>/с)

Река – пункт	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кура – Крахесеман	111	104	120	286	449	167	94,0	55,0	77,9	104	99,2	106
Агричай, близ устья	9,04	9,72	9,94	9,94	11,4	10,8	8,91	8,01	8,55	9,50	8,82	9,72
Турианчай – гидроузел	6,26	6,34	7,11	9,18	10,7	10,7	7,78	6,26	8,24	8,06	6,84	6,16
Геокчай – Геокчай	4,72	4,77	5,62	8,68	9,68	10,3	6,39	5,08	5,26	5,76	4,95	4,77
Акстафачай – Кривой Мост	0,87	0,98	2,99	12,3	14,4	10,1	5,31	2,71	2,13	2,48	2,02	1,15
Шамкирчай – Барсум	1,34	1,39	2,41	6,44	9,18	8,14	5,18	3,43	2,50	2,55	2,13	1,62
Гянджачай – Зурнабад	0,76	0,78	1,29	3,10	4,59	4,82	2,71	1,79	1,44	1,42	1,17	1,08
Кюракчай – Дозулар	0,86	0,84	1,11	2,38	3,51	4,42	2,88	1,77	1,43	1,34	1,16	0,98
Геранчай – Юх. Агджакенд	0,45	0,45	0,58	1,19	2,27	2,66	1,58	1,00	0,81	0,75	0,66	0,54
Тертер – Магадиз	4,47	4,47	6,08	14,1	24,5	23,8	13,3	8,55	7,06	6,84	5,94	4,95
Гаргарчай – Ага Керпи	0,45	0,47	0,77	1,77	2,12	1,88	1,05	0,61	0,55	0,62	0,53	0,45

Окончательная формула для расчёта экологического стока рек имеет следующий вид:

$$Q_{\text{эк}} = (1 + K_1 - K_2) \cdot Q_{\text{мин}} . \quad (4)$$

Значения экологического стока р. Куры у п. Крахкесеман для её десяти основных притоков, рассчитанные по формуле (4), приведены в таблице.

На рисунке, для р. Акстафачай у п. Кривой Мост, приведены гидрографы наблюдаемого и экологического стока за 1979 г.

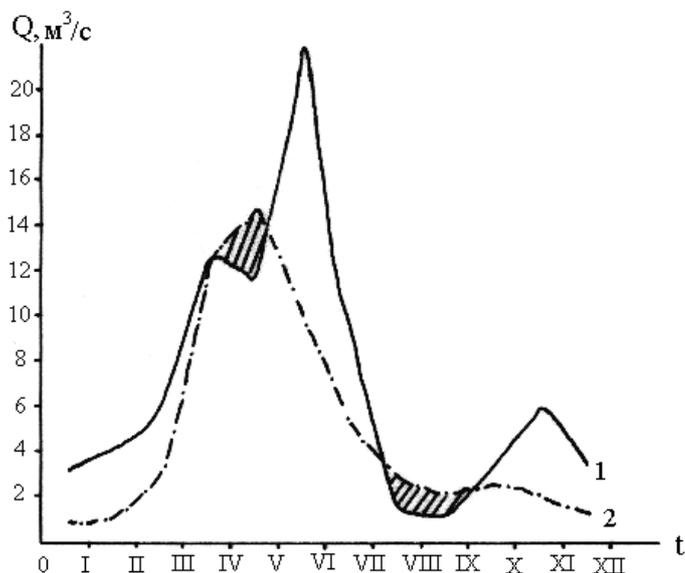


Рис. Гидрографы наблюдаемого (1) и экологического (2) стока р. Акстафачай у п. Кривой Мост, за 1979 г. Штрихованные участки – дефицит водных ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж. Теоретические основы устойчивости экосистем трансзональных рек Казахстана – Алматы: Каганат, 2007. – 516 с.
2. Владимиров А.М., Орлов В.Г., Сакович В.М. Экологические аспекты использования и охраны водных ресурсов (вод суши). – СПб: 1997. – 125 с.
3. Иманов Ф.А. Минимальный сток рек Кавказа. – Баку: Нафта-пресс, 2000. – 298 с.
4. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 638 с.
5. Руководство по составлению водохозяйственных балансов / Материалы ЕЭК ООН, – Нью-Йорк, 1974. – 89 с.
6. Фащевский Б.В. Основы гидрологической экологии. – Минск: 1996. – 240 с.
7. Ecohydrology. A new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. Edited by M. Zalewski, G.A. Janauer, G. Jolankai. UNESCO. – Paris, 1997. – 57 p.

Гянджинский государственный университет Азербайджанской Республики

**КУРА ӨЗЕНІ МЕН ОНЫҢ САЛАЛАРЫ (ӘЗІРБАЙЖАН  
РЕСПУБЛИКАСЫ ШЕГІНДЕ) ЭКОЛОГИЯЛЫҚ АҒЫНДЫСЫНА  
ҒЫЛЫМИ НЕГІЗДЕМЕНІҢ КЕЙБІР ПРОБЛЕМАЛАРЫ**

Х.Б. Мамедов

*Кура өзені мен оның салаларының экологиялық ағындысына Әзірбайжан мысалында бірінші рет ғылыми негіздеменің сынамасы жасалынған және осы ағындының сандық мінездемелері есептелген. Ғылыми негіздеменің күрделілігі Әзірбайжан өзендері таулық, сонымен қатар гидрологиялық тәртібі ретсізделген болып табылады. Сондықтан, әр өзен алабына арнайы бағыттама қажет, өйткені ұқсас әдістемелер сәйкес келмейді.*

УДК 551.583.(574)

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО КОПЕТДАГА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕКРЕАЦИИ**

Г.Н. Аннаева

*Краткая географическая характеристика малых рек Центрального Копетдага указывает на наличие высокого рекреационного потенциала. Качественная оценка водных ресурсов и характера использования водных объектов показала необходимость проведения комплекса природоохранных мероприятий. Соблюдение принципов экологического равновесия является важным условием регионального освоения рекреационных ландшафтов.*

Наличие природных водных объектов в Центральном Копетдаге является одним из немногих условий, оказывающих позитивное воздействие на организацию отдыха, особенно в летний период. Связано это не только с рекреационными свойствами самой воды, но и формируемого с ее помощью ландшафта, микроклимата, т.е. особых экологически комфортных условий, в которых формируются интразональные типы почв, растительности, своеобразный животный мир. Непосредственно с водой связаны такие рекреационные виды отдыха, как лечебный, спортивно-оздоровительный, познавательный. Отдых у воды связан с благоприятными микроклиматическими условиями: уменьшением сухости воздуха и регулированием температур [2]. Рекреационная деятельность в пригородах г. Ашгабата в основном сосредоточена на берегах следующих малых рек, берущих начало в горах Центрального Копетдага: Геокдере, Алтыяб, Секизяп, Арваз, Дегирменжик, Менгису. Рассмотрению основных гидрологических характеристик и рекреационных условий их долин посвящена данная статья.

*Река Алтыяб берет начало на месте слияния двух русел у селения Серани на территории Ирана. Отметка высот в верховье составляет 2942 м, понижаясь к устью до 260 м абс высоты. В пределах Туркменистана водосбор охватывает северные склоны Центрального Копетдага. Левый берег реки менее изрезан боковыми ущельями, чем правый, однако имеет более крутые склоны. Центральную часть водосбора пересекают параллельные хребты с множеством боковых ущелий. Самым большим ущельем является Тутлы у поселка Арчабиль. Склоны здесь отвесные, высотой до*

250 м. При выходе из ущелья склоны долины выполаживаются и постепенно сливаются с предгорьями. На склонах преобладают выходы известняков, создающие своеобразные формы карстового рельефа, дно долины состоит из аллювиально-пролювиальных отложений. Придолинный ландшафт представлен кустарниковыми сообществами (ежевика, шиповник, барбарис) с разнотравьем и отдельными древесными (карагач, клен, ива). Русло относительно прямое, шириной 10...20 метров. Берега несколько обрывистые, дно реки супесчано-галечное, на участках выхода коренных пород – каменисто-галечное с валунами.

Истоком *реки Геокдере* считается родник Козолух. Отметки высот колеблются от 1530 до 300 м. Водосбор расположен на северо-восточных склонах Центральной части Копетдага и представляет собой глубокие долины, изрезанные оврагами. Склоны долины реки сложены известняками и мергелями, реже – глинистыми песчаниками, на которых лежат гравелисто-глинистые отложения с примесью песка и мелких обломков горных пород. Ширина реки у истока (родника) составляет около 5 м, ниже постепенно ширина увеличивается до 20 м. Высота берегов на этих участках составляет 1...3 м. Ближе к устью русло приобретает вид оврага глубиной до 4 м и шириной около 5 м. Ниже поселка Геокдере русло разделяется на два рукава, которые затем постепенно мелеют. Берега слабо подвержены размыву. Дно ровное, каменисто-галечное, у берегов – с илом. Из растительности преобладает разнотравье, кустарники и различные деревья. Растительность густо покрывает оба берега реки, а местами растет непосредственно в воде.

Истоком *реки Секизят* является подземный источник, расположенный в местечке Хейрабад (2028 м). Водораздельная линия проходит по высотам от 1800 до 600 м. Предгорная часть водосбора занимает небольшую площадь длиной около 3 км и шириной 0,5...3 км. В верховье река проходит по Гермабской долине. На предгорной равнине русло имеет вид оврага шириной 5...10 м. Дно песчаное, с примесью гравия. По берегам тянутся густые кустарниковые заросли (ежевика, барбарис) с разнотравьем и редкими древесными. Дно долины: гравелисто-глинистое с песком и мелкими обломками горной породы. В расширенных частях долины дно сложено суглинками и глинами, ближе к склонам с примесью песка, гравия, мелких камней. Дно галечное, с илом у берегов.

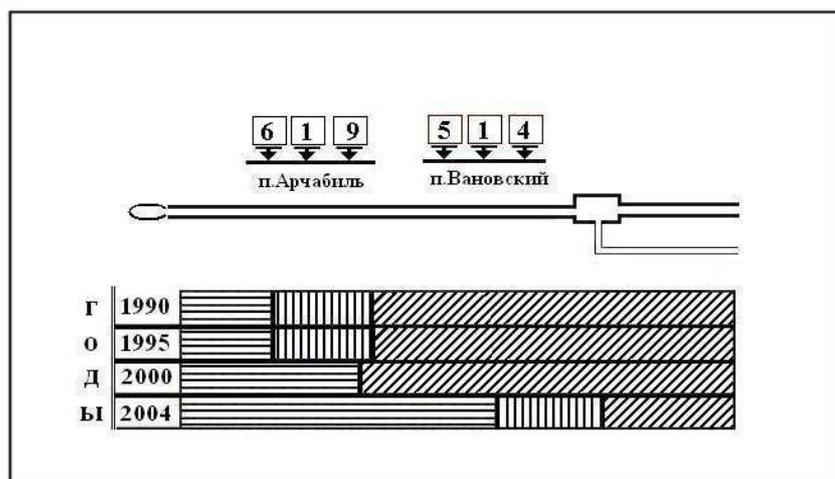
*Река Менгису* берет свое начало в урочище Мирзадаг. Водосбор расположен на северо-восточных склонах Центрального Копетдага на высоте около 1600 м. Долина реки у истока представляет собой извилистое ущелье с

шириной 50...80 м. Здесь склоны сильно пересечены оврагами, понижениями, балками и ложбинами. В низовьях долина реки представляет собой котловину, выработанную в древних отложениях и длиной около 5 км и шириной от 5 до 20 м. Склоны долины сложены в основном известняками, а дно покрыто песчано-глинистыми отложениями. Ширина русла, выработанная селевыми водами, изменяется от 10 до 30 м и в 1,5 км от устья оно сужается до 2 м, приобретая вид оврага. Берега крутые и обрывистые, местами сливаются с дном долины. В каньоне (место впадения р. Кичи-Бахча) водный поток несколькими уступами опускается в виде водопадов высотой до 1,5 м. Растительности в русле нет.

*Река Арваз* берет начало у места слияния небольших ручьев у аула Караул. Водосбор расположен на северных склонах Центрального Копетдага. Водораздельная линия проходит по высотам от 2247 до 1300 м. Долина реки на всем своем протяжении имеет вид ущелья шириной от 40 до 350 м. Склоны долины очень крутые, со следами эрозионной деятельности. Дно сложено аллювиальными галечно-гравелистыми отложениями. Во время прохождения дождевых потоков вода занимает почти всю долину. Берега крутые и обрывистые. На 0,9 км от истока вода из естественного русла отводится в бетонный арык, идущий вдоль левого склона. Склоны долин сложены мергелями, известняками и песчаниками. Дно реки неровное, изрыто протоками.

За исток *реки Дегирменжик* принят родник у населенного пункта Прохладное. Водосбор располагается на северных склонах Центрального Копетдага. Водораздельная линия проходит по отметкам от 1700 до 340 м. В верховьях долина реки сужается и переходит в ущелье шириной до 150 м, где появляются осыпи. При выходе из ущелья ширина долины расширяется до 600 м, а высота склонов уменьшается до 35 м. Русло реки достаточно широкое (64 м), преобладающие высоты берегов – 1,5 м. Она иногда меняет свое направление, особенно после прохождения паводков. Имеется каскад водопадов высотой от 3 до 12 м. Грунт дна в основном скальный, заваленный валунами и галькой.

Качественная оценка характера использования водных объектов на различных их участках приведена на схемах «Изменения качественных показателей воды по длине водотока». На одной из таких схем (рис.) показаны: исток, устье, селевое русло, наличие оросительной сети, а также основные населенные пункты, но главное – приведены изменения качества воды, которые должны удовлетворять следующим показателям: «вода питьевая», «рекреация», «орошение».



	рассредоточенное поступление загрязняющих веществ	качество воды соответствует требованиям:		неконтролируемый выпас скота		
	сосредоточенное поступление загрязняющих веществ		"Вода питьевая"		использование ядохимикатов	
	исток		"Рекреация"		отсутствие водоохранных зон	
	устье		"Орошение"		неорганизованный отдых	
	селевое русло		п. Герзай	населенные пункты		свалки мусора
	орошительная сеть		отсутствие централизованной канализации		эрозийные процессы	
	санитарный попуск		животноводческие фермы		уничтожение древесной растительности	

Рис. Изменения качественных показателей воды по длине водотока р. Геокdere.

Мы установили закономерности, которые приводятся ниже:

- долина реки Алтыяб активно используется жителями и гостями Ашгабата исключительно для летнего отдыха. Рекреационной привлекательности территории способствует относительно прямолинейное и ровное русло. Наибольшее количество отдыхающих наблюдается в районе поселка Арчабиль, где вода полностью соответствует требованиям, предъявляемым для организации водой рекреации. Вдоль берегов преобладают кустарники ежевики, шиповника, ягоды которых являются объектом сбора. Ниже поселка Арчабиль вода пригодна лишь для орошения;

- долина реки Геокдере обладает высокой пейзажной ценностью: обилие кустарников, фруктовых деревьев, которые густо покрывают оба берега реки. Несмотря на то, что водоток имеет ровное каменисто-галечное дно, однако у берегов оно илистое, что несколько понижает рекреационную привлекательность;

- долина реки Секизьяп является одним из наиболее удобных и перспективных районов для развития отдыха. Дно реки песчаное, что является благоприятным фактором для купания. Берега приспособлены для палаточных стоянок. Среди растительности можно отметить кустарники ежевики, ягоды которых можно собирать во время отдыха. До поселка Куркулаб вода пригодна для питья. Качество воды, требуемое для рекреационной деятельности, наблюдается в районе поселка Гермаб;

- качество воды по реке Арваз от истока до поселка Ипайгала удовлетворительное для организации рекреационных мероприятий. Следует уменьшить интенсивность протекания эрозионных процессов по всей долине, что позволило бы заметно улучшить условия для организации различных видов рекреационной деятельности;

- особенностью реки Дегирменжик и реки Менгису является наличие водопадов высотой от 1,5 до 1 метра. Качество воды, учитывая некоторые показатели проб воды, по всей долине данных малых рек в полной мере не соответствует требованиям, необходимым для создания здесь зон летней рекреации. Требуется, прежде всего, ограничить выпас скота и срочно создать водоохранные зоны.

Рекреационно-экологическая оценка водных объектов является важным комплексным показателем для цели отдыха [1]. Использование малых рек Центрального Копетдага для отдыха предъявляет высокие требования к качеству воды. Существует стандарт, регламентирующий требования к качеству воды, используемой в рекреационных целях. Для выявления экологических условий малых рек нами был проведен комплексный анализ данных по следующим показателям: БПК<sub>5</sub>, СПАВ, фенолы, соединения азота и железа

**БПК<sub>5</sub>** («биологическое поглощение кислорода в течении пяти суток») указывает на содержание в воде кислорода (в мг/дм<sup>3</sup>), необходимого для окисления находящихся в воде загрязняющих, преимущественно органических, веществ. Увеличение концентраций данного соединения (более 6 мг/дм<sup>3</sup>) ведет к резкой активизации процессов гниения. **СПАВ** («синтетические поверхностно-активные вещества»): даже при небольших

увеличениях предельно-допустимых концентраций данного химического соединения (более 0,1 мг/ дм<sup>3</sup>) прекращается рост водной растительности, усиливаются неприятные запахи с образованием стойких скоплений пены.

Большую опасность представляют **фенольные соединения**. Обладавая сильными антисептическими свойствами при концентрациях более 0,001 мг/ дм<sup>3</sup>, нарушают биологические процессы, придавая воде резкий неприятный запах.

Соединения **азота (аммонийного и нитратного)** в воде при превышении концентраций соответственно 0,5 и 0,08 мг/ дм<sup>3</sup> показывают высокий уровень бактериологической опасности.

Присутствие в воде соединений железа в концентрациях выше 0,5 мг/ дм<sup>3</sup> изменяет цвет воды до желто-бурого и оказывает неблагоприятное воздействие на кожные покровы человека. Результаты химического анализа проб воды позволяют сделать вывод, что качество воды в рассматриваемом регионе по ингредиентам БПК<sub>5</sub> и фенолы не отвечает экологическим требованиям, предъявляемым к водным объектам, предназначенным для рекреационного использования. Наблюдается ухудшение бактериологических показателей воды с превышением ПДК в несколько раз. Выявленные источники загрязнения нанесены схематично, в виде цифровых знаков (рис. 1). Загрязняющие вещества поступают в окружающую среду сосредоточенно и рассредоточено (площадно), что показано соответствующими знаками на соответствующих участках водотока.

Исследования позволяет сделать следующие выводы:

- систематический выпас и водопой крупного и мелкого рогатого скота у берегов малых рек или на территории вблизи них, приводит к резкому увеличению степени загрязнения водных объектов, что наблюдается по руслам всех рек, за исключением р. Алтыяб;
- в связи с большой концентрацией отдыхающих в теплый период года по руслам рек Алтыяб, Геокдере, Секизяп, возникает проблема складирования и вывоза бытового мусора. На локальных свалках образуются токсичные химические элементы, которые попадая в почву и воду, уменьшают экологическую безопасность территории;
- уничтожение древесной растительности, наблюдаемое по руслам почти всех малых рек, нарушает температурный и биологический режим водотоков. Как показывают исследования, происходит усиление эрозионных процессов и заиление русел [3].

Таким образом, при региональном освоении рекреационных ландшафтов необходимо соблюдать принципы экологического равновесия [1]. Причем обязательным условием должно быть удовлетворение требований соответствия геохимической и биохимической активности, а также устойчивость региона антропогенному воздействию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексная эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения окружающей среды. – М.: 1997. – 73 с.
2. Оксенич И.Г. Аридный климат Туркменистана и воздействие его на человека. – Ашгабат: 1981. – 162 с.
3. Османов Т. Селевые потоки Копетдага: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Ашгабат, 1990. – 28 с.

Национальный институт пустынь, растительного и животного мира Министерства охраны природы Туркменистана, г. Ашгабат

#### **ОРТАЛЫҚ КОПЕТДАГТЫҢ СУ ОБЪЕКТІЛЕРІН РЕКРЕАЦИЯ МАҚСАТТАРЫНДА ПАЙДАЛУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Г.Н. Аннаева

*Орталық Копетдагтың кішігірім өзендерінің қысқаша географиялық сипаттамалары жоғарғы рекреациялық потенциалға ие екенін көрсетеді. Су объектілерін пайдалану сипаттарын сапалы бағалау табиғат қорғау іс-шаралар кешенін жүргізудің қажеттілігін көрсетеді. Экологиялық тепе-теңдік принциптерін сақтау рекреациялық ландшафтардың аймақтық игерудің маңызды шарты болып табылады.*

УДК 633.71:631.45

**ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ДОЗ УДОБРЕНИЙ ПОД ТАБАК – ЗАЛОГ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Канд. с.-х. наук А.К. Апушев

*В табаководческих хозяйствах с применением передовой технологии возделывания, внесение расчетных доз минеральных удобрений на основе агрохимических обследований почв позволяет получить урожайность на уровне 74,5...80,7 % от расчетной. В хозяйствах, где не соблюдаются технологические нормы, оправданность прогнозов снижается до 62,3 %, что свидетельствует о неполном использовании растениями элементов минерального питания и загрязнении окружающей среды.*

Вопрос рационального применения туков и повышение коэффициента их использования с обеспечением экологической чистоты окружающей среды в настоящее время выдвигается на первое место. Еще в прошлом веке К.А. Тимирязев [4] считал, что все задачи земледелия сводятся к определению «... и возможно строгому осуществлению условий питания растений». Система внесения удобрений должна строиться таким образом, чтобы обеспечить оптимальные условия питания растений на протяжении всего вегетационного периода и не вызывать снижения качества сырья. Применение удобрений в оптимальных дозах и соотношениях не только позволяет получить высокие урожаи сырья табака хорошего качества, но и повышает устойчивость растений к стрессовым условиям, болезням и вредителям [3].

Фундаментальные исследования по изучению особенностей минерального питания табака в онтогенезе и применение удобрений под табак в различных почвенно-климатических условиях выполнены А.В. Отрыганьевым, Н.И. Володарским, И.П. Ивановским, М.Ф. Машковцевым, Д.В. Баланда и др.

Наибольшая эффективность условий минерального питания проявляется в орошаемой земледелии. Накопленные опытные данные убедительно показывают, что прибавка урожая при орошении и применении удобрений достигает 50 %, а для ряда культур и почв составляет 100 % [2].

Исходя из результатов исследований влияния элементов минерального питания на рост, развитие и урожайность табака, проведенных в различных почвенно-климатических условиях, перед автором стояла задача разработки агротехнических и агрохимических способов оптимизации минерального питания этой культуры для условий юго-востока Казахстана. При этом имелось в виду, что в условиях орошаемой зоны юга и юго-востока Казахстана, особенно важным является, устранение негативных явлений, вызванных многолетним возделыванием табака в монокультуре и при орошении.

Для оценки агрохимических показателей плодородия почвы в учебно-производственном хозяйстве «Агроуниверситет» и на полях табаководческих хозяйств Алматинской области были определены содержание гумуса, валовые и подвижные формы питательных веществ. С учетом данных каждого участка были рассчитаны нормы удобрений под табак для почв табаководческих хозяйств по фактическому содержанию подвижных форм элементов питания (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные нормы внесения минеральных удобрений на основе агрохимического обследования почв табаководческих хозяйств Енбекшиказахского района Алматинской области

Хозяйство	Урожайность, т/га	Расчетные нормы внесения минеральных удобрений, кг/га д.в.		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Тескенсу	1,5...2,0	7...17	-	-
	2,0...2,5	17...27	0...4	-
	2,5...3,0	27...37	4...9	-
Ащысай	1,5...2,0	8...18	-	-
	2,0...2,5	18...28	1...6	-
	2,5...3,0	28...38	6...11	-
Малыбай	1,5...2,0	0...10	-	-
	2,0...2,5	10...20	-	-
	2,5...3,0	20...30	0...4	-
Гайрат	1,5...2,0	14...24	0...5	-
	2,0...2,5	24...34	5...10	-
	2,5...3,0	34...44	10...15	0...12
Авангард	1,5...2,0	13...23	0...5	-
	2,0...2,5	23...33	5...10	-
	2,5...3,0	33...43	10...15	0...13
Корам	1,5...2,0	9...19	0...5	-
	2,0...2,5	19...29	5...10	-
	2,5...3,0	29...39	10...15	-
Жана Шарва	1,5...2,0	17...27	1...6	-
	2,0...2,5	27...37	6...11	-
	2,5...3,0	37...47	11...16	-

Хозяйство	Урожайность, т/га	Расчетные нормы внесения минеральных удобрений, кг/га д.в.		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Байсеит	1,5...2,0	13...23	-	-
	2,0...2,5	23...33	0...4	-
	2,5...3,0	33...43	4...9	9...21
Масак	1,5...2,0	19...29	0...5	0...8
	2,0...2,5	29...39	5...10	8...35
	2,5...3,0	39...49	10...15	35...63
Октябрьское	1,5...2,0	9...19	-	-
	2,0...2,5	19...29	0...1	-
	2,5...3,0	29...39	1...6	-
Нурлы	1,5...2,0	18...28	-	-
	2,0...2,5	28...38	0...4	-
	2,5...3,0	38...48	4...9	-
Куликовка	1,5...2,0	18...28	0...2	-
	2,0...2,5	28...38	2...7	-
	2,5...3,0	38...48	7...12	-
Нура	1,5...2,0	17...27	0...1	-
	2,0...2,5	27...37	1...6	-
	2,5...3,0	37...47	6...11	-
Каратурык	1,5...2,0	12...22	0...1	-
	2,0...2,5	22...32	1...6	-
	2,5...3,0	32...42	6...11	-
Ассысага	1,5...2,0	17...27	0...2	-
	2,0...2,5	27...37	2...7	-
	2,5...3,0	37...47	7...12	-

Анализ общей потребности в минеральных удобрениях показывает, что в средних величинах резких различий нет. Из 15 хозяйств только почвы сельскохозяйственного кооператива Малыбай оказались наиболее обеспеченными азотом, полностью фосфором и калием.

Эти данные вполне согласуются с данными А.Ф. Бучинского [1], который считает, что если по потребности в фосфоре по типам почв существенных различий не наблюдается, то повышенные дозы азотных удобрений требуются для обедненных почв Крыма, сероземов Средней Азии и Казахстана. Наиболее низкие нормы (50...75 кг/га) внесения калия он предлагает на сероземных почвах Средней Азии и Казахстана.

Для 15 хозяйств были рассчитаны нормы внесения удобрений на три уровня урожайности: 1,5...2,0; 2,0...2,5; 2,5...3,0 т/га. В целом эти три уровня урожайности, фактически установившиеся для хозяйств, применяющих те или иные технологические приемы возделывания табака.

Из 15 хозяйств, для которых были рассчитаны нормы внесения удобрений, по финансовым и организационным причинам только 6 хозяйств полностью смогли внести расчетные нормы удобрений и дать ин-

формацию по урожайности. Это были традиционно табаководческие хозяйства региона: Тескенсу, Ащысай, Малыбай, Гайрат, Корам, Каратурык. Табаководческие хозяйства, рационально использующие системы орошения и удобрения в сочетании с другими элементами технологии возделывания табака получают 3,0 и более тонн высококачественного сырья с одного гектара. Есть и хозяйства, которые из-за финансовых, технических и организационных проблем не могут в полном объеме выполнить отдельные приемы технологии возделывания табака, из-за чего получают низкие, иногда очень низкие урожаи. Подтверждением тому служат данные таблицы 2.

Таблица 2

Урожайность табака в хозяйствах Енбекшиказахского района при внесении расчетных доз минеральных удобрений

Хозяйство	Планируемый уровень урожайности, т/га		Фактическая урожайность	
	амплитуда	среднее	т/га	в % к расчетному
Тескенсу	1,5...2,0	1,75	1,44	82,2
	2,0...2,5	2,25	1,98	88,0
	2,5...3,0	2,75	2,50	90,9
Ащысай	1,5...2,0	1,75	1,35	77,1
	2,0...2,5	2,25	1,86	82,7
	2,5...3,0	2,75	2,37	86,2
Малыбай	1,5...2,0	1,75	1,52	86,8
	2,0...2,5	2,25	2,01	89,3
	2,5...3,0	2,75	2,49	90,5
Гайрат	1,5...2,0	1,75	1,40	80,0
	2,0...2,5	2,25	1,89	84,0
	2,5...3,0	2,75	2,36	85,8
Корам	1,5...2,0	1,75	1,23	70,3
	2,0...2,5	2,25	1,74	77,3
	2,5...3,0	2,75	2,22	80,7
Каратурык	1,5...2,0	1,75	1,09	62,3
	2,0...2,5	2,25	1,58	70,2
	2,5...3,0	2,75	2,05	74,5

Так, из 6 хозяйств, 4 кооператива: Тескенсу, Малыбай, Ащысай, Гайрат благодаря применению расчетных норм удобрений в сочетании с соблюдением технологии выращивания, получили урожай, приближенный к расчетному – 2,36...2,50 т/га. Расчеты были оправданы на 85,8...90,9 %. Сравнивая эти значения с литературными данными можно сказать, что это очень высокие показатели урожайности.

В тех хозяйствах, где не соблюдались элементарные требования технологии возделывания табака, эти показатели были ниже. Так, в хозяйствах Корам и Каратурык расчеты на планируемую урожайность оправдались лишь на 74,5...80,7 %.

Расчет планируемой урожайности в 1,5...2,0 т/га в хозяйствах Корам и Каратурык оправдался лишь на 62,3...70,3 %. Эти данные позволяют сделать заключение, что реальность получения расчетного уровня урожайности более высока на тех почвах, где применяется полный комплекс планируемых агротехнических приемов.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что внесение в почву табаководческих хозяйств расчетных норм минеральных удобрений и соблюдение технологии выращивания табака, позволяет оправдывать планируемую урожайность в хозяйствах до 77...89 %. Не соблюдение агротехнических требований приводит к не эффективному использованию минеральных удобрений и, естественно, к загрязнению окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бучинский А.Ф. Ведущие факторы в формировании типа и качества табачного сырья // Табак. – 1974. – №3. – С. 36-39.
2. Зенкова Е.М. Севообороты и плодородие почв. – Алма-Ата, 1970, 149 с.
3. Михайлова Т.П., Лысенко А.Е., Филипчук О.Д. Биологические особенности и технология возделывания табака. – Краснодар. – 2004. – С. 73-81.
4. Тимирязев К.А. Земледелие и физиология растений // Избр. лекции и речи / М.: Сельхозгиз, 1957. – С. 4-126.

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы

#### **ТЕМЕКІ ЕГІСТІКТЕРІНЕ ЕСЕПТЕЛГЕН МӨЛШЕРДЕ МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАР ЕНГІЗУ – ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ТАЗАЛЫҒЫН САҚТАУДЫҢ КЕПІЛІ**

А.-ш. ғылымд. канд А.Қ. Апушев

*Темекі егістіктеріне минералды тыңайтқыштарды агрохимиялық зерттеулердің негізінде анықталған мөлшерде енгізу, агротехникалық шараларды жоғарғы деңгейде қолданған шаруашылықтарда өнімнің есептелген мөлшерінің 74,5...80,7 %-ын алуға мүмкіншілік береді. Агротехникалық талаптар толық орындалмаған шаруашылықтарда өнімнің есептелген мөлшерінің 62,3 %-ы ғана алынып, пайдаланылмаған химиялық элементтер қоршаған ортаны ластайды.*

УДК 633.494:577.4

**ВЫРАЩИВАНИЕ ТОПИНАМБУРА (HELIANTUS TUBEROSUS) НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА**

Б.К. Садыков

*Изучались условия выращивания топинамбура в Алматинской и Южно-Казахстанской области. Топинамбур не накапливает тяжелые металлы в клубнях даже в условиях свинцового загрязнения. Накопление нитратов в клубнях не превышает 103,0...115,6 мг/кг при ПДК NO<sub>3</sub> – 250 мг/кг.*

Исследования последних тридцати лет топинамбура (*Heliantus tuberosus*) показывают высокую ценность пищевых, кормовых, биологических, биотехнологических, сельскохозяйственных, медицинских и энергетических свойств этого растения. Общая площадь выращивания топинамбура в мировом земледелии достигла 2,5 миллионов гектаров [1]. Первые исследования топинамбура в Казахстане были начаты в 1934...1936 и 1939...1942 годах К.Ю. Чеховичем, а в начале 90-х годов большая работа велась В.Н. Лукашовым по возделыванию топинамбура по интенсивной технологии в условиях юга и юго-востока Казахстана. В.Н. Лукашовым были получены урожаи до 40000 кормовых единиц с 1 га при содержании в 1 кормовой единице свыше 100 г перевариваемого протеина [2]. О перспективности топинамбура в этот же период имелись ряд публикаций, а в 2001...2005 годах проводилось финансирование исследований по технологии выращивания топинамбура [3-5]. Несмотря на интенсификацию исследований, увеличение площадей топинамбура в Казахстане не произошло. Павлодарский фармацевтический завод выпускает биологически активную добавку к пище «Алтын Топинамбур» (<http://www.romat.kz/topinambur>), но основу продукции – порошок топинамбура завозят из России. В России выращиванию и переработке топинамбура уделяется большое внимание на правительственном уровне (<http://www.council.gov.ru>).

Ценность топинамбура как кормовой, овощной, технической, пищевой и лечебной культуры в первую очередь определяет его химический состав (таблица 1). Топинамбур содержит достаточно большое количество сухих веществ (до 20 %), из которых 80 % полимерный гомолог фруктозы – инулин. Инулин является полисахаридом, гидролиз которого приводит к получению безвредного для диабетиков сахара – фруктозы.

Таблица 1

Химический состав и минерально-энергетические показатели топинамбура  
(в 1 кг клубней) [1, 2, 4, 6, 10]

Показатель	Значение	Показатель	Значение
Кормовые единицы	0,29	Калий, г	4,1
Обменная энергия (КРС), МДж	2,76	Фосфор, г	0,4
Обменная энергия (свиньи), МДж	3	Магний, г	0,2
Обменная энергия (овцы), МДж	3	Натрий, г	0,3
Сухое вещество, г	220	Железо, г	36
Сырой протеин, г	22	Медь, мг	1,3
Перевариваемый протеин (КРС), г	15	Цинк, мг	5,3
Перевариваемый протеин (свиньи), г	17	Марганец, мг	14
Перевариваемый протеин (овцы), г	16,1	Кобальт, мг	0,02
Лизин, г	0,8	Йод, мг	0,03
Метионин + цистин, г	0,8	Витамин Е (токоферол), мг	3
Сырая клетчатка, г	10	Витамин В1 (тиамин), мг	0,15
Крахмал, г	7	Витамин В2 (рибофлавин), мг	0,2
Сахара, г	63	Витамин В3 (пантотеновая кислота), мг	0,8
Биологические экстрактивные вещества (БЭВ), г	174	Витамин В4 (холин), мг	280
Сырой жир, г	2	Витамин В5 (никотиновая кислота), мг	2,4
Кальций, г	0,5		

Инулин, попадая в желудочно-кишечный тракт, расщепляется соляной кислотой и ферментами на отдельные молекулы фруктозы и короткие фруктозные цепочки, которые проникают в кровеносное русло. Оставшаяся нерасщепленная часть инулина быстро выводится из организма. Выводимый из организма нерасщепленный инулин связывает тяжелые металлы, радионуклиды, кристаллы холестерина, жирные кислоты, различные токсические химические соединения, попавшие в организм с пищей или образовавшиеся в процессе жизнедеятельности болезнетворных микробов, живущих в кишечнике. Инулин усиливает абсорбцию различных минеральных солей, в особенности кальция, снижает уровень холестерина в сыворотке крови, уменьшает содержание канцерогенов и гнилостных веществ (<http://www.topinambur.net>). Топинамбур и продукты его переработки оказывают антиканцерогенное действие, эффективны в лечении анемии, поскольку содержат железо в легкоусвояемой форме, ускоряют элиминацию радионуклидов [6]. Кроме сахарного диабета топинамбур

применяется при лечении и предупреждении атеросклероза, остеохондроза, полиартрита, подагры; мочекаменной и желчекаменной болезней. Он благоприятно действует при желудочно-кишечных заболеваниях, гастрите, изжоге, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки; при гепатите, холецистите, панкреатите, анемии; при сердечно-сосудистых заболеваниях (тахикардии, аритмии, нарушении кровообращения, ишемической болезни, гипертонии); при бессоннице, оказывает успокаивающее действие на нервную систему, усиливает иммунитет, повышает сопротивляемость простудным заболеваниям. Способствует процессам расщепления нитратов, шлаков, солей, камней, выводу из организма токсических и радиоактивных веществ, нитратов, фосфатов. Обладает моче- и желчегонным эффектом, дробит и выводит камни из почек, печени, желчного и мочевого пузыря, улучшает зрение [6-10].

Опыты по выращиванию топинамбура проводились автором с 2001 по 2005 годы. В 2004 году сорт Скоропелка высаживался в поселке Кольди, Карасайского района, *Алматинской области* на территории опытного хозяйства Казахского института земледелия (КИЗ). Объектом исследования стал участок с темно-каштановой суглинистой почвой, на котором находилась бытовая свалка. Мусор был убран, а участок распахан для проведения опыта. Каждый полевой опыт закладывали и проводили по заранее разработанной схеме, включающей изучение влияния различных удобрений. Каждый изучаемый в отдельности прием или фактор носит название варианта опыта. Полевой опыт закладывали в натуре на площади, разделенной на равные опытные делянки по 4 м<sup>2</sup>, на которые по схеме вносили удобрения. Урожай с каждой делянки учитывали отдельно. Опыт был заложен с шестью вариантами в четырех повторностях. Первый вариант – внесение азотных удобрений, второй – фосфатных, третий – калийных, четвертый – с добавлением органического удобрения (навоз), пятый – внесением свинцового загрязнения в почву, шестой – контроль.

Всходы появились через 27 дней после посадки 30 мая. Начало образования столонов отмечали на 20...27 день от всходов, т.е. в третьей декаде июня. В условиях достатка влаги, размер клубней не оказал заметного влияния на среднюю высоту растений. Начало клубнеобразования наблюдалось в конце июля начале августа. Нами была замерена высота всех растений по 6 вариантам в 4-х повторностях (табл. 2). Урожайность топинамбура оценивалась по отдельным кустам и данные по урожайности кустов так же приведены в табл. 2. В итоге весь урожай топинамбура с опытного участка составил 230,8 кг.

Таблица 2

№ п/п	Вариант опыта
-------	---------------

	Азот	Фосфор	Калий	Навоз	Свинец	Контроль
Рост растений в высоту, м						
Средний рост из 20 измерений	2,43	1,94	2,23	2,4	2,07	2,3
Урожайность по вариантам (куст/кг)						
Средняя масса из 20 измерений	1,38	1,10	1,3	2,01	1,4	1,36
Общая масса	38,5	31,2	35,0	49	33,7	43,4

Оценивалось накопление химических элементов и загрязнений в клубнях. По анализам почвы, клубней и зеленой массы топинамбура было выявлено содержание N, P, K в почве, клубнях и зеленой массе топинамбура (таблицы 3 – 5).

Таблица 3

Содержание N, P, K в почве до и после уборки урожая, мг/кг

Вариант опыта	N		K <sub>2</sub> O		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	до	после	до	после	до	после
Азот	33,1	40,7	940	1220	102,5	53,7
Фосфор	33,1	12,3	940	780	102,5	99,7
Калий	33,1	13,5	940	1800	102,5	98,6
Навоз	33,1	14,8	940	1000	102,5	51,5
Контроль	33,1	17,8	940	820	102,5	85,4

Таблица 4

Содержание N, P, K в клубнях топинамбура, %

Вариант опыта	N	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Азот	2,13	2,0	0,400
Фосфор	1,90	2,0	0,460
Калий	2,07	2,25	0,510
Навоз	2,19	2,2	0,460
Контроль	2,24	1,7	0,400
Свинец	1,90	2,3	0,460

Таблица 5

Содержание N, P, K в зеленой массе топинамбура, %

Вариант опыта	N	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Контроль листья	2,8	2,7	0,220
Контроль стебли + цветы	1,57	2,0	0,220
Навоз листья	2,58	2,0	0,150
Навоз стебли + цветы	3,53	1,7	0,150

Так же были проведены анализы на содержание тяжелых металлов в почве, клубнях и зеленой массе топинамбура на варианте с добавлением свинцового загрязнения (табл. 6), и на содержание нитратов в клубнях (табл. 7).

Таблица 6

Результаты спектрального анализа почвы и частей топинамбура на тяжелые металлы, мг/кг

Проба (порошки)	Металлы			
	Zn	Cu	Pb	Fe
Почва до посадки	7,78	3,38	3,34	62,7
Почва после уборки	19,5	8,05	1,74	27,1
Клубни	17,85	8,60	0,65	28,7
Стебли + цветы	170,0	100,3	43,8	-
Листья	160,0	120,6	55,3	-

Таблица 7

Содержание нитратов в клубнях топинамбура, мг/кг

Вариант опыта	Содержание NO <sub>3</sub>
Азот	109,6
Фосфор	113,0
Калий	103,6
Навоз	111,0
Контроль	115,0
свинец	115,6

*Южно-Казахстанская область.* Опытное поле Южно-Казахстанского НИИ сельского хозяйства расположено на предгорной равнине (адырах) в пределах абсолютных высот 650 м на сероземах светлых суглинистых. Мощность гумусового горизонта 25...30 см. В поверхностном горизонте содержится 0,6...1,2 % гумуса и 0,06...0,1 % азота, их количество с глубиной снижается.

Посадку клубней топинамбура произвели 29 марта. Масса посадочных клубней была в пределах 30...90 г. Опыт был заложен в трех вариантах в трехкратной повторности методом полной рендомизации.

Схема опыта: 1-ый вариант – 70×20 см; 2-ой вариант – 70×30 см; 3-ий вариант – 70×70 см. Все делянки по длине разбили на три части. На первой части посажены крупные клубни с массой 51...90 г, на второй – средние 31...50 г и на третьей – мелкие до 31 г. В течение вегетационного периода на посевах проведены две культивации: первая – 10 мая, вторая – 20 июня. Даты поливов: первый – 24 апреля, второй – 18 мая, третий – 10 июня, четвертый – 5 июля, пятый – 6 августа. Органические удобрения вносили перед основной обработкой почвы из расчета 30 т на 1 га. Учет клубней проводили 10 октября.

Способы посадки не оказали заметного влияния на прохождение основных фаз развития растений до 8...10 листьев. Бутонизация в варианте с площадью питания 70×20 см наступила на один день позже по сравнению с вариантами посадки 70×30 см и 70×70 см. Цветение топинамбура в варианте 70×20 см наступает на один день позже по сравнению с вариантом 70×30 см и

на два дня позже варианта 70×70 см. Образование клубней топинамбура в вариантах 70×70 см наступило на 5 дней раньше по сравнению с вариантом 70×20 см и на два дня по сравнению с вариантом 70×30 см.

Полный цикл развития топинамбура с момента появления всходов до полного образования клубней находился в пределах 178...184 дня в зависимости от площади питания. В росте растений в длину до образования 8...10 листа между вариантами посадки заметной разницы не было.

С периода бутонизации (20 августа) длина растений в вариантах 70×20 см стала выше на 12...20 см и 21...46 см по сравнению с вариантом 70×30 см и 70×70 см. Разница в длине растений перед уборкой составила в пределах 21...60 см в зависимости от площади питания и находилась в пределах 175...235 см.

При учете урожая клубней топинамбура с одного куста в вариантах 70×30 см получено 13...14 клубней, из них в среднем крупные составили 2,5 %, средние – 41,1 %, мелкие – 56,4 %; в варианте 70×30 см – 14...15 клубней, из них, в среднем, крупные – 16,2 %, средние – 34,8 %, мелкие 49,1; в варианте 70×70 см – 23...27 клубней, из них, в среднем, крупные – 32,1 %, средние – 33,8 %, мелкие – 34,1 %.

Необходимо отметить, что хороший урожай клубней с одного куста можно получить только при посадке крупными клубнями по сравнению со средним и мелким посадочным материалом. Например, при площади питания 70×20 см крупные клубни получены только в варианте с крупным посадочным материалом, а в остальных вариантах процентное соотношение крупных клубней превышает на 3,7 и 10,9 %.

Чем крупнее посадочный материал, тем количество средних и мелких клубней уменьшается. В зависимости от площади питания и величины посадочных клубней содержание средних клубней с одного куста находится в пределах 28,6...46,2 %, а количество мелких клубней – 27,7...61,5 %.

Масса клубней с одного куста при площади питания 70×20 см составила 286,6...351,8 г, при площади питания 70×30 см – 391,2...485,5 г, при площади питания 70×70 см – 838,8...1075,5 г. При посадке крупными клубнями масса клубней с одного куста превышала на 34,6...106,4 г среднего посадочного материала и на 65,2...236,7 г мелкого посадочного материала.

Несмотря на меньшую массу клубней с одного куста, урожайность топинамбура при площади питания 70×20 см превышает соответственно на 17,3 и 31,3 ц/га при площади питания 70×30 см и 70×70 см.

### Выводы

#### Алматы:

– в условиях избытка влаги, размер посадочных клубней не оказывает заметного влияния на среднюю высоту растений;

– внесение удобрений и загрязнителей (свинца) выявило их влияние на высоту топинамбура:

Р	Рb	К	контроль	навоз	N
1,94 м	2,07 м	2,23 м	2,30 м	2,40 м	2,43 м

– внесение удобрений и загрязнителей выявил следующий ряд урожайности:

Р	Рb	К	N	контроль	навоз
31,2 кг	33,7 кг	35,0 кг	38,5 кг	43,4 кг	49,0 кг

– топинамбур не накапливает тяжелых металлы даже в условиях повышенного свинцового загрязнения почвы (до 20 мг/кг);

– накопление нитратов также не превышает 103,0...115,6 мг/кг в клубнях при ПДК NO<sub>3</sub> = 250 мг/кг.

#### Шымкент:

– при возделывании топинамбура в условиях юга Казахстана наиболее оптимальным способом посадки клубней является 70×70 см крупными клубнями (51...90 г).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзабиев Т.Т. Эффективность использования топинамбура сорта Скороспелка при выращивании молодняка свиней: Автореф. Дис. ... канд. с.-х. наук. – Владикавказ, 2003.
2. Емелина Т. Н. Комплексная переработка вегетативной части топинамбура с получением продуктов микробного синтеза: Автореф. Дис. ... канд. техн. наук. – Красноярск, 2003.
3. Зеленков В.В., Шаин С.С. Многоликий топинамбур в прошлом и настоящем. – Новосибирск: НТФ «Арис», 2000. – 241 с.
4. Зеленков В.Н. Особенности химического и минерального состава сухих экстрактов из различных частей топинамбура. // Химия и компьютерное моделирование. – 2002. – № 95.
5. Иманбаева А.А. Интродукция топинамбура (*Heliantus tuberosus* L.) на полуострове Мангышлак: Дис. ... канд. биолог. наук. – Алматы, 1996. – 156 с.
6. Кахана Б.М., Арасимович В.В. Биохимия топинамбура. – Кишинев,

1974. – 79 с.
7. Провести исследования по выращиванию кормовых культур и заготовке кормов из топинамбура с использованием бактериальных заквасок и их скармливание овцам: Отчет о НИР/ КазНПИ кормопроизводства и пастбищ. – № ГР 0101РК00189; Инв. № . 02.02.06.04.01. – Алматы, 2005. – Отв. исполн. К.А. Асанов, К.Е. Каржаубаев, Г.А. Кильдибекова и др..
  8. Разработать научные основы рекультивации земель и внедрение технологии производства сельскохозяйственных культур в условиях Акдалинского массива: Отчет о НИР/КазНАУ № ГР 0101РК00470; Инв. № 02.02.01.05.Н5. – Алматы, 2005. – Отв. исполн. Н.Т. Нургасенов, А.С. Каракальчиев, С.С. Арыстангулов.
  9. Сохранение генофонда и создание питомников редко встречающихся, перспективных лекарственных растений, используемых в медицине, ветеринарии и пищевой промышленности в условиях юга Казахстана: Отчет о НИР/Южно-Казахстанский НИИСХ. – № ГР 0101РК00520; Инв. № . 01.02.05.05.Н1. – Шымкент, 2005. – Отв. исполн. Ш. Зарпуллаев, Б. Амантаев.
  10. Шендеров Б. А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. – М.: ГрантЪ, 2001. Т. III. – 288 с.

Казахстанский университет Дружбы народов, г. Шимкент

### **ТОПИНАМБУРДЫҢ (HELIANTUS TUBEROSUS) ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ**

Б.К. Садыков

*Алматы, Оңтүстік Қазақстан облыстарында топинамбурды (Heliantus tuberosus) өсіру жағдайлары мен нәтижелері зерттелген. Қорғасынмен артық ластанған (20 мг/кг). топырақтың өзінде де топинамбур өз бойына ауыр металлдарды жинақтамайды. Түйіндерде нитрат жинақтауы 103,0...115,6 мг/кг аспайды, NO<sub>3</sub> шекті мөлшер концентрациясы – 250 мг/кг.*

УДК 634.0.1.114;631.4

**ПОЧВЫ ОБСОХШЕГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ**

Канд. биол. наук Т.К. Томина

*В связи с понижением уровня Аральского моря и обнажением обширных площадей морского дна проведены почвенные исследования по оценке современного состояния почвенного покрова восточной и юго-восточной части обсохшего дна Арала, выявлены острые почвенно-экологические проблемы и тенденции трансформации почв в условиях аридизации.*

В результате забора воды на орошение значительно снизился уровень Аральского моря, на восточном берегу море отступило на многие десятки километров, обсохла обширная область мелководья, многие острова соединились с сушей [2].

Для выяснения острых почвенно-экологических проблем, связанных с понижением уровня Аральского моря и интенсивным развитием на территории осушки процессов опустынивания, на обсохшем дне Арала в 2007...2008 г. были проведены почвенные исследования. Они были посвящены оценке современного состояния почвенного покрова, выявлению тенденций трансформации почв в аридных условиях. Заложены почвенные разрезы на разных типах почв основных почвенных контуров почвенных комплексов, сделано их описание.

За период полевых работ 2007 г. проведено почвенное обследование восточной части обсохшего дна на крупных контурах почвенных комплексов на площади 424 км<sup>2</sup>. Заложено семь почвенных разрезов на разных типах почв (такыровидная почва, такыровидная почва с навейным песчаным чехлом, лугово-болотная солончаковая обсохшая, солончак приморский обсохший, солончак приморский, солончак корково-пухлый, солончак маршевый). Проведено описание их по генетическим горизонтам, отобраны образцы почв. Взяты на анализ образцы воды из реки Сырдарья, Малого Арала, канала в Большой Арал, из скважины на Каскакулане.

В 2008 году проведено почвенное обследование на площади 672 км<sup>2</sup> юго-восточной части обсохшего дна. Заложено шесть почвенных разрезов на разных контурах почвенных комплексов: на приморской почве с навейным песчаным чехлом (сделано 3 разреза); такыровидной почве, такыровидной поч-

ве с навейным песчаным чехлом, солончаке корково-пухлом, сделана прикопка на лесополосе. Взяты образцы воды из поверхностных водоисточников: реки Сырдарьи, левобережного магистрального и оросительного каналов.

Формирование почвенного покрова обсохшего дна Арала обусловлено различными факторами ландшафтообразования, определяется литологией донных осадков и рельефом дна, минерализацией морской воды и влиянием экстрааридного климата. Ведущим фактором почвообразования является пустынный климат, определяющий развитие засолительного процесса в начальный период обнажения и быструю аридизацию территории с рассолением в последующий период развития. Обнажившиеся донные осадки представляют собой отложения морского и речного генезиса, в процессе дальнейшего развития подвергающиеся сложному воздействию ветрового и температурного агентов, растительного покрова. Вслед за отступлением моря на полосе осушки сразу же начинаются вертикальные формы водосолеобмена. Отмеченные признаки позволяют рассматривать обнажившиеся грунты как почвы, имеющие свои специфические особенности, проявляющиеся в сильной динамичности развития почвенного покрова. Вследствие дальнейшего понижения уровня моря и влияния экстрааридного климата происходит быстрый их переход в другие типы почв [6].

Таким образом, на обсохшей поверхности дна Аральского моря под влиянием природных факторов почвообразования (почвообразующие породы, климат, растительность и др.) формируются молодые приморские почвы, развитие которых протекает по зональному пустынному типу [8, 9].

В дальнейшем формирование почвенного покрова на обсохшем дне Арала протекает в трех основных направлениях.

1. При легкой песчаной и супесчаной литологии обнажающихся донных грунтов развитие почв начинается от маршевых солончаков через приморские солончаки к приморским почвам с навейным песчаным чехлом. Местами отмечается эоловая деструкция почвенного покрова и образование массивов слабозакрепленных песков.

2. При тяжелой литологии морских осадков в условиях открытых побережий формирование почв идет от маршевых солончаков через приморские, корково-пухлые, отакыривающиеся и такыровидные солончаки к такыровидным солонцевато-солончаковым пустынным почвам.

3. Наличие на обсохшем морском дне замкнутых бессточных впадин с застойными сильно минерализованными грунтовыми водами обеспечивает условия для образования соровых солончаков [8].

В условиях восточного побережья Аральского моря обнажающееся морское дно сложено с поверхности супесями и суглинками, которые подстилаются слоистыми глинами и суглинками, содержащими от 0,4 до 1,5 % растворимых солей хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного состава [9].

В настоящее время на обсохшем морском дне непосредственно к морю полосой 2...4 км в ширину примыкает полоса маршевых солончаков, лишенных естественного растительного покрова, вышедшая из-под морского затопления 1...2 года назад, которая является основным источником дефляции и аэрозольного соле-пылевого выноса и засоления прилегающих территорий. Она сменяется более широкой полосой приморских, корково-пухлых солончаков, заросшей однолетними солянками (солерос, сведа и др.). При 5...7 летнем и более лет осушении морского дна на супесчаных донных осадках поселяются многолетние солянки (сарсазан, карабарак, поташник и др.), на тяжелых грунтах – развитие растений замедляется, формируются угнетенные виды солянок. На территориях, обнажившихся из-под моря более 10...15 лет назад, формируются пустынные ландшафты, почвенные комплексы с такыровидными почвами и солончаками [9]. На поверхности формируется такыровидная достаточно прочная почвенная корка, которая является основным препятствующим фактором ветровому выносу солепылевой массы, так же, как и растительный покров (саксауловые леса, тамарикс, сарсазан, многолетние солянки).

Основное различие в развитии природных комплексов по двум эволюционным направлениям состоит в том, что в первом случае вскоре после обсыхания в силу вступают процессы дефляции и эоловой аккумуляции, которые и являются ведущими факторами на протяжении ряда степеней формирования ландшафтов, в том числе и почв.

#### **Общая характеристика почв обсохшего дна Аральского моря**

**Солончаки.** Это почвы, в которых содержание легкорастворимых солей с поверхности превышает 1 %. Обычно соли пропитывают весь профиль, образуя на поверхности выцветы, корку или пухлую корку мелкокристаллических скоплений. Солевая корка чаще всего содержит хлористый натрий или гипс, пухлая поверхность образуется при концентрации сернокислого натрия, черный цвет поверхности солончака придает сода, мокрые солончаки содержат большое количество хлора и магния. Образование этих почв связано с близким залеганием к поверхности минерализо-

ванных грунтовых вод (1...3 м), остаточным морским или аэрозольным эоловым засолением [6, 8].

В зависимости от способа образования среди солончаков различаются типичные (пухлые и корково-пухлые), луговые, соровые и вторичные. Растительный покров солончаков формируют в основном различные галофиты: сарсазан, карабарак, поташник и др., местами тамарикс, женгил и др. [3, 6, 8]. Солончаки – это неудобные для сельскохозяйственного использования земли [9].

**Солончаки маршевые** примыкают к кромке уреза воды в зоне интенсивных морских заплесков, развиваются под редкой солянковой растительностью (сведа, солерос) или без нее [3, 8]. Грунтовые воды хлоридного, местами сульфатного типов засоления с минерализацией 20...80 г/дм<sup>3</sup>, находятся на глубине от 0,3 до 3,0 м. Почвообразующими породами служат слоистые морские осадки песчано-глинистого состава [9].

**Приморские солончаки** образуются из маршевых солончаков на 2...3 год осушки донных осадков при достаточно высоком поверхностном и грунтовом увлажнении [9]. Формируются на равнине в понижениях (рис. 1). Почвообразующими породами служат засоленные слоистые озерно-морские отложения с преобладанием ракушниковых песков и супесей.



*Рис. 1. Солончак приморский.*

Приморские солончаки – самые молодые почвы этой зоны, прослеживаются полосой на бывшем морском дне после отступления моря. По-

верхность трещиноватая, с ракушками и куртинами растительности. Сильное засоление профиля, скопление видимых кристаллов солей, ржавые, глеевые пятна, которые формируются с поверхности и по всему профилю. С глубиной увеличивается увлажнение профиля – нижние горизонты сырые, сизоватая окраска переходит в желтовато-сизоватую, коричневую.

На 3...4 год существования солончаков начинается интенсивное выветривание поверхностной солевой корки и аэрозольный соле-пылевой вынос на прилегающую территорию [9].

*Описание разреза 1 (почва: солончак приморский).* Зона, прилегающая к государственному заповеднику Барсакельмес [8].

Ровная пологая равнина обсохшего дна Аральского моря. Основное растительное сообщество – сведовые всходы с проективным покрытием 60 %. Рельеф ровный, спокойный, плоский. Доминирующее растение сведа темно-розовая высотой 5...8 см, единичные тростниковые растения высотой 25 см. Почва по профилю бурно вскипает от 10 % HCl, карбонатная (рис. 1).

0...1,0 см. Серая, сухая, плотная корка, подстилаемая растительными остатками сvedы. Тяжелый суглинок, многочисленные целые и осколки ракушек. Переход ясный по сложению.

1,0...2,0 см. Серый, сухой, рыхлый, пылеватый, легкий суглинок, корни и сухие растительные остатки сvedы, осколки ракушек. Переход ясный по цвету и структуре.

2,0...19,0 см. Бежево-коричневый, свежий, плотный, комковато-зернистый, средний суглинок, пронизан корешками и корневыми волосками сvedы, осколки ракушек, редкие рыжие пятна. Переход ясный по цвету.

19,0...32,0 см. Коричневый, свежий, плотный, пластинчатый, средний суглинок, белые точечные вкрапления, рыжие пятна, блестки солей. Переход ясный по цвету.

32,0...58,0 см. Светло-коричневый, свежий, уплотненный, мелкозернистый, легкий суглинок, белые включения карбонатных солей, остатки ракушек, блестки солей, редкие рыжие пятна, личинки насекомого. Переход ясный.

58,0...61,0 см. Слой ракушек толщиной 2...3 см, рыжий, плотный, смесь с крупнозернистым песком. Переход ясный по цвету и механическому составу.

61,0...96,0 см. Коричнево-бурый, влажный, плотный, комковатый, легкий суглинок, блестки солей, рыжие пятна, точечные белые вкрапления. Переход резкий по цвету.

96,0...125,0 см. Серый, влажный, рыхлый, мелкозернистый песок, блестки солей.

Распределение солей по почвенному профилю солончака приморского неравномерное: максимальное количество в корковом (2,88 %) и подкорковом слое (7,3 %), с глубиной их количество уменьшается (2,67...0,4 %). Химизм засоления: по анионам хлоридно-сульфатный, по катионам магниевое-кальциевое-натриевый. Содержание гумуса выше в корковом (3,39 %) и подкорковом слое (1,24 %), по всему профилю низкое – (0,24...0,65 %) [8].

**Приморские почвы** распространены в полосе осушки морских осадков 4...7 года, на легких почвообразующих породах в комплексе с солончаками корковыми. С ними связано начало образования кучевых песков, навешанный песчаный чехол достигает высоты 30...50 см. Грунтовые воды с минерализацией 50...70 г/дм<sup>3</sup> залегают на глубине 1,2...1,5 м. На фоне однолетних солянок (сарсазан, солерос, карабарак) уже поселяются лебеда и многолетние кустарники (тамарикс). Физико-химические свойства почв характеризуются слоистостью донных осадков, высокой степенью карбонатности (СО<sub>2</sub> 6...9 %), щелочности (рН 8,4...9,1) и низкой гумусностью (0,1...0,5 %). В солевом профиле верхнего горизонта на фоне снижения общего процесса соленакопления отмечается увеличение количества сульфата натрия, происходит их интенсивное выветривание и солепылевой вынос [9, 7].

**Солончаки корковые** встречаются по окраине морских лагун в комплексе с приморскими почвами. Эти почвы отличаются образованием на поверхности прочной солевой корки хлоридного и сульфатно-хлоридного состава. Рассольные грунтовые воды постоянно подпитываются морскими водами. Уровень их не превышает 1,0...1,5 м. Благодаря высокой степени поверхностного засоления (сумма солей 2...11 %, с глубиной на легких грунтах снижается до 1 %) растительный покров отсутствует или представлен по окраинам лагун сарсазаном, карабарак и тамариксом. Как и все приморские почвы эти карбонатные (СО<sub>2</sub> 1...6 %), щелочные (рН 8,5...9) при относительно низкой емкости поглощения характеризуются активным накоплением обменного магния.

**Солончаки соровые** обычно формируются в замкнутых депрессиях рельефа – морских лагунах с застойными грунтовыми водами [3, 6, 9]. При выпаривании оставшейся морской воды поверхность почвы покрывается мощной солевой корочкой, которая препятствует поселению даже галофитов, поэтому они практически лишены растительного покрова [3]. Близкое залегание минерализованных грунтовых вод обеспечивает высокое засоление профиля, препятствующее развитию растительности. Солончаки соровые слабо затронуты почвообразованием. Строение профиля характеризуется наличием мелкокристаллической солевой корочки, образующейся в результате интенсивного летнего испарения грунтовых вод, под которой залегает влажная вязкая глинистая, чаще опесчаненная бесструктурная масса. Грунтовая вода на глубине 100...110 см. Реакция почвенного раствора щелочная. Видимые выделения солей по всему профилю [6].

**Солончаки корково-пухлые** образуются на обсохшей поверхности морских отмелей с грунтовыми водами на глубине 1,5...2,5 м, минерализацией 45...75 г/дм<sup>3</sup>. В профиле почв под хрупкой коркой вскрывается пухлый, пропитанный солями горизонт [3]. Физико-химические свойства солончаков характеризуются слоистостью донных отложений и их различной литологией, высокой карбонатностью (2,0...9,6 % CO<sub>2</sub>), сильнощелочной реакцией среды (pH 8,7...9,8). Средневзвешенное содержание солей в верхнем метровом слое составляет 1,2...3 %, в подсолевом – достигает 16 %. Распространены в комплексе с приморскими почвами. Для них характерно отсутствие растительного покрова [3, 6, 9].

**Описание разреза 9** (почва: солончак корково-пухлый). Почва по профилю бурно вскипает от 10 % HCl, карбонатная (рис. 2).

0...1,0 см. Серая сухая твердая солевая корочка с ракушками и их осколками, остатками растений.

0,3...9 см. Серый, сухой, рыхлый пухляк – смесь солей и почвы, ракушек, их остатков, корешки и корневые волоски растений, белые крапинки. Переход резкий по цвету и механическому составу.

9...28 см. Коричневый, свежий, плотный, среднезернистый, глинистый, корневые волоски отмерших растений седы, белые вкрапления, остатки ракушек. Переход постепенный по цвету.

28...49 см. Коричневый, свежий, плотный, призматический, глинистый, блестки солей, ржаво-бурые пятна, многочисленные белые точечные вкрапления. Переход ясный по цвету.

49...72 см. Коричнево-бурый, свежий, плотный, пластинчатый, глинистый, блестки солей, многочисленные рыже-бурые яркие пятна, белые точечные вкрапления. Переход постепенный по цвету.



*Рис. 2. Солончак корково-пухлый.*

72...88 см. Коричневый, более светлый, чем предыдущий, свежий, уплотненный, пластинчатый, средний суглинок, тонкие корневые волоски, размытые рыжие пятна. Переход постепенный по цвету.

88...96 см. Коричневый, свежий, плотный, пластинчатый, суглинок, размытые рыжие пятна и полосы, белые вкрапления.

Классическое распределение солей по профилю солончака корково-пухлого: максимум в подкорковом слое 3...9 см – пик до 10,23 % с плавным снижением вглубь почвенного профиля до величин 3,66...2,07 %. Химизм засоления: по анионам хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный; по катионам магниевое-кальциевое-натриевый и кальциевое-магниевое-натриевый. Максимальное содержание общего гумуса отмечено в верхнем корковом горизонте 0...3 см (3,52 %), ниже в подкорковом (1,17 %).

**Такыровидные почвы.** Почвы формируются в автоморфных условиях на молодых озерно-аллювиальных слоистых отложениях различного литологического и химического состава, характеризуются испарительным непромывным типом водного режима. На древне-аллювиальной равнине Приаралья, включая обсохшее дно Аральского моря площади такыровидных почв превышают 3,5 млн. га.

Почвообразующими породами для такыровидных почв служат песчано-пылеватые остаточные засоленные карбонатные песчано-глинистые аллювиальные отложения. Грунтовые воды залегают глубоко (5...10 и более м) и не оказывают влияния на современные процессы почвообразования. Растительный покров образуют изреженные саксаулово-полынно-солянковые группировки с небольшим участием эфемеров и эфемероидов (полынь, биюргун, тамарикс, клоповник, мятлик, мортук и др.) [3, 6, 7, 8].

Объединяющими показателями такыровидных почв являются: малая гумусность фульвокислотного состава, низкое содержание элементов минерального питания растений, низкая емкость поглощения, высокая щелочность, солонцеватость и остаточное засоление [6, 9].

**Описание разреза 5** (почва такыровидная). Плоская слабобугристая равнина с небольшими фитогенными буграми высотой до 40 см. Слабоволнистую поверхность придают имеющиеся полосы котловин выдувания по направлению преобладающих ветров. Уклона нет (рис. 3).



*Рис. 3. Такыровидная почва.*

Равнинная поверхность почти на 90 % покрыта сарсазаном, изредка встречается цветущий адраспан, отцветшая тимофеевка, полынь серая высотой 18...20 см. Редкие единичные кусты 5-летнего саксаула (до 100 см), тамарикса, кустики пустынной акации. На поверхности почвы бурые пятна от деятельности грибной и лишайниковой растительности. Анализ состояния растительного покрова показал, что идет процесс опустынивания степного ландшафта: появились представители пустынных сообществ (сарсазан, полынь). Почва карбонатная.

0...1,5 см Поверхностная серо-буроватая, сухая, трещиноватая, песчаная, пористая, рыхлая корочка, гумусированная растительными остатками. Рыхлые полигональные сильно пылеватые отдельности. Бурые пятна от грибов и лишайников, растительные остатки и мелкие корешки, встречаются ракушки и ее остатки, переход резкий по сложению.

1,5...17 см. Серый, сухой наносной слоистый песок, супесчаный, мелкие корешки, редкие белесые новообразования, переход ясный по цвету и сложению.

17...29 см. Серовато-бурый, свежий, супесчаный, встречаются мелкие корешки сарсазана, остатки ракушек, белые новообразования карбонатных солей, переход четкий по цвету и механическому составу.

29...36 см. Серо-бурый, свежий (более увлажненный, чем предыдущий), уплотненный, суглинистый, сплошь пронизан корнями сарсазана, крупные (крупнее, чем в предыдущем горизонте) крапинки белых карбонатов, переход по цвету резкий.

36...56 см. Светло-коричневый, свежий, плотный, среднезернистый, супесчаный, на светло-коричневом фоне имеются пестрые рыжие пятна и прожилки, крупные белые крапинки. В этом слое заканчивается скопление корней сарсазана. Переход не четкий по плотности и не ясный по цвету.

56...79 см. Светло-коричневый (светлее предыдущего), свежий, более рыхлый, чем предыдущий, крупнозернистый, супесчаный, имеются редкие белые вкрапления карбонатных солей, редкие корневые волоски растений.

79...109 см. Светло-коричневый, свежий, мелкозернистый, супесчаный, редкие корневые волоски, белые крапинки, рыжие пятна. Переход четкий по цвету, а по структуре постепенный.

109...135 см. Ярко желтый, свежий, рыхлый, среднезернистый, супесь, редкие рыжие пятна и белые вкрапления.

Засоленность верхних горизонтов такыровидной почвы разреза 8 средняя, с глубиной она сменяется на очень сильную. Химизм засоления

такыровидной почвы: 0...3 и 3...9 см – сульфатный, натриево-магниевый-кальциевый; хлоридно-сульфатный, магниевый-кальциевый-натриевый; глубже по профилю, в основном, сульфатно-хлоридный, кальциевый-магниевый-натриевый. Содержание общего гумуса в такыровидной почве невысокое и имеет три пика повышенного содержания на глубине 0...3, 9...32, 50...96 см в пределах 0,93...1,04 % [7].

**Пески.** Значительные площади песков, как заросших, так и голых образованы за последние годы на обсохшем дне Аральского моря, распространены на восточной и юго-восточной части. [3, 7]. Песчаные массивы неодинаковы по генезису (на аллювиальных, морских, континентальных отложениях), минералогическому составу (кварцевые, полевошпатовые) и рельефу (бугристые, грядовые, барханные, равнинные). Различаются они также по степени и длительности закрепления растительным покровом, что существенно сказывается на процессах почвообразования и формировании песчаных пустынных почв.

На песчаных массивах обсохшего дна Арала по генезису и формам рельефа отчетливо выделяются три типа песков:

а) бугристые и кучевые пески, образованные развеванием новейшего аллювия;

б) бугристо-грядовые пески, образованные за счет развевания древнего аллювия;

в) высокобугристо-грядовые пески – результат длительного процесса развевания коренных пород.

Оголенные эоловые пески встречаются редко, чаще здесь наблюдаются процессы зарастания жузгуном, астрагалом, песчаной акацией и эфемерным разнотравьем [8].

По мере отступления моря маршевые и приморские солончаки через 2...3 года трансформируются в корково-пухлые и соровые солончаки или приморские полугидроморфные засоленные почвы. Из последних в дальнейшем, в зависимости от литологии грунта, формируются песчаные почвы или почвы с такыровидными свойствами.

Подсчет площадей различных типов почв Приаралья по состоянию на 2008 год показал, что из общей площади земель 1670,5 тыс. га, преобладающими являются солончаковые почвы (643,3 тыс. га). Большие площади заняты приморскими почвами (311,1 тыс. га), песчаными (147,6 тыс. га) и серо-бурыми почвами и солонцами (146,7 тыс. га) [7].

Усыхание Аральского моря сопровождается формированием на обсохшем дне песчано-солевой пустыни, что приводит к образованию и развитию мощного источника пыли-солевых бурь. Уже начиная с 1975 года, стали регистрироваться мощные пылевые выносы с восточного побережья Аральского моря. В ближайшем будущем, по мере падения его уровня, произойдет дальнейшее увеличение размеров осушившейся полосы как в восточной, так и в южной его части.

В процессе исследований выявлены территории, подверженные процессам опустынивания, вызванного ветровой эрозией почв. На этих участках с почвами легкого механического состава отмечено развитие процессов ветровой эрозии с опесчаниванием почв, а также явления соле-пылепереноса и пыльных бурь [7].

#### **Процессы деградации почв на обсохшем дне.**

К природным и антропогенно-обусловленным процессам деградации природно-территориальных комплексов отнесены: водная и ветровая (дефляция) эрозия, засоление, импульверизация, подтопление и заболачивание, деградация пастбищ и техногенные процессы – загрязнение атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод.

Показатели развития процессов деградации земель: засоление, заболачивание, заиление и разрушение каналов, потеря плодородия, эрозия, уплотнение, пастбищная дигрессия, дефляция и др.

На территории обсохшего дна моря за период осушения получили распространение следующие экзогенные геологические процессы (ЭГП): засоление почв, подтопление и эоловые процессы – дефляция.

**Водная эрозия** в регионе проявляется в виде линейного, плоскостного смыва, зависящего от характера рельефа, уклона поверхности, глубины эрозионных борозд и промоин, механического состава почвенных разностей, нарушенности сплошного ареала почвенно-растительного покрова; в виде нарушений береговой полосы – эрозии коренного берега и оставшихся после кратковременного заполнения морской водой эрозионных ложбин [1].

**Дефляция.** Эоловые процессы развиты практически повсеместно, но наиболее существенно они развиты в тех местах, где уровень грунтовых вод находится ниже 2 м и на поверхность выходят песчаные отложения. Эоловой переработке подвергаются морские донные отложения и современные аллювиальные отложения. Наиболее интенсивно перерабатываются пылеватые пески, в меньшей степени – легкие супеси, очень слабо тяжелые супеси, суглинки и глины.

На большей части изученной территории эоловая переработка выражена в развитии на поверхности отложений песчаных бугорков высотой 20...30 см (рис. 4).



Рис. 4. *Вегетативный бугор на обсохшем дне Арала.*

*На песчаных массивах процессами дефляции интенсивно перерабатываются песчаные грунты морских, озерно-соровых отложений. На поверхности массивы эоловых песков имеют бугристый рельеф, высота бугров составляет от 1,5...2 до 3...5 метров, поверхность песков частично задернована травянистой растительностью. В засушливый период отмечается их перевывание. Образование мульчирующего песчаного слоя на поверхности приморских почв легкого механического состава и гигроскопически пухлого горизонта солончаков тяжелой литологии способствует уменьшению поверхностного испарения и накоплению влаги в средней и нижней частях профиля почв [6].*

Дефлированные и эродированные почвы в Приаралье распределены неравномерно, что связано с влиянием антропогенных факторов и бессистемным выпасом. На обсохшем дне моря отмечена дефляция всех типов солончаков (маршевых, приморских, сорных) с периодическим выносом песчано-солевого материала [1, 6].

**Засоление.** На обсохшем дне на площадях с уровнем грунтовых вод менее 3 м происходит засоление почв, вызванное интенсивным испарением с зеркала грунтовых вод. Следствием является образование солонцов и солончаков, распространенных в многочисленных плоскодонных понижениях, занятых сорами. Проявление поверхностного засоления на исследуемой территории достигает 20...30 %.

По данным 2007 года засоленность почв на разрезах восточной части обсохшего дна Арала доходила до: солончак приморский – 7,3; солончак приморский обсохший – 7,46; солончак маршевый – 2,3; такыровидная почва с навейным песчаным чехлом – 0,93; такыровидная почва – 1,65; солончак корково-пухлый – 10,23; лугово-болотная солончаковая обсохшая почва – 2,5 %. В 2008 году засоленность почв на юго-восточной части обсохшего побережья достигала: на приморской почве с навейным песчаным чехлом разреза 2...1,41; приморской почве с навейным песчаным чехлом разреза 3...6,83; приморской почве с навейным песчаным чехлом разреза 3'...1,60; такыровидной почве с навейным песчаным чехлом – 8,32; солончаке корково-пухлом – 11,19; такыровидной почве под саксаулом – 3,6; на лесополосе – 2,11 % [7, 8].

**Заболачивание и подтопление.** Подтоплению подвержена часть территории береговой зоны во время весенних разливов, а также территория, прилегающая к дамбе между Малым и Большим Аралом.

На обсохшем дне моря выделены формы воздействия на природные ландшафты в виде: развития наносных форм рельефа (мелкобарханные гряды; песчаные массивы; образования волновой ряби (песчаные косички), полос выдувания, котлованов выдувания; проявления водной эрозии коренного берега Арала. Наблюдается нарушение береговой полосы и образование временных заболоченных участков; образуются бессточные впадины (соры), усилились процессы испарения, расширились размеры засоленных территорий; произошло ухудшение свойств почв в результате интенсивного развития процессов опустынивания и засоления.

**Химический состав воды.** Химический анализ образцов воды из Малого Арала и попускного канала в Большой Арал ниже дамбы показал, что вода относится к сильносоленоватым (6,5 %) сульфатно-хлоридной, кальциево-натриевой минерализации. В прошлом оросительные воды Сырдарьи имели концентрацию солей – 0,28 г/дм<sup>3</sup>, ныне минерализация речных вод повсеместно увеличилась. Рост вызван общей зарегулированностью стока рек, возрастанием роли испарения, увеличением доли дренажных и возвратных вод, прошедших через почвы и грунты оросительных систем в долины [9]. По данным 2007...2008 годов вода из реки Сырдарьи относится к слабосоленоватым (2,8 %) гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатной, кальциево-магниевое-натриевой минерализации. Вода из оросительного (1,87 %) и магистрального (1,44 %) каналов является слабосоленоватой гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатной, магниевое-натриевой и

магниево-кальциевой минерализации. Вода из скважины на Каскакулане сильносоленоватая (3,62 %) гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридной, натриевой минерализации. Величина рН сдвинута в щелочную область [7, 8].

**Выводы.** Причиной проявления неблагоприятных процессов в Приаралье стало антропогенное воздействие, которое сказалось на: уровне Аральского моря; уровне грунтовых вод, их минерализации; загрязнении поверхностных и подземных вод. Произошло увеличение площадей дефляционно-опасных земель и активности эолового рельефообразования (подвижные, оголенные пески); проявилось вторичное засоление, увеличились площади солончаковых пустошей; усилились эрозионные процессы; вышли из строя оросительные и гидротехнические сооружения. Все это повлекло изменение физических и химических свойств почв: водно-солевого режима; снижение плодородия почв; снижение проективного покрытия и изменение видового состава растительных сообществ; уменьшение урожайности пастбищных и сенокосных угодий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимбаев А.К., Смагулов Т.А. Эрозия почв Приаралья. // Известия Мин. Науки-Академии наук, сер. биолог. – 1996. – № 1. – С. 21-26.
2. Боровский В.М. Усыхание Аральского моря и опустынивание в Приаралье. /Сб. Усыхание Аральского моря и опустынивание в Приаралье. Материалы координационного совещания по проблеме Аральского моря. Изд-во «Наука» Каз ССР. Алма-Ата: 1981. – 32 с.
3. Димеева Л. Государственный природный заповедник Барсакельмес. /Заповедники Средней Азии и Казахстана. Ред. Яценко Р.В. Алматы: Тетис, 2006. – С. 37.
4. Каражанов К.Д., Томина Т.К., Ажикина Н.Ж. Влияние антропогенной аридизации на трансформацию почв современной дельты Сырдарьи и обсохшего дна Аральского моря. // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 3. – С. 51-59.
5. Ковда В.А.. Оросительные воды как источник солей. // Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. – М.: Наука, 2008. – С. 100-101.
6. Некрасова Т.Ф., Киевская Р.Х., Можайцева Н.Ф. Почвы обсохшего дна Аральского моря. /Почвы Казахской ССР. Кзыл-Ординская область. Вып. 14. Алма-Ата. 1983 г. С. 238-248.
7. Оценить влияние аридизации на трансформацию почв Казахстанского Приаралья и разработать научные основы повышения их биологиче-

ской продуктивности: Отчет о НИР(окончательный)/Институт почвоведения. – Инв. № 0209РК00652. – Алматы, 2008 – 84 с. – Отв. исполн. Ф.Е. Козыбаева.

8. Оценить влияние аридизации на трансформацию почв Казахстанского Приаралья и разработать научные основы повышения их биологической продуктивности: Отчет о НИР(промежуточный)/Институт почвоведения. – Инв. № 0208РК00201. – Алматы, 2007 – 73 с. – Отв. исполн. Ф.Е. Козыбаева.
9. Фаизов К.Ш., Талапова А.С. Экология кризисной территории Приаралья и проблемы их решения. – Алматы.: ТОО «Print-S». – 2003. – 110 с.

КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, г. Алматы

### **КҮРҒАҒАН АРАЛ ТЕҚІЗІНІҢ ТАБАНЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТАР**

Биол. ғылымд. канд. Т.К. Гомина

*Арал теңізі денгейінің томендеп теңіз түбінің жалаңаштануына байланысты құрғаған Арал теңізінің шығыс және оқтүстік-шығыс бөлігіндегі ұшан теңіз топырақ жамылғысының қазіргі жағдайын бағалау мақсатында ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде кезек күттірмейтін топырақты-экологиялық проблемалары мен қуаңдану жағдайындағы топырақтардың трансформациялану бағыттары анықталды.*

УДК 501/504

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО МЕТОДИКАМ ОЦЕНКИ  
ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПО  
ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

А.М. Бажиева  
Доктор техн. наук      М.Ж. Бурлибаев  
Канд. геогр. наук      Э.А. Турсунов

*Приведено краткое описание трех методических рекомендаций, утвержденных Министерством охраны окружающей среды Республики Казахстан, отмечены их основные достоинства и недостатки, проведен сравнительный анализ и выработаны рекомендации по внедрению в систему «Казгидромета».*

В настоящее время для комплексной оценки качества воды в системе РГП «Казгидромет» используются «**Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям**» (Госкомгидромет СССР, Москва, 1988). Для краткости изложения назовем их **методом Госкомгидромета**.

С 1988 г. Казгидромет официально выпускает «Ежегодник качества поверхностных и морских вод и эффективности проведенных водоохраных мероприятий по территории Республики Казахстан». Он предназначен для органов управления и организаций, связанных по роду своей деятельности с использованием поверхностных вод и охраной природы. В этом издании, при анализе загрязненности и выявлении тенденции ее изменения, как основной показатель, согласно **методу Госкомгидромета**, используется индекс загрязненности вод (ИЗВ). При этом количество анализируемых загрязняющих веществ ограничивается для поверхностных вод 6-ю, для морских 4-я ингредиентами. В расчет берутся наибольшие значения, независимо от того, превышают они ПДК или нет, как обязательное условие, данные по пестицидам не принимаются. В состав этих лимитируемых ингредиентов включены как обязательные показатели растворенного кислорода и биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>). Как следствие такого ограничения количества ингредиентов, по которым определяются ИЗВ, расчетные формулы выглядят следующим образом, для поверхностных вод

$$ИЗВ_p = \left( \frac{\sum_{i=1}^6 C_i}{ПДК_i} \right) / 6 ,$$

и для морских вод

$$ИЗВ_{м.в.} = \left( \frac{\sum_{i=1}^4 C_i}{ПДК_i} \right) / 4 ,$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества,  $ПДК_i$  – предельно-допустимая концентрация  $i$ -того вещества [2].

Выбранные значения 6 и 4 являются случайным набором веществ, ориентированных, прежде всего, на максимальное содержание в среде. В табл. 1 приведены критерии индекса загрязненности вод, согласно изложенной выше методике.

Таблица 1

Критерии индекса загрязненности вод согласно методу Госкомгидромета

Класс качества	Характеристика качества	Гидрохимический показатель (ИЗВ)
I	очень чистая	0,0...0,3
II	чистая	0,31...1,0
III	умеренно-загрязненная	1,01...2,5
IV	загрязненная	2,6...4,0
V	грязная	4,1...6,0
VI	очень грязная	6,1...10,0
VII	чрезвычайно грязная	> 10

«Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям» разработан Гидрохимическим институтом Росгидромета (ГХИ) (РД 52.24.643-2002) определяется статьей 78 Водного Кодекса Российской Федерации (**метод ГХИ**) состоит в том, чтобы дать обоснованную статистическую информацию об уровне загрязненности поверхностных вод в стране по гидрохимическим показателям.

В основу **метода ГХИ** положен тот же принцип определения класса загрязненности воды, что и в выше приведенной методике, в данном случае это удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ).

Относительная оценка качества воды и расчет комбинаторного индекса загрязненности проводится в 2 стадии: сначала по каждому изучаемому ингредиенту и показателю загрязненности воды, и только потом рас-

смагивается весь комплекс загрязняющих веществ и выводится резуль-  
тирующая оценка. Для выбранного объекта по каждому ингредиенту оп-  
ределяются повторяемость случаев загрязнения  $a_{ij}$ , т.е. частота обнаруже-  
ния концентраций, превышающих ПДК

$$a_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}},$$

где  $n'_{ij}$  – число результатов анализа по  $i$ -му ингредиенту в  $j$ -ом створе за рассматриваемый период времени, в которых концентрации превышают ПДК,  $n_{ij}$  – общее число результатов химических анализов за рассматри-  
ваемый период времени по  $i$ -му ингредиенту в  $j$ -ом створе.

На основе повторяемости определяется характер загрязненности воды в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Классификация воды водных объектов по признаку повторяемости случаев загрязненности [4]

Повторяемость, %	Характеристика загрязненности воды и водных объектов по признаку повторяемости	Частный оценочный балл по повторяемости $S_{aij}$	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1% повторяемости
[1*; 10)	единичная	[1; 2)	0,11
[10; 30)	неустойчивая	[2; 3)	0,05
[30; 50)	устойчивая	[3; 4)	0,05
[50; 100)	характерная	4	-

\*При значениях повторяемости меньше единицы принимаем  $S_{aij} = 0$

Согласно табл. 2, по значениям повторяемости и данным классификации воды рассчитывается частный оценочный балл по повторяемости  $S_{aij}$ . Установление баллов проводится с применением линейной интерполяции. Среднее значение кратности ПДК  $\beta_{ij}$  рассчитывается только по результатам анализа проб, где такое превышение наблюдается. Расчет ведется по формуле

$$\beta_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^{n'_{ij}} \beta_{ifj}}{n_{ij}^1},$$

где  $\beta_{ifj} = \frac{C_{ifj}}{ПДК_i}$  – кратность превышения ПДК по  $i$ -му ингредиенту в  $f$ -ом результате химического анализа, для  $j$ -го створа,  $C_{ifj}$  – концентрация  $i$ -го ингредиента в  $f$ -ом результате химического анализа для  $j$ -го створа, мг/дм<sup>3</sup>.

На основе  $\beta_{ij}$  и данных табл. 3 рассчитывается оценочный балл по кратности  $S\beta_{ij}$ .

Таблица 3

Классификация воды водных объектов по уровню загрязненности [4]

Кратность превышения нормативов	Характеристика уровня загрязненности	Частный оценочный балл по кратности превышения нормативов $S\beta_{ij}$	Доля частного оценочного балла приходящаяся на единицу кратности превышения нормативов
[1; 2)	низкий	[1; 2)	1,00
[2; 10)	средний	[2; 3)	0,125
[10; 50)	высокий	[3; 4)	0,025
[50; +∞)	экстремально высокий	4	0,025

Далее определяется обобщенный оценочный балл  $S_{ij}$  по каждому ингредиенту. Рассчитывается как произведение частных оценочных баллов по повторяемости случаев загрязненности и средней кратности превышения ПДК

$$S_{ij} = S_{aij} \cdot S\beta_{ij},$$

где  $S_{aij}$  – частный оценочный балл по повторяемости случаев загрязнения  $i$ -ым ингредиентом в  $j$ -ом створе за рассматриваемый период времени,  $S\beta_{ij}$  – частный оценочный балл по кратности превышения ПДК  $i$ -го ингредиента в  $j$ -ом створе за рассматриваемый период времени.

Обобщенный оценочный балл дает возможность учесть одновременно величину наблюдаемых концентраций и частоту обнаружения случаев превышения ПДК по каждому ингредиенту. Далее определяется комбинаторный индекс загрязненности воды по формуле

$$S_i = \sum_{i=1}^{N_i} S_{ij}.$$

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) окончательно определяем по формуле

$$S_j^1 = \frac{S_j}{N_j},$$

где  $S_j^1$  – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды в  $j$ -ом створе,  $S_j$  – комбинаторный индекс загрязненности воды в  $j$ -ом створе,  $N_j$  – число учитываемых в оценке ингредиентов.

Как видим, принцип достаточно простой. Ингредиенты, по которым есть превышение ПДК, делятся на общее количество измеряемых ингредиентов. Их общее количество в Российской методике строго не регламентируется. Нижний предел учитываемых ингредиентов определяется их минимальным числом, характеризующим качество воды по показателям вредности. Верхний предел не ограничивается. Однако при машинной обработке, ингредиенты находящиеся в знаменателе лимитированы количеством от 10 до 23. Данное количество и состав определены с учетом характерных загрязняющих веществ на территории Российской Федерации. В то же самое время Казахстанские лаборатории измеряют 43 показателя.

**«Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию»**, утверждена Министерством охраны окружающей среды Республики Казахстан в марте 2003 г. Для краткости далее будем называть их методом **Бурлибаева** по фамилии основного разработчика и редактора.

При общей оценке качества поверхностных вод необходимо иметь в виду, что ингредиенты наравне с проявлением различной степени влияния также играют существенную роль в изменении физико-химического свойства вод ввиду различности своего химического происхождения.

Весь перечень ингредиентов, по которым ведутся гидрохимические анализы, разделен на условные группы по таким показателям – как генетическое происхождение, химическое строение, токсичность и др. Всего таких групп шесть: главные ионы, биогенные элементы, тяжелые металлы, ядовитые вещества, органические вещества, хлорорганические пестициды. Такое объединение загрязняющих веществ на условные группы не противоречит исследованиям О. Алекина, А. Никанорова, Е. Посохова и др., аналогично подходящих к изучению химического состава природных вод.

С учетом максимального соответствия требованиям различных водопотребителей (водопользователей), вычисление ИЗВ ведется по каждой группе в отдельности с включением в обязательном порядке в расчетные ряды всех ингредиентов, обнаруженных в водном объекте путем гидрохимического анализа и официально публикуемых в «Ежегодниках качества поверхностных вод». Для придания определяемым ИЗВ признаков комплексности оценки в рамках гидрохимических показателей автор воспользовался критерием комплексности, введенным в гидрохимическую практику В.Емельяновой

$$N = (n' / n)100 \% \geq 10 \% ,$$

где  $N$  – условный показатель комплексности загрязненности,  $n'$  – число ингредиентов и показателей качества, привлекаемых для определения ИЗВ<sub>*j*</sub>,  $n$  – общее число нормируемых ингредиентов и показателей качества в данном створе (гидрохимическом районе) водного объекта.

Из такого определения, оценка качества поверхностных вод действительно становится комплексной в случае, если условный показатель превышает 10 % [1].

Общий комплексный индекс загрязненности вод (КИЗВ) и индекс загрязненности вод (ИЗВ) для условных групп могут быть определены только с помощью ингредиентов, которые входят в эту группу и превышают собственные ПДК. Нормируя химические элементы с помощью ПДК, мы заранее причисляем их к «незагрязняющим», из чего следует, что загрязняющие элементы надо искать в среде тех, которые превышают собственные ПДК.

Определение КИЗВ для каждой группы производится по формуле

$$КИЗВ_j = (\sum_{i=1}^n C_i / ПДК_i) / n ,$$

где  $КИЗВ_j$  – индекс загрязненности вод  $j$  – ой группы,  $C_i$  –  $i$ -ая концентрация ингредиента из  $j$ -ой группы, мг/дм<sup>3</sup>,  $ПДК_i$  –  $i$ -ая предельно-допустимая концентрация, соответствующая  $C_i$ , мг/ дм<sup>3</sup>,  $n$  – количество ингредиентов из  $j$ -ой группы, участвующих в определении  $КИЗВ$  [3].

Хотелось бы отметить, что при расчете КИЗВ по методу **Бурлибаева** не включается растворенный кислород и БПК<sub>5</sub>, они классифицируются отдельно. В выше перечисленных методиках, степень превышения концентрации растворенного кислорода над ПДК рассчитывается по формуле: норматив/содержание. Может быть, в этом случае имелось в виду определение доли ПДК растворенного кислорода от фактического содержания? В противном случае, при несомненном превышении фактического содержания кислорода над нижним лимитированием (ПДК в зимний период  $\geq 4$ ; ПДК в открытый период  $\geq 6$  мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), по предлагаемой формуле определяется вовсе не превышение концентрации над ПДК, а доля норматива от фактического содержания. Определяемая таким образом модульная величина никак не может быть вознесена в категорию определения степени загрязнения.

Другой путь решения, т.е.  $C_i/ПДК_i$  к растворенному кислороду также не применим, ибо, определяя кратность превышения фактической

концентрации над ПДК, полученную модульную величину тоже не возможно соотносить к категории показателей загрязнения. При постоянном превышении фактической концентрации над ПДК, получаемые модульные коэффициенты более соответствуют показателю благополучности водного объекта по режиму растворенного кислорода, нежели чем загрязнения. Обратный случай показателя растворенного кислорода, т.е. при фиксации меньших фактических концентраций, чем ПДК необходимо говорить об ущемленности водного объекта по режиму растворенного кислорода.

Поэтому ИЗВ по кислороду, не должны анализироваться вместе с другими ИЗВ, т.к. они являются показателями разноплановых задач и решений. В данном случае целесообразно вести речь об отдельном анализе водного объекта по кислородному режиму, как рассматривается по **методу Бурлибаева**.

Таблица 4

Общая классификация водных объектов по степени загрязнения

Степень загрязнения	Оценочные показатели загрязнения водных объектов			
	по КИЗВ	по КИЗВ с учетом класса опасности	по растворенному кислороду, мг/дм <sup>3</sup>	по БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
Нормативно чистая	до 1,0	до 2,0	4,0	3,0
Умеренного уровня загрязнения	1,0...3,0	2,0...6,0	3,0	6,0
Высокого уровня загрязнения	3,0...10,0	6,0...10,0	2,0	8,0
Чрезвычайно высокого уровня загрязнения	> 10,0	> 10,0	1,0	8,0

Таким образом, в настоящее время на территории Республики Казахстан Министерством охраны окружающей среды утверждены три описанные выше методики по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Для сравнительной оценки приводим результаты расчетов по трем методикам в озерах Боровое и Большое Чебачье за первый квартал 2008 года (табл. 5).

Как видно наименьший уровень загрязнения для данных водных объектов получен по методике ГХИ. Значения комбинаторного индекса для оз. Боровое более чем в 1,5 раза меньше значения индекса загрязненности воды, посчитанного по методике Госкомгидромета, и более чем в 2,5 раза, меньше значений комплексного индекса загрязненности, посчи-

танного по методике Бурлибаева. Для оз. Большое Чебачье данная тенденция сохраняется при несколько меньших отличиях.

Таблица 5

Сравнительный анализ по различным методикам

Метод Госкомгидромета		Метод ГХИ		Метод Бурлибаева	
ИЗВ	степень загрязнения	КИЗВ	степень загрязнения	КИЗВ	степень загрязнения
<b>Боровое</b>					
1,9	умеренно загрязненная	1,19	слабо загрязненная	3,18	высокого уровня загрязнения
<b>Большое Чебачье</b>					
3,3	загрязненная	2,38	загрязненная	3,97	высокого уровня загрязнения

Наибольшие значения и, соответственно, наиболее высокий уровень загрязнения данных водных объектов получился согласно расчетам по методике Бурлибаева, поэтому, учитывая особенности всех трех описанных выше методов, можно говорить о ней как наиболее объективной. Данная методика широко применяется в настоящее время в системе Комитета по водным ресурсам.

В системе Казгидромета началось внедрение **метода ГХИ**. Однако, в строгом соответствии с Российской методикой, необходимо провести специальные исследования для каждого отдельного створа на территории Республики Казахстан, чтобы определить на основе какого количества и каких ингредиентов оценивать качество поверхностных вод.

Можно предположить, что для каждого водного объекта будет существовать характерный состав показателей, который не всегда будет совпадать с характерными показателями других водных объектов. Вполне возможно понадобится определение списков показателей для каждого региона Казахстана в отдельности. Поэтому, для внедрения данной методики, необходимо провести комплексные обследования загрязнения природной среды для каждого региона или бассейна, в котором на основе информации об источниках загрязнения и их характеристиках составить приоритетные списки загрязняющих веществ. Данные исследования должны включать характеристику хозяйственной деятельности на исследуемой территории, перспективы её развития, описание основных сбросов промышленных и коммунальных предприятий, их местоположение, данные о типах, объемах, составе и характеристиках очистных сооружений. На основе этих исследований необходимо составить и утвердить законодатель-

но региональный список ингредиентов. Оценку качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям производить с использованием **методики ГХИ**, руководствуясь исключительно этим списком. Только в таком случае, можно ожидать объективной информации о состоянии окружающей среды для каждого региона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Байманов Ж.Н., Тажмагамбетов Е.А. Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям (учебное пособие). – Алматы.: Ғылым, 2007. – 96 с.
2. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госком по гидрометеорологии, 1988. – 10 с.
3. ПР РК 52.5.06 – 03 Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах подверженных интенсивному антропогенному воздействию.– Астана.: Каганат. – 2003. – 80 с.
4. РД 52.24.643 – 2002 Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – М.: Росгидромет, 2002. – 34 с.

РГП «Казгидромет» МООС РК, г. Алматы

#### **ЖЕР БЕТІ СУЛАРЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРМЕН ЛАСТАНУЫН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕЛЕРІНЕ БЕРІЛГЕН ҰСЫНЫСТАР МЕН ЕСКЕРТУЛЕР**

	А.М. Бажиева
Техн. ғылымд. докторы	М.Ж. Бурлібаев
Геогр. ғылымд. канд.	Э.А. Тұрсынов

*Қазақстан Республикасы Қоршаған ортаны қорғау Министрлігінде бекітілген үш әдістемелік ұсыныстарға қысқаша баяндама берілген, олардың негізгі жақсы және жаман жақтары көрсетіліп, салыстырмалы талдау өткізілді және «Казгидромет» жүйесіне енгізуге ұсыныстар өңделді.*

УДК 631.582

**ТОКСИЧНЫЕ И НЕТОКСИЧНЫЕ СОЛИ ПОЧВ НА  
МОНОКУЛЬТУРЕ ХЛОПЧАТНИКА И В СЕВООБОРОТЕ**

Канд. с.-хоз. наук М.Ж. Аширбеков

*Исследовано содержание токсичных и нетоксичных ионов солей в бессменных посевах хлопчатника и в севообороте. Результаты показали, что на бессменном посеве содержание токсичных солей составляет 1,5...2,5 г/дм<sup>3</sup>, а на севообороте – 1,0...1,5 г/дм<sup>3</sup>.*

В мелиоративных исследованиях определение содержания солей в почве имеет важное значение. Солевой режим орошаемых почв, подверженных процессам сезонного засоления – рассоления, состоит из множества циклов попеременного изменения направления движений солевых токов, накопления и выноса солей из почвы. Исходя из этого, Н.Г. Минашина рассматривает солевой режим почвы как динамическое равновесие этих процессов [2].

Солевой режим орошаемых почв во многом определяется режимом грунтовых вод, степенью их минерализации, наличием водорастворимых солей в почвообразующих породах, режимом и техникой орошения. Оросительная вода изменяет солевой режим не только в корнеобитаемом слое, но и во всей зоне аэраций. В условиях орошения даже при глубоком залегании уровня грунтовых вод отмечается изменение водно-солевого режима почвы.

Многие исследователи утверждают, что солевой режим светлых сероземов Голодной степи находится в прямой связи с режимом влажности почвы и грунтовыми водами, так как передвижение водорастворимых солей происходит с водой. Поэтому приход воды в почву, расход ее из почвы и распределение внутри почвы оказывает большое влияние на солевой баланс почвы. Накопление солей в верхнем горизонте, в частности, в почвогрунте над грунтовой водой происходит в результате капиллярного поднятия засоленных грунтовых вод и их последующего испарения. Солевой режим называется критическим, если концентрация солей в почвенных растворах периодически приближается к токсическому уровню для сельскохозяйственных растений, но не превышает его. Величина критиче-

ского уровня содержания солей в почвенном растворе на основе большого экспериментального материала принята как  $12 \text{ г/дм}^3$  – для хлоридно-сульфатных и  $7 \text{ г/дм}^3$  – для хлоридных типов засоления почвы.

В начале вегетации концентрация почвенного раствора самая низкая и обычно не превышает  $2 \text{ г/дм}^3$  по токсичным солям. Поэтому, чтобы не происходило угнетение хлопчатника, необходимо регулирование солевого режима в пределах ниже критического ( $7 \dots 10 \text{ г/дм}^3$ ).

Сероземно-луговые почвы старой зоны орошения, пройдя условия гидроморфного и полугидроморфного режимов увлажнения, на современном этапе находятся на различных стадиях рассоления. Неодинаковые почвенно-мелиоративные условия создают пестроту в почвенном покрове, выраженную в частой перемежаемости почв с различной степенью засоления [4]. Практическое значение этого явления заключается в необходимости дифференцированного подхода к территории при ее освоении, то есть регулированию промывных норм, поливов и т.д. [6].

Анализ полной водной вытяжки солей почвы (химический состав водной вытяжки солей, содержание токсичных солей и др.) проводили в лаборатории мелиорации, отдела мелиорации и орошения СоюзНИХИ (г. Ташкент) под руководствами профессора Н.Ф. Беспалова и профессора Г.А. Безбородова.

На опытном участке среднеминерализованные грунтовые воды располагались на глубине около 2,5 м весной, а осенью снижалась до 4,5 м. При такой глубине стояния грунтовых вод всегда присутствует подток влаги из нижележащих слоев почвогрунта и грунтовых вод в корнеобитаемую зону почвы. Вместе с влагой передвигаются и водорастворимые соли, которые накапливаются в верхних горизонтах. Следовательно, при всех вариантах опыта в конце вегетационного периода происходит сезонное соленакопление, интенсивность которого зависит от типа возделываемой культуры и ее поливного режима. Об этом свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1.

Изучение вредных и токсичных солей почвы на различных схемах хлопковых севооборотов проводилось в многолетнем комплексном стационарном опыте на сероземно-луговых почвах староорошаемой зоны Казахской части Голодной степи (КазНИИ хлопководства МСХ РК). Глубина залегания среднеминерализованных ( $4 \dots 5 \text{ г/дм}^3$ ) грунтовых вод – 2,5...3,5 м. Почвы опытного участка по механическому составу среднесуглинистые.

Таблица 1

Содержание токсичных солей в метровом слое почвы за период вегетации

Вариант опыта	Сезон года	Токсичные соли					Нетоксичные соли
		MgSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	KCl	Сумма	
В начале первой ротации							
Монокультура хлопчатника без удобрений	весна	0,086	0,048	0,007	0,010	0,151	0,154
	осень	0,110	0,051	0,029	0,025	0,215	0,192
Монокультура хлопчатника удобряемая (К)	весна	0,086	0,044	0,005	0,007	0,142	0,152
	осень	0,116	0,048	0,028	0,023	0,215	0,189
3:7 без удобрений	весна	0,086	0,043	0,006	0,012	0,147	0,156
	осень	0,106	0,056	0,018	0,016	0,196	0,168
3:7 удобряемая	весна	0,087	0,042	0,006	0,013	0,148	0,159
	осень	0,106	0,049	0,018	0,015	0,198	0,170
2:4:1:3 удобряемая	весна	0,078	0,039	0,004	0,007	0,128	0,154
	осень	0,101	0,049	0,017	0,013	0,180	0,163
3:4:1:2 удобряемая	весна	0,086	0,048	0,005	0,010	0,149	0,162
	осень	0,116	0,079	0,018	0,015	0,228	0,174
3:3 удобряемая	весна	0,091	0,047	0,007	0,012	0,157	0,174
	осень	0,116	0,079	0,018	0,015	0,228	0,194
В конце первой ротации							
Монокультура хлопчатника без удобрений	весна	0,086	0,049	0,007	0,012	0,154	0,184
	осень	0,121	0,063	0,039	0,028	0,251	0,190
Монокультура хлопчатника удобряемая (К)	весна	0,096	0,051	0,005	0,010	0,162	0,194
	осень	0,106	0,056	0,035	0,017	0,214	0,204
3:7 без удобрений	весна	0,096	0,051	0,007	0,012	0,166	0,179
	осень	0,101	0,059	0,0028	0,015	0,203	0,183

3:7 удобряемая	весна	0,086	0,049	0,003	0,009	0,147	0,150
	осень	0,111	0,059	0,028	0,019	0,217	0,183
2:4:1:3 удобряемая	весна	0,091	0,047	0,004	0,008	0,150	0,159
	осень	0,101	0,066	0,028	0,015	0,210	0,169
3:4:1:2 удобряемая	весна	0,076	0,046	0,002	0,007	0,131	0,122
	осень	0,096	0,070	0,028	0,017	0,217	0,176
3:3 удобряемая	весна	0,081	0,048	0,003	0,008	0,140	0,163
	осень	0,106	0,079	0,026	0,018	0,229	0,199

В связи с тем, что на опытном участке ежегодно проводилась профилактическая промывка (промывной нормой 2,5...3,0 тыс. м<sup>3</sup>/га), почвы опытного участка во всех вариантах весной были незасоленными. Содержание наиболее токсичного хлор-иона в среднем в слое 0...100 см не превышало 0,01 %. В конце вегетационного периода отмечалось сравнительно небольшое соленакопление, поэтому почвы на всех вариантах опыта переходили из категории незасоленных в категорию слабозасоленных. Прослеживалась тенденция к большему накоплению хлор-иона в вариантах с монокультурой хлопчатника, по сравнению с вариантами, где хлопчатник возделывался в севообороте. Наиболее оптимальным, в части рассоления почв, оказался 7-й вариант опыта (схема 3:3), где люцерна сменяет хлопчатник через каждые три года.

Выполненные анализы на содержание водорастворимых солей показывают, что почвенный покров опытного участка отличается большим разнообразием засоления. Глубина залегания солевого горизонта варьирует в пределах трехметрового слоя с максимумом в двух метровом слое почвы.

Для растений хлопчатника хлориды являются наиболее токсичными солями. В результате повышенного хлоридного засоления отмечается резкое снижение урожайности хлопчатника и качества хлопкового волокна. Хлориды также отрицательно действуют на водный режим почвы и растения. Они снижают транспирацию растений. Содержание хлор-иона в почве зависит не только от засоленности почвогрунтов, подстилающих пород и грунтовых вод, но и от минерализации поливной воды и величины водоподачи. В целом весной содержание хлор-иона в метровом слое почвы составляло 2,6...3,5 % и осенью 5,9...7,3 % от суммы солей.

Сульфат-ион в почве достигает наибольших величин. Он имеет первостепенное значение в жизнедеятельности растений, является составной частью многих компонентов растительной клетки и играет важную роль в свойствах и структурных превращениях белковых молекул в окислительно-восстановительных процессах. Однако, высокое накопление иона сульфатов в почве может привести к гибели растений. Влияния накопления солей в почвах под сельскохозяйственными культурами отмечены в трудах В.Е. Кабаева, Б.А. Пиуновского и А.А. Шахова [1, 3, 5].

В условиях эффективной работы дренажа сульфат-ион из почвы вымывается менее интенсивно, чем хлориды. Со временем количество гипса в почве несколько увеличивается. Этот процесс имеет большое значение для предохранения почв от солонцовых явлений. Следует отметить, что по содержанию сульфат-иона почва остается слабозасоленной и такое

количество не ухудшает состояние почвы. Сульфат-ион к концу вегетации на монокультуре хлопчатника накапливался в большем количестве, что в значительной степени ухудшает солевой режим почвы.

Магний в почве является необходимым элементом для нормального роста и развития растений. Он играет важную роль при созревании хлопкового волокна, так как входит в состав пектиновых веществ. Однако повышенное содержание его может вызывать гибель растений.

Из полученных данных следует, что содержание иона магния в почве было меньше содержания иона кальция более чем в 2 раза. В начале вегетации хлопчатника содержание ионов магния было примерно одинаковым во всех вариантах. Такое явление объясняется тем, что вегетационный влагозарядково-промывной полив речной водой выравнивает содержание иона магния в почве. Однако к концу вегетации на монокультуре хлопчатника наблюдалось некоторое увеличение содержания ионов магния. В начале вегетации содержания иона магния составляло 5,5...5,8 %, а в конце – 4,8...4,9 % от суммы водорастворимых солей. Такое содержание ионов магния в почве является допустимым для роста и развития хлопчатника.

Для нормального роста и развития растений необходимо иметь в почвенном растворе сбалансированное содержание ионов и в первую очередь натрия и калия. Значение калия в жизни растений многообразно. Он способствует нормальному течению фотосинтеза, усиливает отток углеводов из листьев в другие органы, активизирует работу многих ферментов. В почве содержание его всегда больше, чем содержание фосфора и азота, вместе взятых. Однако большая часть калия в почве находится в нерастворимой и малоусваиваемой для растений форме. Отмечается накопление иона калия от весны к осени в 1,5...2,0 раза.

Содержание ионов натрия в метровом слое примерно в 3,0...3,5 раза превышало содержание ионов калия. Однако по абсолютным величинам его количество в разных вариантах опыта было небольшое и условий для процесса осолонцевания почв не создавалось. Следует отметить, что ионы солей оказывают большое влияние на изменение водно-физических и физико-химических свойств почвы, а также на состояние растений.

При исследовании засоленных почв важно определять не только степень (количество), но и характер (тип) засоления почв. Он устанавливается по соотношению в составе солей различных химических элементов.

Таблица 2

Влияние эксплуатационной промывки речной водой на вымыт солей из почвы при возделывании хлопчатника на монокультуре и в севообороте

Вариант опыта	До промывки, %		После промывки, %		Вымыто солей, %	
	плотный остаток	хлор-ион	плотный остаток	хлор-ион	плотный остаток	хлор-ион
Слой почвы 0...100 см						
Монокультура хлопчатника без удобрений	0,424	0,033	0,332	0,007	21,7	78,8
Монокультура хлопчатника удобряемая	0,406	0,029	0,326	0,006	19,7	79,3
3:7 без удобрений	0,364	0,017	0,320	0,008	12,1	52,9
3:7 удобряемая	0,362	0,015	0,305	0,006	15,7	60,0
2:4 1:3 удобряемая	0,366	0,020	0,310	0,006	15,3	70,0
3:4:1:2 удобряемая	0,385	0,018	0,294	0,005	23,6	72,2
3:3 удобряемая	0,378	0,011	0,323	0,006	14,6	45,5
Слой почвы 0...300 см						
Монокультура хлопчатника без удобрений	0,455	0,033	0,398	0,015	12,5	54,5
Монокультура хлопчатника удобряемая	0,446	0,030	0,395	0,014	11,4	53,3
3:7 без удобрений	0,390	0,017	0,340	0,013	12,8	23,5
3:7 удобряемая	0,392	0,016	0,338	0,012	13,8	25,0
2:4:1:3 удобряемая	0,398	0,018	0,335	0,012	15,8	33,3
3:4:1:2 удобряемая	0,415	0,015	0,325	0,006	21,7	60,0
3:3 удобряемая	0,412	0,010	0,332	0,008	19,4	20,0

результатам водной вытяжки соотношение ионов хлора и сульфата составило весной от 0,05 до 0,08 и осенью от 0,14 до 0,18. Следовательно, такое соотношение соответствует сульфатному типу засоления.

**Содержание токсичных солей** было определено нами путем пересчета данных водных вытяжек. Результаты пересчета ионов в гипотетические соли приведены в таблице 2. Из полученных данных следует, что содержание токсичных солей в метровом слое почвы весной было примерно одинаковым или большим на 8...20 %, чем нетоксичных. Следует отметить, что весной по сумме токсичных солей почва оставалась слабозасоленной во всех вариантах опыта. Так, в метровом слое почвы содержание солей варьировало в пределах 0,151...0,199 % от массы в зависимости от варианта опыта и года исследований. Большие величины токсичных солей характерны для вариантов бессменного возделывания хлопчатника. Поддержание токсичных солей почвы слабого засоления на невысоком уровне обеспечивалось ежегодной эксплуатационной промывкой с нормой речной воды 3,0...4,0 тыс. м<sup>3</sup>/га, выравнивающей к весне содержание солей практически независимо от исходного количества.

#### Выводы

Следует отметить, что к концу вегетации происходило большее накопление токсичных солей, чем нетоксичных на 20...38 %. Нетоксичные соли представлены сульфатами и бикарбонатами кальция. Среди токсичных солей наибольшую долю занимает сульфат магния около 50 % от суммы токсичных солей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабаев В.Е. Солевыносливость сельскохозяйственных культур // Социалистическое сельское хозяйство Узбекистана. – 1953. – №1. – С. 71-75.
2. Минашина Н.Г. Критический солевой режим орошаемых почв и дренаж грунтовых вод в зоне возделывания хлопка // Почвоведение. – 1970. – №1. – С. 58-64.
3. Пиуновский Б.А. Солеустойчивость сельскохозяйственных культур / Доклады ВАСХНИЛ. – М.: 1954. – Вып. 4. – С. 135-138.
4. Розанов А.Н. Засоления и мелиорация орошаемых почв // Применение дренажа при освоении засоленных земель. / Почвенный институт им. В.В. Докучаева. – Изд-во АН СССР. – 1958. – С. 87-93.
5. Шахов А.А. Солеустойчивость растений. – М.: Изд-во. АН СССР, 1956. – 178 с.

6. Шуравилин А.В. Орошение хлопчатника на сероземах Голодной степи // Труды РУДН. – 1979. – Т. 89, Вып. 13. – С. 128-133.

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы

**МАҚТА ДАҚЫЛЫ ЕГІЛГЕН ЖӘНЕ АУЫСПАЛЫ ЕГІСТІК  
ТОПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ УЫТТЫ ЖӘНЕ УЫТСЫЗ ТҰЗДАР**

Ауыл.-шар. ғылымд. канд. М.Ж. Әшірбеков

*Біріңғай мақта дақылының (монодақыл) және ауыспалы егістіктердің топырақтағы зиянды және токсикалық тұздары. Иондарды гипотетикалық тұздарға аударып есептеудің нәтижелері көрсетілген. Ауысымсыз, біріңғай мақта дақылы егістіктеріндегі және ауыспалы егістіктердің варианттарындағы зиянды және токсикалық тұздардың динамикалық тұрпаты анықталған.*

УДК 501/504 (282.255.51)

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПО  
ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ИЛЕ**

Доктор техн. наук

М.Ж. Бурлибаев

Канд. геогр. наук

Э.А. Турсунов

Ж.К. Турениязова

*Приведено краткое описание трех методик, утвержденных Министерством охраны окружающей среды Республики Казахстан, используя которые, на примере р. Иле, проведен сравнительный анализ качества воды. Даны рекомендации по использованию методики КИЗВ в системе «Казгидромета».*

Методы определения качества поверхностных вод должны основываться на синтезе гидрологических, гидрохимических и гидробиологических подходов, так как только в этом случае получается действительно интегральная оценка, удовлетворяющая требованиям различных водопотребителей и водопользователей, и получается целостная картина состояния отдельных водных экосистем.

В настоящее время для проведения комплексной оценки загрязненности поверхностных вод рекомендованы методические указания [2], разработанные Гидрохимическим институтом Росгидромета (ГХИ), и введенные в действие с 1988 г. Согласно этим «рекомендациям» при анализе и выявлении тенденции изменения загрязненности поверхностных вод используется индекс загрязненности воды (ИЗВ). При этом количество анализируемых загрязняющих веществ ограничивается для поверхностных вод 6-ю, а для морских – 4-я ингредиентами, имеющими наибольшие значения независимо от того, превышают данные ингредиенты собственные ПДК или нет. В состав этих лимитируемых ингредиентов включены показатели растворенного кислорода и биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>). Данные по пестицидам в расчет не принимаются. Но, если содержание пестицидов превышает 0,1 мкг/дм<sup>3</sup>, они включаются в расчет ИЗВ. Как результат, вычисляемые ИЗВ не совсем ориентированы на определение загрязненности водных объектов и дают возможность использовать для расчетов ингредиенты, не превышающие свои ПДК.

Кислородный режим водных объектов очень динамичный процесс как во времени, так и в пространстве. Кислород не является прямым загрязнителем. В зависимости от совокупности различных факторов может иметь место, как недосыщение, так и перенасыщение воды кислородом. Он попадает в поверхностные воды в основном из воздуха и этот процесс связан со скоростью течения, турбулентностью и ветровым режимом. С повышением температуры вода теряет кислород и наоборот. Поэтому ИЗВ по кислороду не должны анализироваться вместе с остальными ИЗВ, так как они являются показателями разноплановых задач и решений. В итоге всякие результаты с использованием ПДК для БПК<sub>5</sub> не дают объективной оценки загрязненности водного объекта.

По данным мониторинга загрязнения поверхностных вод на примере р. Иле за 2006 год определены уровень загрязненности воды и характеристика качества воды (табл. 1). Как показали результаты расчетов индекса загрязненности воды, по длине р. Иле наибольшую долю загрязнения составляет трансграничный створ пр. Добын, где химический состав воды формируется в пределах Китайской Народной Республики (КНР). Здесь качество вод характеризуется как «грязная» – 5 класс с ИЗВ – 4,21, при повышенном содержании азота нитритного (1,1 ПДК), железа общего (6 ПДК), меди (15,5 ПДК) и нефтепродуктов (1,5 ПДК). Ниже по течению качество воды значительно улучшилось до умеренного уровня загрязнения (3 класс), ИЗВ колеблется в пределах 1,44...2,44. Наряду с улучшением качества воды перечень загрязняющих веществ сократился, здесь превышение ПДК отмечаются только по содержанию меди в пределах 4,6...9,4 ПДК.

Таблица 1

Состояние качества воды р. Иле по гидрохимическим показателям за 2006 г.

Река, гидрохимический створ	ИЗВ	Характеристика качества воды
р. Иле – пр. Добын, в створе гидропоста	4,21	5 класс, грязная
р. Иле – 164 км выше Капшагайской ГЭС, 2,5 км ниже гидропоста	1,44	3 класс, умеренно загрязненная
р. Иле – ур. Капшагай, 26 км ниже ГЭС	2,14	3 класс, умеренно загрязненная
р. Иле – с. Ушжарма, в створе гидропоста	1,54	3 класс, умеренно загрязненная
р. Иле – аул Жидели, 0,5 км ниже аула	2,13	3 класс, умеренно загрязненная

Согласно методическим указаниям [1, 3], разработанным под руководством М.Ж. Бурлибаева в 2003 и 2006 гг., перечень ингредиентов, по которым ведутся гидрохимические анализы, рекомендовано разделить на следующие условные группы:

- главные ионы (Ca, Mg, (Na + K), SO<sub>4</sub>, Cl);
- биогенные элементы (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, P<sub>общ</sub>, фосфаты и др);
- тяжелые металлы (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr<sup>3</sup>, Cr<sup>6</sup>, Mn, Hg, Hg<sup>2</sup>, Ni, Sn, Bi, Mo, Fe<sup>2</sup>, Fe<sup>3</sup>);
- ядовитые вещества (CN, SCN, F, H<sub>2</sub>S, As);
- органические вещества (нефтепродукты, смолы, углеводы, жиры, фенолы, СПАВ и др.);
- хлорорганические пестициды (ДДТ, ДДД, ДДЭ, ГХЦГ, севин, ялан, дикофол, гексахлорбензол и др.).

Вычисление комплексного индекса загрязненности вод (КИЗВ) ведется по каждой группе в отдельности, с включением в обязательном порядке в расчетные ряды всех ингредиентов, превышающих собственные ПДК, обнаруженных в водном объекте путем гидрохимического анализа.

$$КИЗВ_j = \frac{\sum C_i}{\frac{ПДК_i}{n}}, \quad (1)$$

где  $КИЗВ_j$  – комплексный индекс загрязненности воды  $j$ -ой группы;  $C_i$  –  $i$ -ая концентрация ингредиента из  $j$ -ой группы, мг/дм<sup>3</sup>;  $ПДК_i$  –  $i$ -ая предельно допустимая концентрация, соответствующая  $C_i$ , мг/дм<sup>3</sup>;  $n$  – количество ингредиентов из  $j$ -ой группы, участвующих в определении КИЗВ.

Как видно из такого определения, оценка качества поверхностных вод действительно становится комплексной. Общий КИЗВ для отдельных условных групп может быть определен с помощью всех ингредиентов, входящих в эту группу, независимо от превышения или не превышения своих ПДК. Также не лишено смысла определение группового КИЗВ по ингредиентам, превышающим свои ПДК. При такой постановке вопроса получаемые КИЗВ приводят к двойному результату, то есть если в первом случае КИЗВ является средневзвешенным и нивелированным показателем загрязненности, то во втором случае КИЗВ будет действительным показателем загрязненности, учитывающим фактическое загрязнение.

Сравнительный анализ качества воды р. Иле по КИЗВ показал, что воды реки в основном относятся к высокому уровню загрязнения (табл. 2). Если в трансграничном створе пр. Добын качество воды характеризуется высоким уровнем загрязнения с показателем КИЗВ – 4,38, то к створу 164 км выше Капшагайской ГЭС уровень загрязненности значительно понизился за счет хорошей самоочищающей способности реки. Ниже по течению качество воды ухудшилось и характеризуется высоким уровнем загрязнения, где КИЗВ варьирует в пределах 4,58...8,73. Следует отме-

тить, что высокий уровень загрязненности воды в низовье реки отмечается за счет повышенного содержания в воде ионов меди, где концентрация его достигает 8 ПДК.

Таблица 2

Степень загрязнения р Иле за 2006 год

Река, гидрохимический створ	КИЗВ	Степень загрязнения
р. Иле – пр. Добын, в створе гидропоста	4,38	Высокий уровень загрязнения
р. Иле – 164 км выше Капшагайской ГЭС, 2,5 км ниже гидропоста	2,73	Умеренно загрязненная
р. Иле – ур. Капшагай, 26 км ниже ГЭС	4,58	Высокий уровень загрязнения
р. Иле – с. Ушжарма, в створе гидропоста	6,85	Высокий уровень загрязнения
р. Иле – аул Жидели, 0,5 км ниже аула	8,73	Высокий уровень загрязнения

В 2006 году вышел сборник нормативно-методических документов по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий (ПДВВ) на поверхностные водные объекты [4]. Данные методические указания определяют общие требования к процедуре разработки и утверждения нормативов ПДВВ.

ПДВВ – называется хозяйственная или иная деятельность на водном объекте, при которой сохраняется естественная структура и нормальное функционирование экосистемы и не причиняется вред здоровью населения.

В качестве нормативов ПДВВ приняты два показателя:

- масса поступления химических веществ в водный объект ( $M_{\text{ПДВВ}}$ ) (т/год);
- объем изымаемого водного ресурса из водного объекта ( $W_{\text{ПДВВ}}$ ) (км<sup>3</sup>/год);

Основным показателем установления нормативов ПДВВ является комплексный показатель антропогенной нагрузки (КПАН). Показатель КПАН устанавливается расчетным путем на основе формализованных показателей загрязненности поверхностных вод и степени использования речного стока по нижеприведенной формуле:

$$КПАН = K_{\text{загр}} + K_{\text{исп}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{загр}}$  – индекс загрязненности вод по химическим и токсикологическим показателям;  $K_{\text{исп}}$  – индекс использования речного стока, безразмерный.

По значению КПАН оценивается сформировавшееся состояние водного объекта в целом или его участка.

Нормативы ПДВВ установлены на р. Иле по состоянию на 2006 год в створах 164 км выше Капшагайской ГЭС, ур. Капшагай и с. Ушжарма. Согласно схеме водопользования р. Иле водозаборы и сбросы сточных вод осу-

ществлены в 2006 году в пределах указанных гидрохимических створов. Для расчета КПАН были включены показатели 26 гидрохимических ингредиентов. В качестве нормативных концентраций загрязняющих веществ приняты ПДК рыбохозяйственного водопользования.

Результаты выполненных расчетов ПДВВ сведены в таблице 3, которые позволяют заключить, что экологическое состояние р. Иле, по данным 2006 г., в целом оценивается как «загрязненное». По длине реки качество воды в верхнем течении, то есть в створах пр. Добын и 164 км выше Капшагайской ГЭС относится к классу «загрязненная», КПАН ниже по течению постепенно возрастает от 2,82 до 2,85. Повышенное загрязнение р. Иле на данном участке связано с поступлением сточных вод в реку со стороны КНР, а также в створе 164 км выше ГЭС сбросом возвратных вод. При «загрязненном» экологическом состоянии река может принимать до 142364 т/год загрязняющих веществ, таких как хлориды, фосфаты, кобальт, кадмий и мышьяк. Ниже по течению, к створу ур. Капшагай качество воды значительно улучшилось, КПАН уменьшается до 1,17 и характеризуется «хорошим» экологическим состоянием. Хотя в реку осуществлен сброс сточных вод Сорбулакского накопителя, из-за хорошей ассимилирующей способности реки допускается отведение химических веществ в размере 199753 т/год. В нижнем течении р. Иле антропогенная нагрузка постепенно возрастает в связи с поступлением возвратных вод с Акдалинского массива. В створе с. Ушжарма экологическое состояние реки относится к классу «неудовлетворительное», значение КПАН составляет 1,93. Здесь речной сток способен принимать хлоридов, фосфатов и тяжелых металлов в объеме 98818 т/год. Качество воды к створу аул Жидели ухудшилось до уровня «загрязненная» при КПАН 2,54. Антропогенная нагрузка на реку достигла экстремального уровня, поэтому необходимо принимать меры по ее снижению.

Выполненный расчет по определению ПДВВ показал, что нормативно допустимый объем изъятия водных ресурсов из р. Иле при сформировавшемся экологическом состоянии в 2006 г. не должен превышать 3,37 км<sup>3</sup>/год. Фактический же объем изъятия воды в 2006 г. (по официальной статотчетности) составил всего 0,731 км<sup>3</sup>/год, т.е. в 4,6 раза меньше возможного. Таким образом, изъятие водных ресурсов из р. Иле осуществляется в пределах нормативно установленного объема. Подтверждением этого являются низкие значения коэффициентов использования водных ресурсов из р. Иле, которые составили в среднем 0,039.

Следует отметить, что данная методика по принципу своего подхода к качеству воды существенно отличается от методов с использованием ИЗВ и КИЗВ.

Таблица 3

Экологическое состояние р. Иле за 2006 год ( $W_{\text{пдвв}} = 3,37 \text{ км}^3/\text{год}$ )

Река, гидрохимический створ	КПАН	$M_{\text{пдвв}}$ , т/год	Класс экологического состояния	Характеристика антропогенного воздействия на водный объект
р. Иле – пр. Добын, в створе гидропоста	2,82		Загрязненное	Антропогенная нагрузка на реку достигла экстремального уровня – <b>необходимы мероприятия по ее снижению</b>
р. Иле – 164 км выше Капшагайской ГЭС, 2,5 км ниже гидропоста	2,85	1. Хлориды – 105141 2. Фосфаты – 1537 3. Кобальт – 5492 4. Кадмий – 2743 5. Мышьяк – 27451 $\Sigma = 142364$	Загрязненное	Антропогенная нагрузка на реку достигла экстремального уровня – <b>необходимы мероприятия по ее снижению</b>
р. Иле – ур. Капшагай, 26 км ниже ГЭС	1,17	1. Хлориды – 97739 2. Фосфаты – 1346 3. Медь – 373 4. Цинк – 5002 5. Никель – 4972 6. Хром общ. – 2482 7. Свинец – 50205 8. Кобальт – 5027 9. Кадмий – 2512 10. Марганец – 4983 11. Мышьяк – 25112 $\Sigma = 199753$	Хорошее	Антропогенная нагрузка на реку осуществляется в нормативно допустимых пределах – <b>сохраняется хорошее состояние экосистемы и условий использования водного объекта</b>

Река, гидрохимический створ	КПАН	$M_{\text{пдвв}}$ , т/год	Класс экологического состояния	Характеристика антропогенного воздействия на водный объект
р. Иле – с. Ушжарма, в створе гидропоста	1,93	1. Хлориды – 46461 2. Фосфаты – 655 3. Медь – 192 4. Цинк – 2420 5. Никель – 2410 6. Хром общ. – 1211 7. Свинец – 24256 8. Кобальт – 2432 9. Кадмий – 1215 10. Марганец – 2412 11. Мышьяк – 12154 $\Sigma = 98818$	Неудовлетворительное	Антропогенная нагрузка на реку достигает значительных уровней, <b>нарушена экосистема, что ограничивает условия использования водного объекта по частным показателям</b>
р. Иле – аул Жидели, 0,5 км ниже аула	2,54		Загрязненное	Антропогенная нагрузка на реку достигла экстремального уровня – <b>необходимы мероприятия по ее снижению</b>

Методика ПДВВ учитывает и количественные показатели водности реки, а также фоновое загрязнение водных объектов. Однако при всех несомненных достоинствах этой методики, её фактическое внедрение требует существенного повышения уровня квалификации инженерно-технических работников, проведения специальных обучающих курсов, что с учетом сегодняшних реалий относит её фактическое применение к ближайшей, но все-таки перспективе.

Таким образом, оценка качества воды бассейна р. Иле в настоящее время наиболее объективна по КИЗВ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж. и др. Комплексная оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – Алматы.: Изд-во «Ғылым», 2007. – 96 с.
2. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М: Госкомгидромет, 1988. – 12 с.
3. Методические рекомендации по проведению комплексных обследований и оценке загрязнения природной среды в районах, подверженных интенсивному антропогенному воздействию / Под ред. М.Ж. Бурлибаева. – Астана.: Изд-во «Кағанат», 2003. – 79 с.
4. Сборник нормативно-методических документов по разработке предельно допустимых вредных воздействий на поверхностные водные объекты / Под ред. М.Ж. Бурлибаева. – Астана – Алматы: Изд-во «Кағанат», 2007. – 76 с.

Казахстанское Агентство Прикладной Экологии (КАПЭ), г. Алматы  
РГП «Казгидромет» МООС РК, г. Алматы

#### **ІЛЕ ӨЗЕНІНІҢ МЫСАЛЫНДА ЖЕР БЕТІ СУЛАРЫНЫҢ САПАСЫН ГИДРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕР БОЙЫНША БАҒАЛАУ**

Техн. ғылымд. докторы	М.Ж. Бурлібаев
Геогр. ғылымд. канд.	Э.А. Тұрсынов
	Ж.Қ. Турениязова

*Қазақстан Республикасы қоршаған ортаны қорғау  
Министрлігімен бекітілген үш әдістемелік нұсқауға сипаттама  
беріле отырып, Іле өзенінің сапасына салыстырмалы түрде талдау  
жасалды, сонымен қатар оны «Казгидромет» жүйесіне енгізудің  
ұсыныстары берілді.*

УДК 536.54, 556.16

**ЖЕТКІЛІКСІЗ АҚПАРАТ НЕГІЗІНДЕ ҚАЛЫПТЫ АҒЫНДЫ ШАМАСЫН АНЫҚТАУДЫҢ ДӘЛДІГІН БАҒАЛАУ**Геогр. ғылымд. докторы Ж.Д. Достай  
С.Қ. Әлімқұлов

*Мақалада, Алакөл алабындағы ақпарат көлемі 6 жылдан кем бекеттер үшін анықталған қалыпты ағынды шамасының қателіктері талданған. Нәтижесінде жеткіліксіз зерттелген өзендер үшін қалыпты ағынды дәлдігін бағалаудың тәсілі ұсынылған.*

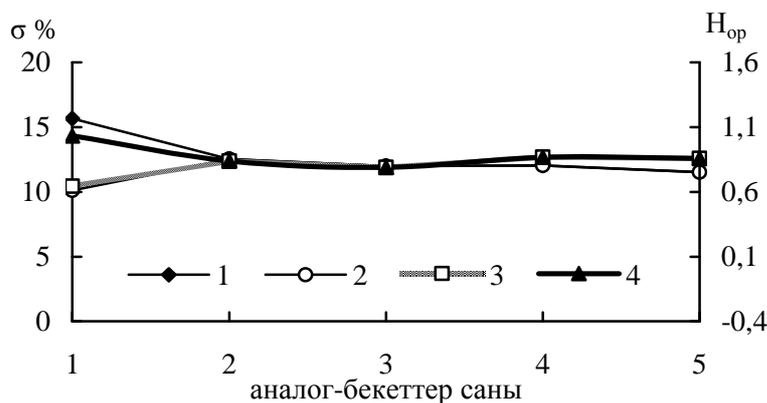
Ақпарат көлемі жеткіліксіз жағдайда өзен ағындысының негізгі гидрологиялық сипаттамаларын анықтау және олардың дәлдігін бағалау мәселесі үнемі нақтыланумен келеді. Жалпы, ағынды үлестірімі көрсеткіштерін қажетті дәлдікте (5...10 %) анықтауға мүмкіндік бермейтін көлемдегі ақпаратты жеткіліксіз деп атасақ, ондай ақпараттың өзін қысқа ( $n > 6$ ) және аса қысқа ( $n < 6$ ) деп бөлуге болады. 6 жылдан асатын қатарларды көпжылдық кезеңге ұзарту және олардың дәлдігін бағалау гидрологиялық есептеулерде жан-жақты қарастырылған [1 – 5]. Ұсынылып отырған мақала, Алакөл алабындағы көлемі 6 жылдан кем ағынды қатарларының көпжылдық гидрологиялық сипаттамаларын анықтаудың дәлдіктерін бағалау мәселелеріне арналған. Аса қысқа қатарлар көмегімен көпжылдық орташа ағынды шамасын және оның дәлдігін бағалау әдістері [2 – 4] еңбектерде қарастырылған. Кең таралған, бір жағынан қолдануға жеңіл, екіншіден – қысқа болса да тікелей бақыланған гидрологиялық ақпаратты пайдалануға мүмкіндік беретін тәсіл – зерттеліп отырған бекет пен аналог ретінде алынған бекеттегі бақыланған ағынды модульдерін теңестіруге негізделген. Модульдік коэффициенттер қатынасы арқылы табылған аса қысқа қатарлардың қалыпты ағынды шамасының орташа квадраттық қателігі төмендегідей анықталады [2 – 4]

$$\sigma_y = \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2 / (n - 1)}, \quad (1)$$

мұндағы  $y_i$  – ағындының  $i$ -жыл мәліметі негізінде анықталған қалыпты шамасы;  $\bar{y}$  – барлық бақыланған жылдар негізінде анықталған қалыпты ағынды.

(1) формула көмегімен зерттеліп отырған аса қысқа қатар бойынша анықталған қалыпты шаманың дәлдігін тікелей бағалау мүмкін емес.

Мұнда қойылып отырған мәселені шешу үшін зерттеліп отырған өзен орналасқан гидрологиялық тұрғыдан біртекті ауданда ұзын қатарға ие екі бақылау бекеті таңдалып алынып, біреуі-аналог, екіншісі – есептік ретінде пайдаланылады, яғни, есептік қатардың қысқа бөлігі арқылы табылған қалыпты шамасы оның толық қатары бойынша белгілі қалыпты шамасынан ауытқуы бағаланады. Осылайша табылған бағалауды зерттеліп отырған қатар үшін қабылдаудың тиімділігі аналог-бекеттің дұрыс таңдалуына тәуелді. Соған байланысты, аналог ретінде бірнеше бекетті пайдалану да жиі орын алады. Ондай тәсілдің қаншалықты тиімді екені [4]-те келтірілген. Бірақ, онда айтылғандай аналогтардың саны өсуімен қателіктің төмендеуі үнемі орын ала бермейді. Оған, қарастырылып отырған, Алакөл алабындағы Тарбағатай жотасының оңтүстік беткейінде орналасқан өзендер үшін жүргізілген есептеулер мысал бола алады. Төменде 1-суретте келтірілген графиктен қателіктің аналог санының өсуімен емес, олардың орташа биіктіктерінің зерттеліп отырған өзен алабының сәйкес шамасына жуықтауымен байланысты. 1-суретте есептік бекет ретінде – Қосақ өзенінің Көкөзен ауылы тұсындағы бекеті келтірілген, қатар саны 6 жыл. Аналог санының 1-ден 2-ге өсуімен ғана қателік мағыналы шамаға төмендеген, әрі қарай қателіктің өзгерісі қалыптана түскен. Осы жерде, бір ғана аналог ретінде пайдаланылған Қарақол өз.-Таскескен а. бекеті алабының орташа теңгермелі биіктігі есептік алаптың сәйкес шамасынан айырмашылығы үлкен, яғни бұл жерде сәтсіз аналог деуге болады. Осындай жағдай басқа есептік бекеттер үшін де, қатар саны 6 жылдан төмен жылдар үшін де байқалады. 1-суретте жалғыз бір аналог ретінде есептік бекеттен теңгермелі орташа биіктігі әжептеуір өзге бекет ( $H_a/H_e = 0,64$ ), және керісінше орташа теңгермелі биіктігі ұқсас бекет ( $H_a/H_e = 1,03$ ) алынған, яғни, орташа биіктіктер қатынасы тұрғысынан екінші жағдайда ең дұрыс аналог алынған. Байқап отырғанымыздай, қателік аналог саны өсуімен міндетті түрде төмендемейді, нақтырағы есептік алап сипатына ұқсастық дәрежесіне байланысты. Алаптардың өзара ұқсастығын сандық тұрғыдан сипаттаушы көрсеткіш ретінде қарастырылып отырған аймақта орташа теңгермелі биіктікті алуға болады. Бірақ, аталған шаманың оң және теріс ауытқулары бірдей қателіктерге алып келе бермейді.



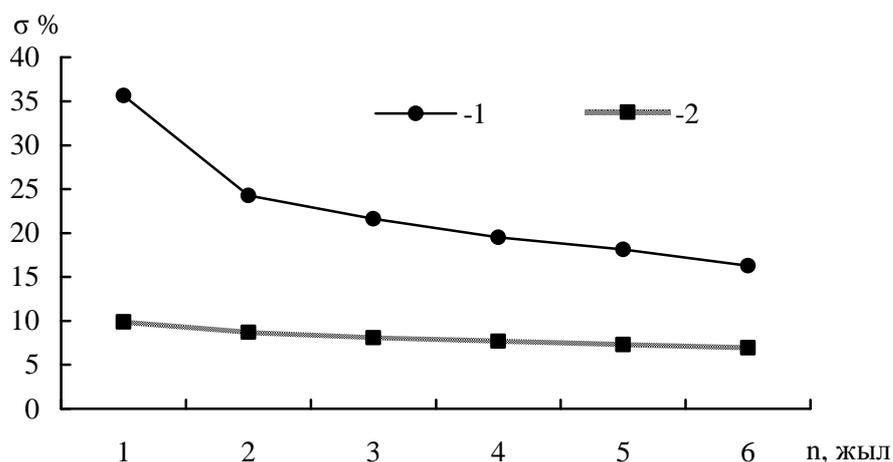
1-сурет. Қосақ өз. – Көкөзен (Ириновка) а. бекеті қалыпты ағындысы қателігінің аналог санына байланысты өзгерісі және есептік пен аналог алаптар теңгермелі биіктіктері қатынасы. 1 – бірінші аналог сәтсіз болғандағы қателік, 2 – бірінші аналог сәтті болғандағы қателік, 3 – бірінші аналог сәтсіз болғандағы биіктіктер қатынасы, 4 – бірінші аналог сәтті болғандағы биіктіктер қатынасы.

Мысалы, эксперимент ретінде алынған екі бекет - өзара абсолютті дәрежеде ұқсас, яғни, орташа теңгермелі биіктіктері, алап аудандары тең, ара қашықтықтары өте аз болғанда әрқайсысына екіншісін аналог ретінде алып табылған қателіктері теориялық тұрғыдан жуық болуға тиіс деп айтуға болады. Ал, нақты жағдайда ол мүмкін емес, соған орай қателіктері де тең емес. Алаптағы, ағынды қатарлары ұзындықтары жүргізіліп отырған есептеулерге пайдалануға мүмкіндік беретін 13 бекеттің анықталған қателіктерін талдау арқылы, олардың есептік және аналог қатарлардың орташа шамасынан ауытқуы шамаларының қатынасына байланысты екені байқалады. Яғни аналог қатардың өзгерімі есептік қатардағыдан жоғарылаған сайын қателік өседі. 2-суретте өзара аналог ретінде есептеуге пайдаланылған екі бекеттің анықталған қателіктері келтірілген. Қарақол өз.-Таскескен а. бекеті үшін Үржар өз.- Қазымбет а. бекеті аналог ретінде алынса, Үржар өз.-Қазымбет а. бекеті үшін, сәйкесінше Қарақол өз.-Таскескен а. бекеті аналог болған. Үржар өзенінің есепке алынған кезеңі үшін өзгерім коэффициенті 0,28 болса, Қарақол өзені үшін, сәйкесінше, 0,56-ға тең. Көріп отырғанымыздай Қарақол өз.-Таскескен а. аналог ретінде алынған жағдайда салыстырмалы қателік едәуір жоғары.

Сонымен, аргумент ретінде екі алаптың орташа теңгермелі биіктіктері айырмасын да қатынасын да алу мүмкін емес, себебі олардың сақталып

отырғаны өзінде қателіктер әр түрлі. Оның үстіне, қателіктер алаптардың кеңістіктік ара қашықтықтарымен де байланысты. Орташа биіктіктердің оңға ауытқуы теріс ауытқуына қарағанда аз қателікке алып келетінін ескере отырып, фактор ретінде биіктіктердің айырмашылығы аналогтың биіктігіне қатынаста пайыздық тұрғыдан алынып отыр. Оған қоса, алаптардың кеңістіктік орталықтары ара қашықтығы ескерілген, яғни:

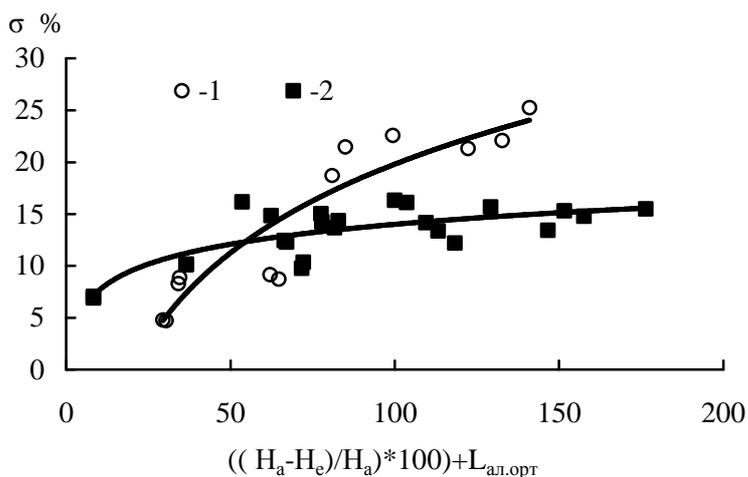
$$\sigma = f \left( \left( \frac{H_a - H_e}{H_a} \cdot 100 \right) + L_{ал.опт} \right). \quad (2)$$



2-сурет. Қысқа қатарлар негізінде қалыпты ағындыны анықтаудың салыстырмалы қателіктері. 1 – Қарақол - Таскескен а., 2 – Үржар - Қазымбет а.

Ұсынылып отырған байланыс, Алакөл алабының Жетісу Алатауы мен Тарбағатай жоталары өзендері үшін беріліп отыр (3-сурет). Жалпы, жанама факторлармен қандай да байланыс гидрологиялық тұрғыдан біртекті аудандар үшін тұрғызылғаны дұрыс. Қарастырылып отырған алапта ақпарат көлемі жеткілікті 13 бекет бар, бірақ олардың барлығы бірдей сәйкес уақыт шектерін қамти алмағандықтан, қателікті есептеулерде әрбір бекет есептік ретінде де, аналог ретінде де қолданылды. Мысалы, алаптың «жетісулық бөлігінде» 20...25 жылдан асатын 4 ғана бекет бар. Ұсынылып отырған тәсіл негізінде әрбір бекет аналог және есептік ретінде екі реттен пайдаланылды, нәтижесінде нүктелер саны 12-ге жетті, яғни, әрбір есептік бекет үшін сәйкесінше үш аналог-бекет. Аталған тәсіл арқылы бірдей қателіктер екі рет қайталанды деп айтуға болмайды. Себебі, жоғарыда айтып өткеніміздей, екі эксперименталдық бекеттерді орнын ауыстырып пайдалану арқылы

табылған қателіктер мәні тең емес. Себебі, орташа биіктіктердің оң және сол ауытқулары екі мағыналы қателіктерге алып келетіндігін айтып өттік.



3-сурет.  $\sigma = f\left(\left(\frac{H_a - H_e}{H_a} \cdot 100\right) + L_{ал.орт}\right)$  байланыс қисықтары.

1 – Жетісу Алатауы өзендері, 2 – Тарбағатай жотасы өзендері.

3-суретте ағынды қатары 6 жылға тең болғандағы есептелген қателіктер келтірілді. Қатар саны 1-5 жылдар үшін де осы пішінді байланыстар бақыланып отыр. Есептеуге пайдаланылған Жетісу Алатауы өзендері алаптарының орташа теңгермелі биіктіктері 1120-дан 2330 м-ге дейін өзгерсе, «тарбағатайлық» өзендерде, сәйкесінше, 1050-ден 1800 м-ге дейін өзгереді. Ал, алаптар орталықтарының ара қашықтығы Тарбағатай жотасы өзендері үшін 130 км-ге дейін жетсе, Жетісу Алатауы өзендері үшін бар жоғы 47 км-ге жетті. Келтірілген байланыстардың өзгеру қарқындылығы осы аталған себептермен анықталса керек, яғни, биіктіктердің өзгерімі алап орталықтары ара қашықтығына қарағанда маңыздырақ рольге ие. Егер есептеулерде гидрологиялық режімдері тұрғысынан біртекті аудандар алынғанын ескерсек, онда алаптардың ара қашықтығы факторының әлсіздігі түсінікті болады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Горошков И.Ф. Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 432 с.

2. Давлетгалиев С.К. Оценка точности параметров кривых распределения годового стока рек Урало-Эмбинского района // Гидрометеорология и экология. – 2007. – №3. – С. 85-93.
3. СП 33 -101. Определение основных расчётных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2003. – 71 с.
4. Рождественский А.В., Ежов А.В., Сахарюк А.В. Оценка точности гидрологических расчётов. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 277 с.
5. Руководство по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 112 с.

Институт географии, г. Алматы

### **ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ НОРМЫ СТОКА ПРИ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИИ**

Доктор геогр. наук

Ж.Д. Достай

С.К. Алимкулов

*В статье анализируется ошибка определения нормы стока рек Алакольского бассейна для гидростворов, где длина рядов наблюдений менее 6 лет. В результате предлагается способ оценки точности определения нормы стока недостаточно изученных рек.*

УДК 502.16(075)502.3

**ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА АЛМАТЫ**

Доктор техн. наук    С.С. Нуркеев  
Доктор хим. наук    Р.А. Казова  
                                  Б.С. Турсбеков

*Рассмотрено состояние компонентов биосферы (атмосферы, гидросферы, литосферы) в г. Алматы. В результате исследований авторы выявили, что 16 % площади города относится к наиболее благоприятным территориям, 30 % - к благоприятным, к умеренно благоприятным – 18 %, относительно благоприятным – 20 % и к малоблагоприятным и неблагоприятным - 16 %.*

В качестве основных физико-географических факторов выбраны базисные показатели непосредственного влияния на стоимость земель. Прежде всего, это физическое состояние и строение земной поверхности, а также местоположение земельных участков. В статье также рассматривается методика оценки местоположения участков [1].

Исходной позицией оценки местоположения является ограниченность земельных ресурсов. Если, например, полезную площадь застройки в центре или престижном районе города можно увеличить за счет повышения этажности зданий и сооружений, то расширить его территорию невозможно, так как территория за границей обозначенного места относится к другому району.

Влияние местоположения на стоимость проявляется многогранно и не всегда однозначно. Но при этом несомненно, что труднодоступные и удаленные от центра поселения объекты и земельные участки (при прочих равных условиях) ценятся дешевле. Например, два совершенно одинаковых участка магистральной дороги (или трубопровода и т.д.) в центре города и на окраине имеют не только различную социальную значимость, но и потребительную стоимость – центральный чаще используется (больше востребован). В случае аварийной ситуации его выход из строя влечет за собой большие потери. Кроме того, фактор местоположения непосредственно предопределяет расходы связи (транспортные, инженерные и т.д.) с районами сосредоточения деловой и культурной жизни, производственной и рекреационной зонами.

Ключевая установка оценки местоположения мотивирована социальным запросом – каждый человек, при необходимости, или по прихоти, может (и, уж во всяком случае, должен иметь возможность) побывать в центре и в любом другом районе. Фактор местоположения – это интегративный показатель расположения каждого земельно-оценочного района по отношению ко всем остальным и к административному (иногда культурно-историческому, или рекреационному) центру населенного пункта. Пространственные условия связи выражаются формулой:

$$SS_i = \sum S_{ij} / (n-1) + S_{ik} \quad , \quad (1)$$

где  $SS_i$  – интегративный базисный показатель пространственных связей оценочного района,  $S_{ij}$  – расстояния от центра каждого района до всех остальных,  $S_{ik}$  – расстояния от административно-культурного центра до каждого района,  $n$  – количество земельно-оценочных районов.

Расстояния между районами (между их геометрическими центрами) можно измерять в любых единицах (сантиметрах, дюймах) на плане любой основы любого масштаба, лишь бы она была наглядной и читаемой. Для оценки важны не абсолютные пространственные показатели, а их соотношение. Если в худших пространственных условиях индекс изменения стоимости в зависимости от местоположения (пространственный коэффициент  $K_s$ ) – принять равным единице, то по другим районам он определится отношением:

$$K_s = SS_i / SS_{\max} \quad , \quad (2)$$

где  $SS_{\max}$  – максимальный по значению пространственный показатель.

Пространственные показатели рассчитываются по матрице пространственно-ландшафтных показателей. При оценке влияния ландшафтных факторов учитывается расположение застройки и особенно жилой по отношению к водным источникам, очевидно, жизненно важный фактор территориальной оценки. Если река (озеро и т.д.) не представляет постоянной угрозы стихийным заболачиванием берегов с вытекающими вследствие этого неприятностями, земельные участки на берегу у воды, несомненно, будут дороже, а в противном случае возможно и наоборот. И практически задача качественной оценки этого фактора решается количественно – расстоянием от уреза воды до геометрического центра земельно-оценочного района. Расстояния на планах могут быть измерены в любых величинах, потому, что пространственно-ландшафтные показатели земельно-оценочных районов представляются в относительном выражении:

$$K_L = S_L^i / S_L^{\max}, \quad (3)$$

где  $K_L$  – относительный пространственно-ландшафтный показатель,  $S_L^i$  – расстояние от геометрического центра земельно-оценочного района до берега ближайшего водоема,  $S_L^{\max}$  – максимальное значение  $S_L^i$ .

Жизненно важными факторами, особенно в сложных климатических условиях, например, северных районов или южных пустынь, являются инсоляция и аэрация. При этом большое значение имеют пространственно-ландшафтные качества местности, такие, как экспозиция склонов по отношению к сторонам света и господствующим ветрам, их крутизна, а также, в какой мере, учтены эти особенности ландшафта в планировке и застройке. В предгорных и горных районах, очевидно, следует учитывать такой фактор, как высота над уровнем моря (или иной уровенной поверхностью) [1].

Все ландшафтные факторные признаки определяются в физическом выражении – геометрически (в градусах, метрах), а затем преобразуются, для удобства пользования, в относительные показатели по формальному типу. Анализ пространственно-ландшафтных факторов ценообразования земель в Алматы выполнен только по одному показателю близости к водным источникам. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчет пространственно-ландшафтных коэффициентов  
(от реки Улкен Алматы)

Земельно-оценочный район	Расстояние, $S_L$	Коэффициент, $K_L$
1	2,0	0,21
2	3,0	0,29
3	3,5	0,38
4	10,0	0,78
5	3,5	0,39
6	3,0	0,29
7	3,0	0,38
8	3,0	0,28
9	5,0	0,51
10	4,0	0,38
11	2,0	0,21
12	1,5	0,22
13	5,0	0,51
14	11,5	0,92
15	3,5	0,38
16	2,5	0,31
17	9,0	0,81
18	11,0	1,2

Исследования по расселению проводились только по плотности населения. По другим факторам явно выраженных особенностей не отмечается. Данные плотности населения по земельно-оценочным районам приведены в таблице 2.

Таблица 2

Определение плотности населения

Земельно-оценочный район	Площадь, га	Население, тыс. чел.	Плотность населения, чел./га
1	600	94,0	156,7
2	820	102,7	125,2
3	907	51,0	56,2
4	1720	26,0	15,0
5	780	24,0	30,8
6	980	12,1	12,3
7	890	23,0	25,8
8	683	20,0	29,3
9	570	19,2	33,7
10	710	18,0	25,3
11	920	14,8	16,1
12	292	8,7	29,8
13	527	41,0	77,8
14	резерв		0,01
15	730		0,01
16	1760		0,01
17	380		0,01
18	78		0,01

Влияние градостроительных факторов оценивалось по следующим показателям:

*Плотность застройки.* Функциональное предназначение земель населенных пунктов – место обитания (проживания и жизнеобеспечение), т.е. для размещения жилой и общественной застройки, социального, инженерного и транспортного обеспечения, а также производства. Пригодностью для этих целей и определяется их ценность. По мере освоения территории поселения используются все худшие участки, а на лучших увеличивается плотность застройки. Этот фактор приобретает ценообразующую значимость, причем не всегда в сторону увеличения. При чрезмерной плотности застройки может быть и наоборот.

Производственные и производственно-складские здания и сооружения, как правило, не украшают населенные пункты. Поэтому там, где плотность производственной застройки выше, вероятно районы менее

престижны. То же и в отношении нежилой застройки в селитебной зоне в плохо обустроенных районах. Вокруг жилых домов много вспомогательных сооружений, помещений, пристроек. Исходя из этих соображений, в анализ ценообразования следует включать следующие факторы плотности застройки населенных пунктов:

- жилой и общественной,
- производственно-складской.

Показатели плотности застройки определяются отношением фактически застроенной площади (для жилой застройки с учетом этажности зданий) к общей площади земельно-оценочного района и представляются в физическом выражении – в м<sup>2</sup>/га. Вычисление площадей выполняется на крупномасштабных планах аналитически, графически, или электронным способом с применением дигитайзеров, сканеров. При этом можно использовать метод типической выборки, т.е. определить средние значения площади однотипных строений и умножить на их количество соответственно типам. При создании электронных карт специально для кадастровых целей, что целесообразно во всех отношениях и экономически оправдано, векторные слои (образы) следует формировать сообразно – отдельно по жилой и производственно-складской застройке. Данные по плотности застройки земельно-оценочных районов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Определение плотности застройки

Земельно-оценочный район	Площадь, га	Застроенная площадь, м <sup>2</sup>	Плотность застройки, м <sup>2</sup> /га
жилой и общественной			
1	600	2706000	4510,00
2	820	1727376	2226,00
3	907	1241350	1525,00
4	1720	169632	124,00
5	780	313236	462,00
6	980	252252	273,00
7	890	435050	265,00
8	683	13923	21,00
9	570	548796	1102,00
10	710	67064	166,00
11	920	323818	359,00
12	292	138240	640,00
13	527	321644	764,00
14	резерв		0,01
15	730	8910	27,00

Земельно-оценочный район	Площадь, га	Застроенная площадь, м <sup>2</sup>	Плотность застройки, м <sup>2</sup> /га
16	1760	842	0,66
17	380		0,01
18	78		0,01
	производственно-складской		
1	587	117400	200,00
2	776	29488	38,00
3	814	212454	261,00
4	1368	116288	816,00
5	780	313236	462,00
6	924	501732	543,00
7	770	9240	12,00
8	663	381888	576,00
9	498	214140	430,00
10	404	41208	102,00
11	902	205656	228,00
12	216	84240	390,00
13	421	257652	612,00
14	резерв		0,23
15	330		0,01
16	1275	31875	25,00
17	366		0,01
18	75	44	0,58

Выполнен анализ и оценка престижности районов. Потребительские стоимости нередко обладают некими духовными качествами – достоинствами и недостатками, определяющими порой не только эмоциональное к ним отношение. Это в полной мере относится и к земле. Такие факторы, как архитектурно-планировочные, художественные, культурно-исторические, рекреационные достоинства районов, отражают с одной стороны уровень социально-экономического развития, но с другой стороны это показатели духовности запросов, хотя в стоимостном выражении представить их сложно, но учитывать необходимо. Качественные оценки этой группы показателей в первом приближении выражаются, как правило, альтернативно: «удобный – неудобный», «красивый – невзрачный», «спокойный – шумный». Дифференцированно они могут быть представлены путем сравнения районов в относительном выражении, например, в баллах по отдельным признакам, или комплексным показателем престижности районов.

Понятие престижности, как фактора ценообразования, довольно многогранно и неоднозначно. Оно связано не только с перечисленными выше качественными признаками. Престижность районов обусловлена и

материальными затратами, вложенными в землю (базисными затратами), и географическими условиями, и в значительной степени уровнем социального благополучия (достатка) людей, проживающих там. И всё же стремление жить в престижном районе стимулируется в большей степени духовными запросами определенного социального уклада. Значительные вложения тоже не всегда обеспечивают престижность (районы небоскребов, производственно-складской застройки). Очевидно, престижными следует считать те районы, где достаточное количество (материальных затрат) переходит в качество (духовных ценностей), т.е. где благополучие определяет не уровень коммунального обустройства, где богатство представлено не изобилием, а вкусом.

Наиболее распространенная форма оценки качественных достоинств относительная – пятибалльная. Попытки применить более дробную дифференциацию (десятибалльную, сто балльную) не оправдались – точность, и надежность результативных показателей не повысилась, а снизилась. К тому же, проще средние значения показателей престижности районов, при достаточном количестве наблюдений, исчислять до второго знака после запятой.

Существует несколько методов оценки престижности районов [1]. Наиболее распространенные – метод социологического анализа и метод экспертных оценок. Способы реализации – непосредственный опрос и анкетирование почтовым, телеграфным, радио и телевизионным запросами, или по телефону. Социологический анализ осуществлялся на основе результатов непосредственного опроса респондентов в общественных местах: в магазинах, школах, больницах, организациях и учреждениях, а также по телефону. Исследования проводились дважды независимыми экспертами в разное время [2].

При оценке качества урбанизированной территории учитываются и физико-климатические факторы района расположения города. Применительно к Алматы следует подчеркнуть, что это один из больших оазисов, расположенных высоко над уровнем моря. Алматы является уникальным городом по своим физико-географическим и природно-климатическим характеристикам, которые оказывают влияние на его экологическое состояние. Город расположен у подножия северного склона Заилийского Алатау, одного из отрогов горной системы Тянь-Шаня, в долинах рек Улкен и Киши Алматы. Алматы – один из немногих крупных городов на планете,

имеющих высокое расположение: его северная точка имеет отметку 670 м над уровнем моря, а южная отметка – 970 м.

Сложные ландшафтно-географические условия определили современную планировочную структуру города. Преобладающая часть застроенных территорий представлена жилыми массивами, причем в отдельных районах одноэтажный жилой фонд размещен на значительных территориях. Более 70 % территорий предприятий находятся в центральном и северном районах города. Севернее пр. Райымбека преобладает промышленная и малоэтажная застройка. В последние десятилетия наметилась тенденция к увеличению плотности застройки, включая южную часть города, которая является зоной транзита горно-воздушного стока. Практически остались неосуществленными рекомендации ранее выполненных природоохранных проектов о застройке южной части города точечными зданиями. О формировании с помощью градостроительных приемов воздушных коридоров вдоль основного направления горного стока; освобождение от застройки водоохранных зон и прибрежных полос вдоль рек; выноса некоторых вредных производств за пределы города. Указанные проблемы являются актуальными и в наше время.

Городской электротранспорт значительно отстает по оснащению подвижным составом и развитию маршрутной сети. К недостаткам сложившейся улично-дорожной сети, с экологической точки зрения, относятся отсутствие единой системы магистральных улиц непрерывного движения, автодорог пригородной зоны и обходных дорог.

Предварительная оценка воздействия на окружающую среду (ПРЕДОВОС) к концепции развития генерального плана г. Алматы (разрабатывается КГП «Алматыградкадастр») указывает на следующие градостроительные причины, влияющие на неблагоприятное состояние окружающей среды города:

- значительная концентрация промышленных предприятий в центральной части города в нарушение прошлых генеральных планов застройки, без соблюдения нормативных требований по охране окружающей среды;
- недостаточно систематизированы промышленные образования в структуре города и размещение части жилых территорий в зонах производственных выбросов;
- менее благоустроенные санитарно-защитные зоны или их отсутствие, а также использование таких зон под другие городские нужды;
- низкая степень эффективности использования промтерриторий, а также невысокая степень их благоустройства и озеленения.

Среди источников загрязнения окружающей среды на территории г. Алматы несомненный «приоритет» принадлежит транспорту и промышленным предприятиям. Большой вклад в экологическую дестабилизацию природной среды вносят автотранспортные организации и автотранспорт. В их числе ведущее место занимают теплоэнергетические установки трёх крупных станций (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и ГРЭС) и несколько десятков мелких котельных, завод «Поршень», АЗТМ, производственный комплекс фабрики «Кітап» и ряд других предприятий, общее количество которых достигает 1500.

Загрязняющие вещества поступают в окружающую среду многими путями, основными из которых являются газопылевые выбросы предприятий, моторные выхлопы, коммунальные сточные воды, свалки производственных и бытовых отходов. Этими путями выносятся широкий спектр загрязняющих веществ, среди которых присутствуют и высокотоксичные компоненты. Анализ характера загрязнений природной среды приводится по материалам Алматинского городского комитета по природным ресурсам и охране окружающей среды в основном за первое полугодие 2005 г. [3].

**Состояние атмосферного воздуха.** Воздушный бассейн города Алматы сильно загрязнён и по многим химическим соединениям превышает ПДК в несколько раз. Естественно химический состав атмосферы – изменяется, как по сезонам года, так и в течении суток.

В составе загрязняющих веществ присутствуют: пыль, диоксид серы, диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, сероводород, хлор, бенз(а)пирен, ртуть, ванадий, железо, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк. Превышение предельно допустимых концентраций в атмосфере города обнаружено в той или иной степени по 21 ингредиенту. Выявлено, что уровень загрязнения воздуха в Алматы в 2006 г. оценивался как высокий,  $ИЗА_5 = 12,0$ . [3]

Средние за 2 квартал 2004 г. концентрации формальдегида составили 5,6 ПДК, пыли – 2 ПДК, оксида углерода – 2 ПДК, диоксида азота – 2 ПДК, фенола – 1,3 ПДК. В районе автомагистрали проспект Райымбека содержание формальдегида превышало допустимые нормы в 4 раза, пыли почти в 3 раза, диоксида азота – в 2 раза, а максимальные из разовых концентраций оксида углерода достигали 18 ПДК, диоксида азота – 2 ПДК.

В таблице 4 показаны средние значения концентраций загрязняющих веществ ( $мг/м^3$ ) на наиболее подверженном загрязнению участке города (пр. Райымбека угол ул. Наурызбай батыра) за первую половину 2005 г. [3].

Сопоставительный анализ с менее подверженным загрязнению участком (ул. Амангельды угол ул. Сатпаева) показал снижение локального загрязнения (Таблица 5).

Поступающие в атмосферу вредные вещества в зависимости от вида источника и масштаба выбросов можно разделить на три группы. В первую входят основные загрязняющие вещества (пыль, сернистый газ, окись углерода, окись азота), которые поступают в атмосферу при сжигании углеводородного топлива. В таблице 6 представлены данные о соотношении вредных веществ, поступающих в атмосферу от различных источников [4].

Таблица 4  
Средние значения концентраций загрязняющих веществ (мг/м<sup>3</sup>), ПНЗ №12

Месяц	Взвешенные вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Диоксид азота	Фенол	Формальдегид
ПДК	0,15	0,05	3,0	0,04	0,0030	0,003
Апрель	0,57	0,016	4,03	0,109	0,0017	0,015
Май	0,40	0,017	3,64	0,11	0,0017	0,019
Июнь	0,35	0,017	4,57	0,12	0,0018	0,002
Июль	0,35	0,015	4,49	0,101	0,0012	0,020

Таблица 5  
Средние значения концентраций загрязняющих веществ (мг/м<sup>3</sup>), ПНЗ №1

Месяц	Взвешенные вещества	Диоксид серы	Оксид углерода	Диоксид азота	Фенол	Формальдегид
ПДК	0,15	0,05	3,0	0,04	0,0030	0,003
Апрель	0,49	0,013	1,1	0,084	0,0007	0,0072
Май	0,26	0,013	0,18	0,076	0,00097	0,0069
Июнь	0,28	0,012	0,53	0,08	0,0008	0,008
Июль	0,28	0,012	0,63	0,058	0,00059	0,01

Таблица 6  
Соотношение вредных веществ, поступающих в атмосферу

Вещество	Процесс образования	Суммарный выброс, %
Оксид углерода	Неполное сгорание топлива	52
Оксид серы	Сгорание серосодержащего топлива	18
Пыль	Различные производственные процессы	10
Углеводороды	Неполное сгорание топлива, различные производственные процессы, нефтепереработка	12
Оксид азота	Окисление атмосферного азота при сгорании топлива	6
Другие вещества		2

Анализ таблицы 6 показывает, что 86 % всех выбросов приходится на основные загрязняющие вещества. Вторую группу образуют тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий). В третью группу входят специфические вредные

вещества и их соединения (бенз(а)пирен, ксилол, аммиак и т.д.) их состав зависит от специфики производства. По последним данным в г. Алматы около 90 % от общих выбросов в атмосферу приходится на транспорт.

Результаты анализа режимных наблюдений показали, что среднесуточный уровень загрязнения воздушного бассейна города превышает нормативы по всем показателям, кроме фенолов [3].

Рассмотрено воздействие ТЭЦ-1 на окружающую среду. Установлено, что вклад ТЭЦ-1 в суммарное загрязнение атмосферы города, является максимальным. По мере удаления от ТЭЦ-1 ее влияние снижается (район ул. Райымбека угол Наурызбай батыра) и в районе плодощервного комбината практически отсутствует [5].

Основными отходами при эксплуатации ТЭЦ-1 являются зола, шлак и загрязненная вода. Кроме того, к ним можно отнести отработанные масла и различные отходы, образующиеся при ремонте зданий и оборудования, при восстановлении и замене тепловой изоляции [5].

Загрязненная вода, образующаяся при обмыве поверхностей котлов нагрева, смыве полов, химических промывках, направляется в систему гидрозолоудаления и далее в золоотвал, который находится на промышленной площадке ТЭЦ-1. Влияние этого вида отходов на окружающую среду опосредовано через золоотвал и рассматривается в комплексе с золоотвалом.

Содержащиеся в мягких стоках продувки и промывки фильтров реагенты используются повторно в химводоочистке, отработанные масла подвергаются регенерации и также используются для производственных нужд станции.

Нефтепродукты, уловленные на очистных сооружениях, направляются на установку приготовления водомазутной топливной эмульсии и сжигаются в котлах. Влияние этих отходов на окружающую среду опосредовано через выбросы продуктов сгорания в атмосферу.

В технологическом процессе химводоочистки шламы не образуются, так как отсутствует предочистка исходной воды.

Механические взвеси (грязь) при чистке дренажных приемков складировются на территории.

В районе ремонтных мастерских установлены две металлические емкости для раздельного хранения чугунной и стальной стружки. Отходы сдаются на предприятия Вторчермета и Вторцветмета. На ТЭЦ эксплуатируются ртутьсодержащие люминесцентные лампы и лампы типа ДРЛ.

Для выявления количества и видов выбросов котельной установки изучен топливный баланс процесса сжигания топлива в производстве электроэнергии. Определены объемы выбросов по газу, мазуту, углю. Наибольший «вклад» (до 63 %) в загрязнение вносит угольная пыль.

К крупным предприятиям, осуществляющим выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, относятся также котельные ОАО «Алматытеплокоммунэнерго» (АТКЭ). По объему валовых выбросов они занимают 2 место в городе, после энергоисточников ЗАО АПК.

**Состояние водных объектов.** Для водоснабжения г. Алматы используются воды рр. Киши и Улкен Алматы. Стационарное наблюдение за качеством поверхностных вод на водных объектах города и области ведутся на стационарных постах наблюдений.

Уровень загрязненности рек закономерно увеличивается от верховьев к низовьям. Основными загрязняющими веществами при этом являются нефтепродукты, фенолы, нитрит-ионы, фториды. Содержание нефтепродуктов практически во всех пробах превышает ПДК, изменяется в пределах 9...12 ПДК. Содержание нитрит-ионов в р. Улкен Алматы может достигать 80 ПДК. Основными загрязняющими веществами являются нитриты, фенолы, медь (нефтепродукты и ряд тяжелых металлов не определялись).

Средний индекс загрязненности воды р. Киши Алматы составляет 1,4 (в апреле – 0,77, мае – 0,88 и июне – 2,44). Класс качества изменился от 2 к 3, т.е. от чистой к умеренно-загрязненной. Ухудшение качества воды произошло за счет увеличения азота нитритного (4,0 км ниже города; 0,5 км выше с. Покровка). В среднем по всей протяженности реки концентрации по азоту нитритному составили 4,3 ПДК, фенолу – 1,0 ПДК, меди – 1,0 ПДК [7].

Средний индекс загрязненности р. Улкен Алматы составляет 0,82 (в апреле - 0,80, мае - 0,71, июне – 0,87). Вода 2 класса качества, т.е. чистая. Содержание фенолов и меди на всем протяжении реки составило 1,0 ПДК.

Выполненную оценку качества поверхностных вод города нельзя считать полной, вследствие ограниченности качественных показателей по гидробиологическому, микробиологическому составу и отсутствия данных ежемесячного биотестирования вод.

**Состояние земельных и растительных ресурсов.** Территория г. Алматы с учётом вновь переданных Указом Президента РК от 20.04.98 г. земель Алматинской области (4673 га) составляет 27,7 тыс. га, из которых на земли природоохранного, рекреационного, историко-культурного назначения приходится 5,7 тыс. га (20,6 %). Состояние земельных и растительных ресурсов в городе вызывает тревогу. Всё ещё сохраняется неблагоприятная обстановка со сбором, хранением, утилизацией и удалением твердых бытовых отходов.

В настоящее время в г. Алматы функционируют более 35 мусоровывозящих предприятий. Но по данным их отчетов за 2005 г. следует, что твердые бытовые отходы (ТБО) от населения и по договорам с юридическими и физическими лицами (частные предприниматели) вывозились, в основном, на мини-полигоны Алматинской области (такие как ТОО «Олжас», ТОО «Барыс», ТОО «Боролдай», ТОО «Жылга», ТОО «Енбек» и др.). Всего за 2006 г. удельный вес вывезенных ТБО составил по г. Алматы на горполигон ТБО составил 23 %, мусороперегрузочные станции, пункты и др. свалки города – 14,0 %, узаконенные 6 мини-полигоны Алматинской области – 64,8 % [5].

Причинами сложившегося положения дел являются:

- наличие техники, приобретенной в 1980...1999 гг., требующей капитального ремонта или ежедневного текущего ремонта, а в отдельных случаях и полного обновления;

- высокий тариф приема ТБО на горполигон (76 тенге/м<sup>3</sup>) и более низкий тариф приема ТБО на близлежащих мини-полигонах Алматинской области (40...60 тенге/м<sup>3</sup>).

Вследствие этого происходит постоянное образование нелегальных (стихийных) свалок объемом 1...6 м<sup>3</sup> в различных частях города, которые выявляются в ходе проверок или по заявлениям жителей города.

В городе имеется до 900 га насаждений общего пользования и более 1200 га занимают насаждения, имеющие специальное назначение. Ежегодно, при отведении новых участков под различные объекты юридическим и физическим лицам, под снос попадают 2 дерева из 5. В то же время в весенний период 2000 г. на территории города согласно плану акимата по посадкам зеленых насаждений было посажено 91219 саженцев [8].

На территории города в соответствии со ст. 19 Закона Республики Казахстан «Об особо охраняемых природных территориях» от 15.07.97 г. №162-1 ЗРК подпадает 2 объекта Республиканского значения: Ботанический сад и Зоологический парк. Однако данные объекты не имеют кадастров и требуют официального земельно-юридического оформления.

### **Выводы**

Проведенный анализ географических и градостроительных факторов г. Алматы показывает, что городская территория дифференцируется по влиянию на здоровье населения следующим образом:

1. Наиболее благоприятные;
2. Благоприятные;
3. Умеренно благоприятные;
4. Относительно благоприятные;

#### 5. Малоблагоприятные и неблагоприятные.

Качество территории оценивалось в долях. Наиболее благоприятные территории (оценка в долях от единицы 0,660...0,747) городских земель приурочены к южной части города (район «Коктобе», пос. Алатау и Малоалматинское ущелье, микрорайон «Жетысу», а также небольшой отрезок долины р. У. Алматы выше пр. аль-Фараби). Площадь этого района составляет 4,48 тыс. га или 16 % от всей территории города.

Благоприятные территории (оценка в долях 0,528...0,659) так же расположены преимущественно в южной части города. Это территория с востока на запад, от горных прилавков до улицы Карасай батыра в центральной части города до проспекта Толе би. Земли, примыкающие к прилавкам в западной части города, и район Центрального парка культуры и отдыха, роща «Баумана» и другие зеленые массивы характеризуются благоприятными экологическими условиями. Площадь земель этой территории составляет 8,4 тыс. га или 30 %.

К умеренно благоприятным территориям (оценка 0,440...0,500) относится микрорайон «Аксай», северо-запад пр. Рыскулова, северная часть пр. Толе би до пр. Сейфуллина, район от Малой Станицы вытянутой полосой до аэропорта и Кульджинского тракта. Территория данной категории земель составила 5,04 тыс. га или 18 %.

Относительно благоприятные территории (оценка 0,350...0,430) городских земель относятся к районам, приуроченным к промышленным предприятиям (АЗТМ, завод «Поршень»), вокзалам Алматы-1 и 2. Площадь земель этой территории составляет 5,6 тыс. га или 20 %.

Малоблагоприятные и неблагоприятные городские территории (оценка 0,000...0,340) прослеживаются отдельными фрагментами в районах городских базаров, железнодорожного депо и складов, нефтебаз, ТЭЦ, городских свалок и некоторых промышленных предприятий. Площадь земель территории данной категории составляет 4,48 тыс. га или 16 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максимов В.А., Ипалаков Т.Т. Геоэкологическая оценка земель в системе городского кадастра / ВКТУ. – Усть-Каменогорск, 1999. – 164 с.
2. Турсбеков Б.С., Казова Р.А., Нуркеев А.С., Асылбекова Б.К. Географические, ландшафтные, градостроительные факторы при кадастровой оценке земель. / Труды IX Междунар. научно-технической конференции «Новое в безопасности жизнедеятельности». – Алматы.: КазНТУ. – 2007. – С. 50-56.



УДК 330.111.4

**РАСЧЕТЫ НАДЕЖНОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ  
ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Доктор техн. наук	М.Ж. Бурлибаев
	Д.М. Бурлибаева
Доктор геогр. наук	А.А. Волчек
	Ан.А. Волчек

*В данной статье рассматриваются вопросы и проблемы надежности водохозяйственных систем для целей предотвращения или минимизации их воздействия на водные экосистемы. Предлагаются методы по определению надежности водохозяйственных систем.*

В современных условиях под эксплуатационной надёжностью водохозяйственной системы понимают способность выполнять возложенные на неё функции с сохранением заданных параметров в течение определённого интервала времени в ожидаемых условиях эксплуатации.

Для определения количественных показателей надёжности используют статистические методы, основанные на теории вероятностей и математической статистике.

При установлении показателя надёжности систем различают восстанавливаемые и невосстанавливаемые элементы.

Для оценки надёжности невосстанавливаемых элементов, вероятность того, что в пределах заданной продолжительности работы объекта отказа не произойдёт, запишется так:

$$P(t) = \text{Вер} (T > t), \tag{1}$$

где  $T$  – время от начала эксплуатации элемента до его отказа,  $t$  – заданное время работы.

Анализируя уравнение (1), можно заметить, что  $0 < P(t) < 1$ ;  $P(0) = 1$ ;  $P(\infty) = 0$ . Очевидно, что характер изменения  $P(t)$  во времени зависит от свойств элементов (подсистем) систем и законов распределения отказов. Вероятность безотказной работы по данным статистических исследований оценивается зависимостью

$$P_{cm}(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \tag{2}$$

где  $N$  – число однородных наблюдаемых элементов;  $n$  – число элементов, отказавших за время работы.

Когда количество наблюдаемых элементов  $N$  стремится к бесконечности, статистическая оценка  $P_{cm}(t)$  приближается к  $P(t)$ . Вероятность отказа определяется интегральным законом распределения времени работы до отказа

$$\left. \begin{aligned} Q(t) &= F(t) \quad \text{или} \\ Q(t) &= 1 - P(t) = \frac{n(t)}{N} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Плотность распределения времени отказов

$$\varphi(t) = \frac{dF}{dt}; \quad (4)$$

$$\varphi(t) = -\frac{dP}{dt}; \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} Q(t) &= \int_0^t \varphi(t) dt; & P(t) &= 1 - \int_0^t \varphi(t) dt. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Вероятность возникновения отказа невосстанавливаемого элемента, которая определяется для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не велик, называется *интенсивностью отказа*. Статистически интенсивность отказа определяется по формуле

$$\lambda_{cm}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N\Delta t}, \quad (7)$$

где  $n$  – число отказавших элементов в интервале  $\Delta t$ ;  $N$  – среднее число элементов, исправно работающих в интервале  $\Delta t$ .

Таким образом, число отказавших элементов

$$n(\Delta t) = N(t) - N(t + \Delta t) = N_0 [P(t) - P(t + \Delta t)] \quad (8)$$

Внеся (8) в (7), имеем

$$\lambda(t) = \frac{N_0 [P(t) - P(t + \Delta t)]}{N\Delta t}; \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N}{N_0} &= P(t); \\ \lambda(t) &= -\frac{\frac{dP(t)}{dt}}{P(t)} = \frac{P'(t)}{P(t)} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

но так как

$$\varphi(t) = -\frac{dP(t)}{dt}, \quad (11)$$

то

$$\lambda(t) = \frac{-P'(t)}{P(t)} = \frac{\varphi(t)}{P(t)}. \quad (12)$$

После интегрирования (12) получили одну из важнейших зависимостей теории надёжности

$$\left. \begin{aligned} \int_0^t \lambda(t) dt &= -\ln P(t), \\ P(t) &= \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

*Наработка* – средняя продолжительность работы элемента системы – определяется по данным статистических наблюдений

$$T_{0_{cm}}(t) = \sum_l^N \frac{t_l}{N}, \quad (14)$$

где  $t_1, t_2, \dots, t_N$  – время до отказа каждого из  $N$  объектов.

Учитывая, что средняя наработка до отказа есть математическое ожидание, наработка до первого отказа будет

$$T_0 = \int_0^{\infty} t \cdot \varphi(t) dt = -t \cdot P(t) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (15)$$

Когда  $t = 0, P(0) = 1, t = \infty, P(\infty) = 0$ , будем иметь

$$T_0 = \int_0^{\infty} P(t) dt \quad (16)$$

или

$$T_0 = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda t) dt, \quad (17)$$

$$\lambda(t) = \text{const}; T_0 = 1/\lambda; P(t) = \exp(-t/T_0). \quad (18)$$

Когда элементы высоконадёжны, тогда

$$P(t) = 1 - \lambda \cdot t; \quad (19)$$

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^r N_i \cdot \lambda_i, \quad (20)$$

где  $N_i$  – число однотипных элементов;  $r$  – число групп однотипных элементов.

К восстановительным элементам, работоспособность которых можно восстанавливать в процессе эксплуатации. Характеристиками безотказности восстанавливаемых элементов систем служат параметр потока отказов, наработка на отказ и вероятность безотказной работы.

Потоком отказов называется последовательность отказов, происходящих в случайные моменты времени один за другим.

Среднее число отказов восстанавливаемого элемента в единицу времени, взятое для рассматриваемого периода, называется параметром потока отказов

$$\omega(t) = \frac{\sum_1^N n_i \cdot (t + \Delta t) - \sum_1^N n_i(t)}{N \cdot \Delta t}. \quad (21)$$

Для простейших потоков отказов параметр потока отказов совпадает с интенсивностью отказов, т.е.  $\omega(t) = \lambda(t)$ .

Наработкой на отказ являются отношение наработки элемента к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.

Наработка на отказ по данным статистических наблюдений

$$T_{0_{cm}} = \sum_1^N \frac{t_i}{n}. \quad (22)$$

Когда рассматривается  $N$  узлов, то

$$T_{0_{cm}} = \frac{1}{N} \sum_1^n \frac{1}{n} \sum_1^n t_i. \quad (23)$$

Вероятность безотказной работы восстанавливаемых элементов есть вероятность того, что в пределах заданной наработки отказа не произойдет, или вероятность того, что элемент в любой момент времени находится в работоспособном состоянии.

В произвольный период работы  $(t, t + \Delta t)$  восстанавливаемый элемент будет в работоспособном состоянии в конце интервала  $\Delta t$  при выполнении только двух несовместимых событий:  $I$  – когда элемент работоспособен в момент  $t$  и за интервал  $\Delta t$  не откажет,  $II$  – когда элемент к моменту  $t$  вышел из строя – отказал, но за интервал  $\Delta t$  восстановлен.

Вероятность этих событий определяется следующими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} P(t, t + \Delta t) &= P(t) \cdot \exp(-\lambda \cdot \Delta t), \\ P(t, t + \Delta t) &= [1 - P(t)] \cdot [1 - \exp(-\mu \cdot \Delta t)], \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

где  $\mu$  – параметр восстановления,  $\mu = \frac{\ell}{t_e}$ ,  $t_e$  – время восстановления.

Вероятность застать ремонтируемый элемент в работоспособном состоянии в любой момент времени будет

$$P_r(t) = \frac{M}{\lambda + M} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot \exp(-(\lambda + \mu)t). \quad (25)$$

Для восстанавливаемого элемента вероятность застать элемент в работоспособном состоянии устанавливается по формуле

$$P(t) = \exp(-\lambda \cdot t). \quad (26)$$

Из уравнения (26) следует, что когда  $t = 0$ ,  $P_r(t) = \ell$ , при  $t \rightarrow \infty$

$P_r(t) = \frac{M}{M + \lambda}$ . Следовательно, вероятность безотказной работы восстанавливаемого элемента выше, чем невозстанавливаемого. Чем меньше время, тем больше вероятность безотказной работы.

Установлено, что дренажная линия имеет экспоненциальное распределение наработки до отказа. Требуется определить среднюю наработку системы до отказа  $T_0$  при условии, чтобы вероятность её безотказной работы была не менее 0,995 в течение 0,10 года.

Вероятность безотказной работы системы, согласно формуле (18),

$$P(t) = \exp\left(-\frac{t}{T_0}\right) = \exp\left(\frac{-0,1}{t_{cp}}\right) \geq 0,995;$$

$$\text{отсюда } -\frac{0,1}{t_{cp}} \geq \ln 0,995 = -0,0049 \quad t_{cp} \geq \frac{0,1}{0,0049} \approx 20,4 \text{ года.}$$

Приближённо вероятность безотказной работы можно оценить следующим образом:

$$P(t) \approx 1 - \frac{t}{T_0} = 1 - \frac{0,1}{T_0} \geq 0,995; \quad T_0 \geq \frac{0,1}{0,005} = 20 \text{ лет.}$$

В системах часто сочетаются параллельное и последовательное соединение элементов. При допущении последовательного соединения, надёжность осушительной системы устанавливается по зависимости

$$P_{oc}(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \dots P_i(t) \dots P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (27)$$

где  $P_i(t)$  – вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента.

При анализе надёжности  $P_1(t) \dots P_n(t)$  рассматриваются как статистически независимые. Используя интенсивность отказов  $\lambda$ , вероятность безотказной работы можно представить в общем виде

$$P_{oc}(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda_1(t)dt\right) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda_2(t)dt\right) \cdot \dots \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda_n(t)dt\right). \quad (28)$$

Записанное в таком виде выражение для  $P_{oc}(t)$  позволяет вычислить вероятность безотказной работы при любом виде закона  $\lambda_1(t)$ , т.е. на всех этапах эксплуатации.

Факторы, влияющие на интенсивность выхода из строя объектов систем, можно разделить на две основные группы: управляемые и неуправляемые. Анализ данных эксплуатации показывает долю «вклада» каждого из этих объектов. Различным будет и их «вклад» в кинетику растрачивания долговечности системы.

Учитывая случайную природу как безотказности, так и факторов, обуславливающих сопротивляемость и нагрузку, целесообразно задачу о надёжности объекта или его элемента решать с вероятностной позиции. Вероятность безотказной работы объекта при случайной природе напряжения нагрузки  $P$  и сопротивляемости  $R$  выражается следующей зависимостью

$$P_n = P(R > P) = P(R - P) > 0. \quad (29)$$

Зависимость между надёжностью  $P_n$  и риском  $Q$  будет

$$P_n + Q = 1. \quad (30)$$

Пересечение кривых нагрузки и сопротивляемости (рис. 1) указывает на взаимодействие двух вероятных процессов. Надёжность является вероятностью того, что сопротивление больше нагрузки при всех возможных её значениях

$$P_n = \int_0^{\infty} f_R(R) \left[ \int_0^R f_P(P) dP \right] dR, \quad (31)$$

$$P_n = \int_0^{\infty} f_P(P) \left[ \int_0^{\infty} f_R(R) dR \right] dP,$$

$$Q = \int_0^{\infty} f_R(R) \cdot \left[ \int_0^{\infty} f_P(P) dP \right] dR, \quad (32)$$

где  $f_R$  и  $f_P$  – функции распределения плотности вероятности сопротивляемости и нагрузки.

В общем случае пересечение кривых нагрузки и сопротивления при всех возможных значениях этих факторов характеризует надёжность, т.е. вероятность безотказной работы – вероятность не превышения случайного значения нагрузки  $P$ , случайного значения сопротивления  $R$  (рис. 1).

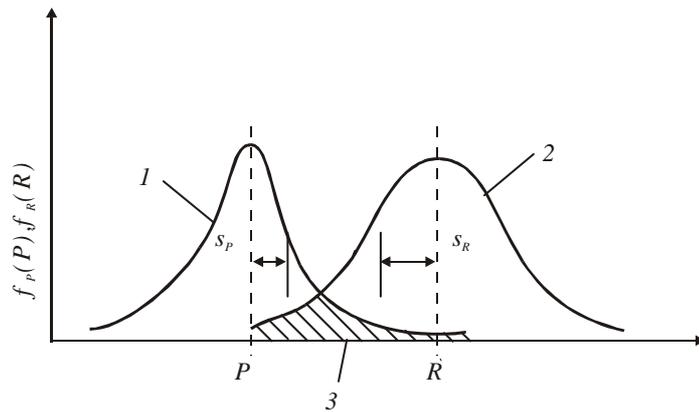


Рис. 1. Покрытие распределений нагрузки  $fP(P)$  (1) и сопротивления  $fR(R)$  (2), 3 – область перекрытия.

Так как в большинстве случаев нагрузка и сопротивляемость определяются совокупностью большого числа возмущений, можно принимать их распределёнными по нормальному закону Гаусса.

При таких допущениях и знании значений математических ожиданий  $M_{\bar{P}}$  и  $M_{\bar{R}}$  и среднеквадратических отклонений  $\sigma_P, \sigma_R$  вероятность безотказной работы выражают зависимостью

$$P_n = \Phi \left[ \frac{M_{\bar{R}} - M_{\bar{P}}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}} \right], \quad (33)$$

где  $\Phi$  – табулированная функция нормального распределения.

Аналогично, если  $P$  и  $R$  описываются логарифмически нормальными кривыми и известны коэффициенты вариации  $v_P, v_R$ , то  $P_n$  можно выразить:

$$P_n = \Phi \left[ \frac{\ln \left( \frac{M_{\bar{R}}}{M_{\bar{P}}} \cdot \sqrt{\frac{1+v_P^2}{1+v_R^2}} \right)}{\sqrt{\ln(1+v_P^2) \cdot (1+v_R^2)}} \right]. \quad (34)$$

Когда безотказность работы объекта можно представить обобщённым параметром  $U$ , условие безотказности определяется как

$$\text{Вер} \{ U_{кр} - U_{э} = U > 0 \} \quad (35)$$

где  $U_{кр}$  – критическое значение определяющего параметра  $U$ , при котором элемент выходит из строя – отказывает в работе;  $U_{э}$  – эксплуатационное значение определяющего параметра, при котором элемент работает нормально.

Обобщенным определяющим параметром может быть: высота подъёма грунтовых вод, скорость течения потока, глубина размыва, интенсивность размыва берегов и т.д. При случайных значениях  $U$  и рассмотрении «слабого звена» вероятность безотказной работы можно представить в виде

$$P = \text{Вер}\{U_{кр} - U_{э} = U > 0\} = \int_0^U f(U) dU. \quad (36)$$

При нормальном законе распределения вероятностей безотказной работы, надёжность можно вычислить с помощью

$$P_H = \Phi(H) = \Phi\left(\frac{U_{кр} - U_{э}}{\sqrt{\sigma_{U_{кр}}^2 + \sigma_{U_{э}}^2 - 2 \cdot \sigma_{U_{кр}} \cdot \sigma_{U_{э}} \cdot r_{U_{кр}} \cdot U_{э}}}\right). \quad (37)$$

Функция нормального распределения Лапласа – нечётная и имеет следующие свойства:  $\Phi(0) = 0,5$ ;  $\Phi(-x) = 1 - \Phi(x)$ . В тех случаях, когда логарифм значения случайной величины подчиняется нормальному распределению, справедлив логарифмически нормальный закон.

Функция Лапласа для этого закона определяется как

$$P_H = \Phi\left(\frac{l_y \cdot M_{\bar{R}} - l_y \cdot M_{\bar{P}}}{\sigma_0}\right), \quad (38)$$

математическое ожидание

$$m_R = m_0 \cdot \exp(-2,65\sigma_0) \quad (39)$$

дисперсия

$$\sigma_R^2 = m_R^2 \cdot \left[ \left(\frac{m_R}{m_0}\right)^{1/2} - l \right], \quad (40)$$

а коэффициент вариации

$$v = \sqrt{\exp(-5,30\sigma_0^2)}. \quad (41)$$

Параметры:  $\bar{U}_{кр}, \bar{U}_{э}, \sigma_{U_{кр}}, \sigma_{U_{э}}, r_{U_{кр}}, U_{э}$  – оценки средних значений, среднеквадратического отклонения, парного коэффициента корреляции случайных величин  $U_{кр}$  и  $U_{э}$ . Чтобы получить эти показатели, необходимо знать расчётную детерминистическую формулу для вычисления критических значений обобщенного параметра.

Рассмотренные модели соответствуют случаю однократного приложения нагрузки. Когда нагрузка прикладывается неоднократно, а

также изменяется характеристика как нагрузки, так и сопротивления, то мы имеем дело с динамическими моделями.

Выражение вероятности безотказной работы  $P_n$  при детерминированной продолжительности циклов в каждом из  $n$  последовательных циклов приложения нагрузки можно приравнять к вероятности безотказной работы  $P(t)$  в момент  $t$ , где  $t$  – непрерывная величина.

$$P(t) = P_n; t_n < t_i < t_{n+1}; n = 1, 2, \dots, \quad (42)$$

где  $t_i$  – момент времени, когда заканчивается  $i$ -й цикл.

Если нагрузка и сопротивление – постоянные величины, то

$$P_n = P_1 \cdot [E_1, E_2, \dots, E_i, \dots, E_n], \quad (43)$$

где  $P_n$  – вероятность безотказной работы после  $n$  циклов;  $E_i$  – событие, состоящее в том, что в  $i$ -м цикле отказа не происходит;  $P_1$  – вероятность появления события.

Расчёт объектов осушительных систем следует проводить на стадии технического проектирования ориентировочным методом, который служит для предварительного выбора размеров и формы элементов. Метод полного расчёта предназначен для проверки и корректировки выбранных параметров элемента.

Процесс анализа и обеспечения надёжности объектов должен включать следующие этапы: постановка задачи, формулировка рабочей гипотезы; установление геометрических параметров объекта, а также параметров распределения; анализ характера и последствий отказов; выбор гидравлической модели и наиболее важного параметра, расчётных параметров; формулировка соотношений критических параметров и критериев, определяющих появление отказа; расчет нагрузки, определяющей появление отказов, и выбор распределения для неё; расчёт сопротивления, определяющего появление отказов, и выбор распределения для него; анализ неопределённости по каждой переменной; расчет показателя надёжности, связанного с этими распределениями; повторение работ по проектированию для обеспечения заданной надёжности; оптимизация параметров объекта по заданному параметру с учётом технико-экономических расчётов; повторение оптимизационных расчётов для каждого ответственного элемента объекта.

Расчёт надёжности проводящей сети. Канал представляет собой сложную систему взаимосвязанных элементов, обеспечивающих выполнение возложенных на него функций, - принимать воду вдоль пути и отводить её до следующего водовода. Надёжность канала рассматривается для многомерных условий безотказности с точки зрения надёжности последовательно соединённых статически независимых элементов.

При анализе надёжности канал делят на элементы. *Элементом* является составная часть системы, характеризующаяся входными и выходными параметрами. Параметры можно разделить на три вида: влияющие на работоспособность лишь самого элемента, но не канал в целом; влияющие на параметры всего канала; влияющие на работоспособность других элементов канала.

Наряду с надёжностью отдельных элементов на общую надёжность всего канала влияет их взаимосвязь и состояние. Каждый элемент, участвуя в рабочем процессе всего канала, испытывает воздействие со стороны соседних элементов. Степень воздействия обусловлена конструкцией, структурной схемой канала. Поэтому, наряду с надёжностью отдельных элементов, необходимо учитывать условие их взаимосвязи, которое следует выразить в виде функциональной зависимости для выходных параметров элементов. При этом необходимо учитывать многомерные условия безотказности.

Допустим, канал состоит из  $n$  элементов, между которыми имеется статистическая связь. За элемент принят участок канала, сооружение на нём и т.д. Каждый элемент характеризуется показателями надёжности и может находиться в одном из двух состояний – безотказности  $H_i$  и отказа  $H_j$ .

Между событиями  $H_i$  и  $H_j$  может быть корреляционная связь, которая определяется коэффициентом корреляции

$$\rho_{H_i H_j} = \frac{P(H_i \cap H_j) - P(H_i) \cdot P(H_j)}{\sqrt{P(H_i) \cdot P(H_j) \cdot (1 - P(H_i)) \cdot (1 - P(H_j))}}, \quad (44)$$

где  $P(H_i \cap H_j)$  – вероятность одновременного появления событий  $H_i$  и  $H_j$ ;  $P(H_i)$  – вероятность появления события  $H_i$ .

Обозначим функцию  $y = y(\rho_{H_i H_j})$ ;  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$  для коэффициента корреляции между событиями  $H_i$  и  $H_j$ , когда элементы канала статистически независимы  $\rho_{H_i H_j} = 0$  и  $y = y(\rho_{H_i H_j}) = 0$  при  $\rho_{H_i H_j} = 1$  элементы канала зависимы и  $y = y(\rho_{H_i H_j}) = 1$

$$P(\cap H_i) = \prod_i P(H_i) + \int_0^1 \frac{\partial P(\cap H_i)}{\partial y} dy. \quad (45)$$

Из (45) можно получить

$$\int_0^1 \frac{\partial P(\cap H_i)}{\partial y} dy = P_m - \prod_i P(H_i) = A_0, \quad (46)$$

$$\int_0^1 \frac{\partial P(\cap H_i)}{\partial y} dy = A_0 - \int_0^1 \frac{\partial P(\cap H_i)}{\partial y} dy = A_0 \cdot K_n, \quad (47)$$

где  $P_m = \min P(H_i)$  – минимальное из значений  $P_i$ ;

$$A_0 = P_m - \prod_i^n P(H_i), \quad (48)$$

$$K_n = 1 - \frac{1}{A_0} \int_0^1 \frac{\partial P(\cap H_i)}{\partial y} dy. \quad (49)$$

Коэффициент  $K_n$ , учитывающий статистическую взаимосвязь между отказами элементов канала, можно установить из зависимости

$$K_n = \frac{2}{\pi C} \cdot \sum \arcsin \rho_{H_i H_j}, \quad (50)$$

$$C = n(n-1)/2. \quad (51)$$

Из уравнений (45), (46), и (47) можно получить выражение вероятности безотказной работы канала

$$P = \prod_i^n P_i + \left( P_m - \prod_i^n P_i \right) \cdot K_n. \quad (52)$$

Когда статистическая связь отсутствует,

$$\rho_{H_i H_j} = 0, y = 0, K_n = 0 \text{ и } P = \prod_i^n P_i, \quad (53)$$

т.е. значение общей надёжности всего канала равно произведению вероятностей безотказной работы отдельных элементов. Когда все элементы статистически зависимы,  $\rho_{H_i H_j} = 1, y = 1, K_n = 1,$

$$P = P_m. \quad (54)$$

В этом случае вероятность безотказной работы канала определяется вероятностью безотказной работы самого не надёжного элемента. Вероятность того, что элементы канала не вызовут нарушения нормальных условий работы канала в целом, а значения всех параметров работоспособности в течение заданного времени будут удерживаться в установленных пределах, указанных в проекте или в технических условиях, называется вероятностью безотказной работы.

Основная задача расчёта и проектирования – выбор такой конструктивной схемы, которая обеспечит поддержание характеристик элементов в пределах допусков, гарантирующих выполнение возложенных функций. Когда в общем случае нагрузка становится равной сопротивлению, состояние канала является предельным. В отличие от этого состояния максимальное напряжение, которое может существовать в элементе при заданных расчётных условиях без разрушения, появления недопустимых деформаций, называют допустимо напряжённым. Поэтому надёжность канала в целом можно выразить соотношением областей допустимых значений выходных и фактических параметров. Выход за пределы предель-

ных состояний квалифицируется как отказ. Допустимые значения, как правило, заданы. Например, это может быть необходимая пропускная способность, необходимая скорость и т. д. Для расчёта надёжности желательно также, чтобы было задано возможное изменение предельных значений, допустимый уровень.

Графически вероятность безотказной работы канала или его элемента можно интерпретировать как показано на рис.2. На нём нанесены установленные техническими условиями верхние  $X_{\max}^{\mathfrak{S}}$  и нижние  $X_{\min}^{\mathfrak{S}}$  значения  $X$ ;  $f(x)$  – плотность распределения случайных значений  $x$ .

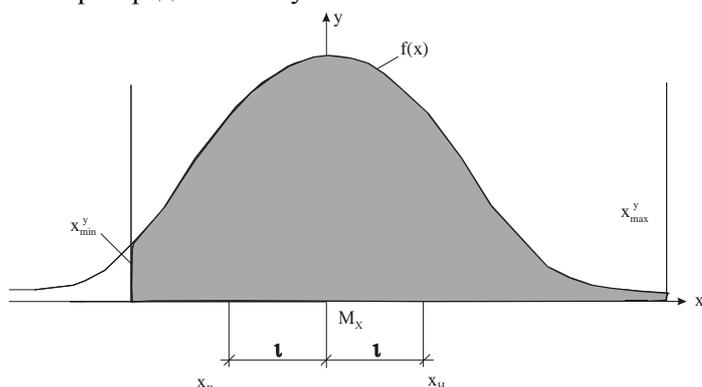


Рис. 2. Графическая интерпретация вероятности безотказной работы.

Вероятность того, что в канале параметр  $x$  не выйдет за пределы, установленные в технических условиях, определяется как вероятность

$$P(x) = \text{Вер} \cdot \{x_{\max}^{\mathfrak{S}} > x > x_{\min}^{\mathfrak{S}}\} = \int_{x_{\min}^{\mathfrak{S}}}^{x_{\max}^{\mathfrak{S}}} f(x) dx = \int_{-\infty}^{x_{\max}^{\mathfrak{S}}} f(x) dx - \int_{-\infty}^{x_{\min}^{\mathfrak{S}}} f(x) dx. \quad (55)$$

Таким образом, вероятность безотказной работы по параметру численно равна площади, заштрихованной под кривой  $f(x)$ .

Когда случайные значения  $x$  описываются нормальным законом распределения, вероятность безотказной работы канала по характеристике  $x$  выражается следующей зависимостью:

$$P(x) = \int_{-\infty}^{x_{\max}^{\mathfrak{S}}} \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x - M(x)}{\sigma_x}\right)^2\right] dx - \int_{-\infty}^{x_{\min}^{\mathfrak{S}}} \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x - M(x)}{\sigma_x}\right)^2\right] dx, \quad (56)$$

где  $M(x)$  и  $\sigma_x$  – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение величины  $x$  соответственно.

Уравнение (56) после несложных преобразований можно переписать следующим образом:

$$P(x) = \Phi\left(\frac{x_{\max}^{\mathfrak{S}} - M(x)}{\sigma_x}\right) - \Phi\left(\frac{x_{\min}^{\mathfrak{S}} - M(x)}{\sigma_x}\right), \quad (57)$$

где  $\Phi$  – функция нормального распределения.

На практике часто возникает задача найти верхнюю  $x_e$  и нижнюю  $x_n$  границы распределения  $x_e = M(x) + l$  и  $x_n = M(x) - l$ , между которыми случайные значения выходного параметра  $x$  совпадают с требуемой техническими условиями вероятностью  $P(x)$ . Когда в результате расчётов окажется, что  $x_e < x_{\max}^{\mathfrak{S}}$  и  $x_n > x_{\min}^{\mathfrak{S}}$  тогда требование технических условий по отношению к  $x$  выполняется не ниже заданной вероятности  $P^{\mathfrak{S}}(x)$ .

При заданном уровне  $P^{\mathfrak{S}}(x)$  безотказной работы пределы  $x_e$  и  $x_n$  или  $l/\sigma_x$  устанавливаются с помощью уравнения

$$P^{\mathfrak{S}}(x) = \Phi\left(\frac{x_e - M(x)}{\sigma_x}\right) - \Phi\left(\frac{x_n - M(x)}{\sigma_x}\right). \quad (58)$$

Это уравнение вследствие симметрии рассматриваемого распределения можно представить в виде

$$P^{\mathfrak{S}}(x) = 1 - 2\Phi\left[\frac{x_n - M(x)}{\sigma_x}\right] = 1 - 2\Phi\left[\frac{|l|}{\sigma_x}\right]. \quad (59)$$

Из этой зависимости имеем

$$\Phi\left[\frac{|l|}{\sigma_x}\right] = \frac{1 - P^{\mathfrak{S}}(x)}{2}. \quad (60)$$

Таблица нормальных функций позволяет установить значение  $l/\sigma_x$ , удовлетворяющее полученному равенству. Зная  $l$ , можно найти  $x_e$  и  $x_n$ . При отсутствии данных наблюдений на аналогичных объектах параметры распределения  $M(x)$  и  $\sigma_x$  можно установить с помощью ограниченного числа испытаний или используя правило трёх сигм, и результаты отождествлять с истинными значениями при некоторой доверительной вероятности  $\gamma$ . Расчёт пределов  $x_e$  и  $x_n$  на основе малого числа наблюдений проводят по формуле

$$x_e \approx \bar{x} + k \cdot \sigma_x'; \quad x_n \approx \bar{x} - \sigma_x', \quad (61)$$

где  $k = k(P^{\mathfrak{S}}(x); \gamma, n)$  и называется толерантным множителем.

Например, при  $\gamma = 0,9$   $P^3(x) = 0,95$   $n = 5$  значения  $k = 4$ ; при  $n = 20$  соответственно  $k = 33$ . Значение  $k$  сильно зависит от  $n$  и с увеличением числа наблюдений уменьшается.

При расчёте надёжности системы осушения условно могут быть разделены на объекты, надёжность которых обусловлена изменением пропускной способности и соотношением нагрузка-сопротивляемость.

Факторы, нарушающие нормальную работу объекта, называются *обобщённой нагрузкой*, а факторы, сопротивляющиеся этим нагрузкам, – *сопротивляемостью*. Проследим оценку безотказной работы канала по пропускной способности на примере.

Допустим, расчётом установлен предельный паводковый расход  $Q = 10 \pm 1,0$  м<sup>3</sup>/с. При этом принято, что ширина отводящего канала  $B = 10$  м, средняя глубина  $H = 2$  м, уклон  $\mathfrak{z} = 0,002$ , коэффициент гидравлического сопротивления  $n = 0,025$ , среднеквадратическое отклонение: по ширине  $\sigma_B = 1$  м, глубине  $\sigma_H = 0,2$  м, уклону  $\sigma_{\mathfrak{z}} = 0,00002$ , коэффициенту гидравлического сопротивления  $\sigma_n = 0,0025$ .

Для установления необходимых данных воспользуемся информацией, полученной по результатам наблюдений на аналогичных объектах. При этом в качестве физической предпосылки в решении вопроса можно применять теорию подобия. При отсутствии данных наблюдений среднеквадратичные отклонения устанавливаются по правилу трёх сигм. Правомочность этого приёма обосновывается тем, что любой параметр канала с достаточной точностью можно считать распределённым по нормальному закону, учитывая большое число возмущающих факторов, обуславливающих стохастическую природу параметров.

Требуется определить вероятность безотказной работы канала по пропускной способности. Отводимый с территории расход избыточных вод в случае равномерного движения, можно определить, при известном живом сечении ( $\omega$ ) и средней скорости ( $v$ )

$$Q = \omega \cdot v. \quad (62)$$

Среднюю скорость находят по формуле Шези

$$v = C \sqrt{R \cdot \mathfrak{z}}, \quad (63)$$

где  $C$  – коэффициент Шези;  $R$  – гидравлический радиус;  $\mathfrak{z}$  – гидравлический уклон.

Для определения коэффициента Шези ( $C$ ) воспользуемся формулой

$$C = -\frac{1}{2} \cdot \left[ \frac{1}{n} - \frac{\sqrt{g}}{0,13} \cdot (1 - \lg R) \right] + \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \left[ \frac{1}{n} - \frac{g}{0,13} \cdot (1 - \lg R) \right] + \frac{\sqrt{g}}{0,13} \cdot \left( \frac{1}{n} + \sqrt{g} \cdot \lg R \right)}. \quad (64)$$

Находим среднее значение пропускной способности

$$\bar{Q} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{x}_4), \quad \bar{Q} = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot \mathfrak{S}}. \quad (65)$$

Гидравлический радиус выражают через живое сечение и смоченный периметр, определяются как  $\omega = B \cdot H$ ;  $R = \frac{B \cdot H}{B + 2H}$ ;

$$Q = \sqrt{\frac{B^3 \cdot H^3 \cdot \mathfrak{S}}{B + 2H}} \cdot C.$$

Пропускная способность является случайной величиной, изменяющейся случайным образом под воздействием возмущающих факторов. Этим фактором свойственны случайные погрешности. Неопределённые параметры в общем случае не являются линейными во всем диапазоне изменения случайных аргументов, они могут оказаться линейными лишь в узком диапазоне их случайных изменений, в узких пределах. Используя линеаризацию, можно оценить сложное воздействие неопределённых факторов, обуславливающих пропускную способность канала. Необходимое для этого приёма математическое ожидание и его дисперсию устанавливают по зависимостям

$$M[Q] = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_N) + \Delta_1 + \Delta_2, \quad (66)$$

$$\sigma_{Q^2} = \sum_{j=1}^n \left( \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_i} \right)_{x_j = \bar{x}_i}^2 \cdot \sigma_{x_i}^2 + \Delta_3 + \Delta_4. \quad (67)$$

Путём частного дифференцирования можно найти численные значения отдельных членов уравнения

$$\frac{\partial Q}{\partial B} = \frac{C \cdot \sqrt{R^3 \cdot \mathfrak{S}}}{\omega} \cdot \left( \omega + 3H^2 \right) - \frac{\omega \cdot \sqrt{R^3 \cdot g \cdot \mathfrak{S}}}{0,13B^2 \cdot \ln 10} \cdot \left\{ 1 - \frac{1/n - \sqrt{g(5,69 - 7,691 \lg R)}}{2C + \left( \frac{1}{n} - \frac{\sqrt{g}}{0,13} \cdot (1 - \lg R) \right)} \right\};$$

$$\frac{\partial Q}{\partial H} = \frac{C \cdot \sqrt{R^3 \cdot \mathfrak{S}} \cdot (3B^2 + 4\omega)}{2\omega} - \frac{\omega \cdot \sqrt{R^3 \cdot g \cdot \mathfrak{S}}}{0,13H^2} \cdot \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1/2n - \sqrt{g(2,85 - 7,691 \lg R)}}{2C + \left( \frac{1}{n} - \frac{\sqrt{g}}{0,13} \cdot (1 - \lg R) \right)} \right\};$$

$$\frac{\partial Q}{\partial n} = \frac{\omega \cdot \sqrt{R \cdot \mathcal{I}} \cdot (3B^2 + 4\omega)}{2n^2} \cdot \left\{ 1 - \frac{1/n + \frac{\sqrt{g}}{0,13} \cdot (1 + \lg R)}{2C + \left( \frac{1}{n} - \frac{\sqrt{g}}{0,13} \cdot (1 - \lg R) \right)} \right\};$$

$$\frac{\partial Q}{\partial \mathcal{I}} = \sqrt{\frac{B^3 \cdot H^3}{B + 2H} \cdot \frac{C}{2\sqrt{\mathcal{I}}}}.$$

Внося заданные численные значения  $B = 10$  м,  $H = 2$  м,  $\mathcal{I} = 0,0002$ ,  $n = 0,025$ ,  $\omega = BH = 20$  м<sup>2</sup>, имеем  $R = \frac{B \cdot H}{B + 2H} = 1,43$ ;  $C = 22,92$ ;

$$\frac{\partial Q}{\partial B} = 0,86; \quad \frac{\partial Q}{\partial H} = 5,02; \quad \frac{\partial Q}{\partial \mathcal{I}} = 16775; \quad \sigma_Q = 2,35.$$

Вероятность безотказной работы канала (при предельном паводковом расходе  $Q = 10 \pm 0,5$  м<sup>3</sup>/с) по пропускной способности устанавливаем из выражения

$$P = \Phi \left( \frac{\bar{Q}_{\text{ПР}} - Q_{\text{РАСЧ}}}{\sqrt{\sigma_{\text{ПР}}^2 + \sigma_{\text{РАСЧ}}^2}} \right).$$

Необходимый для решения этого уравнения расход

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot \mathcal{I}}; \quad v = 22,92 \cdot \sqrt{0,0002 \cdot 1,43} = 0,39 \text{ м/с};$$

$$Q = 20 \cdot 0,39 = 7,80 \text{ м}^3/\text{с}$$

При отсутствии статистических данных для нахождения  $\sigma_{Q_{\text{ПР}}} = \frac{1}{6} \cdot 1,0 = 0,17$  м<sup>3</sup>/с.

$$\text{Вносим эти значения } P = \Phi \left( \frac{10 - 7,80}{\sqrt{0,17^2 + 2,35^2}} \right) = \Phi(0,93); \quad P = 0,824,$$

т.е. вероятность безотказной работы по пропускной способности  $P = 0,824$ . Это означает, что из каждой тысячи ожидаемых предельных расходов в среднем 824 расхода пропустит канал с данными параметрами.

Рассмотренным подходом можно установить любой определяющий параметр. Для этого достаточно функции случайных величин разложить в ряд Тейлора. При допущении, что сопротивление и нагрузка распределены по нормальному закону, стандартное уравнение связи запишется так

$$h = \frac{R - P}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_P^2}}, \quad (68)$$

где  $\sigma_R^2, \sigma_P^2$  – определяется, как и математическое ожидание, разложением аналитической зависимости  $R$  и  $P$  в ряд Тейлора.

При заданных вероятностях безотказной работы (допустим  $P = 0,99$ ) устанавливают  $h$  и, принимая допуск для любого определяющего параметра, входящего в разложение для  $\sigma_R$  и  $\sigma_P$ , находят численные значения с заданным допуском  $\alpha$ . Допустим, для  $I$  имеем численно допуск  $\alpha$ , тогда

$$3\sigma_{\mathfrak{Z}} = \alpha \cdot \mathfrak{Z} \quad \text{и} \quad \sigma_{\mathfrak{Z}} = \frac{\alpha}{3} \cdot \mathfrak{Z}. \quad \text{Допуская } \alpha = 0,012, \sigma_{\mathfrak{Z}} = 0,004 \cdot \mathfrak{Z}.$$

Внося соответствующие значения параметров, и решая полученное уравнение относительно  $\mathfrak{Z}$ , находим его значение, соответствующее заданной вероятности безотказной работы рассматриваемого элемента. Безотказность работы элементов канала необходимое, но недостаточное условие надёжности. На практике встречаются случаи, когда работоспособные элементы могут воздействовать на другие элементы и вывести их из строя. Кроме того, малые изменения параметров отдельных элементов в пределах допусков могут при особых сочетаниях неблагоприятно воздействовать на работоспособность всей системы. Поэтому важно при анализе надёжности системы или её отдельных элементов учитывать влияние их друг на друга. Отказ канала в общем случае является событием выхода из поля допусков параметров и характеристик, выбранных для его нормального функционирования. В зависимости от конструкции, схемы, назначения работоспособность канала определяется множеством условий.

Основные условия, характеризующие работоспособность канала, состоят в том, что пропускная способность канала  $Q_{ПР}$  должна быть больше, чем предельный расчётный расход  $Q_{РАСЧ}$ , а скорость потока, соответствующая пропускной способности,  $v_{ПР}$ , должна быть меньше, чем предельная неразмывающая, и больше, чем заиляющая. Работоспособность канала можно оценить также исходя из неперевышения уровня воды в нём заданного значения. В противном случае он не сможет принять в себя водный поток.

Следовательно, функциями работоспособности канала будут следующие:

- по пропускной способности

$$\varphi(Q_i) = Q_{ПР} - Q_{РАСЧ} < 0 \quad (69)$$

- по условиям неразмываемости и незаиляемости

$$\left. \begin{aligned} \varphi(v) &= v_{ПР} - v_{ДОП} < 0, \\ \varphi(v) &= v_{ПР} - v_{Н.З.} > 0 \end{aligned} \right\} \quad (70)$$

Расход в канале  $Q = F(\omega, v)$ .

Неразрывающая скорость при наличии в русле связных грунтов

$$v_{н.доп.} = \left( \lg \frac{8,8 \cdot H}{d} \right) \cdot \sqrt{\frac{2m}{2,6 \cdot \rho_0 \cdot n} \cdot [g \cdot (\rho_r - \rho_0) \cdot d + 1,25 \cdot C_Y^n \cdot K]}. \quad (71)$$

На сложных технических системах, может быть  $n$  условий работоспособности  $\varphi_i(y) > 0$ . По теории вероятностей

$$P(\varphi_1 > 0, \varphi_2 > 0, \dots, \varphi_{n_1} > 0) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi^n) \cdot M \cdot \prod_1^{n_1} \sigma_{\varphi_i}}} \int_0^\infty \dots \int_0^\infty \exp \left\{ -\frac{1}{2M} \cdot \sum_1^{n_1} M_{ij} \cdot \frac{\varphi_i \cdot \varphi_j}{\sigma_{\varphi_i} \cdot \sigma_{\varphi_j}} \right\} d\varphi_1 \dots d\varphi_{n_1} \quad (72)$$

где  $M = \|\rho \cdot \varphi_i \cdot \varphi_j\|$  – матрица коэффициентов корреляции между условиями работоспособности.

Решение этого интеграла связано со сложностями. Лишь для двух условий работоспособности решение этой задачи может быть сведено к таблицам.

$$P(\varphi_1 > 0, \varphi_2 > 0) = \frac{1}{2} \cdot [\Phi(\alpha_1) + \Phi(\alpha_2)] - T(\alpha_1 \cdot \beta_1) - T(\alpha_2 \cdot \beta_2), \quad (73)$$

$$\alpha_1 = \frac{M \cdot \varphi_1}{\sigma \cdot \varphi_1}, \quad \alpha_2 = \frac{M \cdot \varphi_2}{\sigma \cdot \varphi_2}, \quad (74)$$

$$\beta_1 = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1 \rho_{\varphi_1 \varphi_2})}{\alpha_1 \sqrt{1 - \rho_{\varphi_1 \varphi_2}}}, \quad (75)$$

$$\beta_2 = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2 \rho_{\varphi_1 \varphi_2})}{\alpha_2 \sqrt{1 - \rho_{\varphi_1 \varphi_2}}}. \quad (76)$$

Вероятность того, что нагрузка не превышает сопротивляемость, можно установить, используя нормированную функцию Лапласа.

$$P(Z > 0) = \Phi \left( \frac{M|Z|}{\sigma_z} \right), \quad (77)$$

где  $Z = R - P$  – параметр, равный разности между сопротивляемостью и нагрузкой; очевидно, в качестве нагрузки и сопротивляемости выбирают одни и те же физические параметры: напряжение, расход, деформацию, давление и т.д.;  $M|Z|$ ,  $\sigma_z$  – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение параметра, полученные в результате обработки экспериментальных данных.

Вероятность этого выполнения совокупности условий работоспособности можно установить по зависимости

$$P(\varphi_1 > 0, \varphi_2 > 0, \dots, \varphi_{n_1} > 0) = \prod_1^{n_1} P(\varphi_i > 0) + \left[ P_i(\varphi_i > 0)_{\min} - \prod_1^{n_1} P_i(\varphi_i > 0) \right] \cdot K_{n_1}, \quad (78)$$

$$\text{где } K_{n_1} = \frac{4}{\pi \cdot n_1 \cdot (n_1 - 1)} \cdot \sum_{i < j} \arcsin \rho_{\varphi_i, \varphi_j}. \quad (79)$$

Коэффициент корреляции между условиями работоспособности находят по уравнению

$$\rho_{\varphi_i, \varphi_j} = \frac{1}{\sigma_{\varphi_i} \cdot \sigma_{\varphi_j}} \cdot (\sigma_{x_i} \cdot \sigma_{x_j} \cdot \rho_{x_i x_j} + \sigma_{y_i} \cdot \sigma_{y_j} \cdot \rho_{y_i y_j} - \sigma_{y_i} \cdot \sigma_{x_j} \cdot \rho_{y_i x_j} - \sigma_{y_i} \cdot \sigma_{x_j} \cdot \rho_{y_i x_i}); \quad (80)$$

$$\varphi_i = x_i - y_j, \varphi_j = x_j - y_j; \quad (81)$$

$$\sigma_{\varphi_i} = \sqrt{\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{y_i}^2}; \sigma_{\varphi_j} = \sqrt{\sigma_{x_j}^2 + \sigma_{y_j}^2}, \quad (82)$$

где  $\rho_{xy}$  – коэффициент корреляции между величинами  $x$  и  $y$ , характеризующими работоспособность рассматриваемого объекта.

Требуется определить вероятность выполнения условий функционирования (вероятность выполнения возложенных функций) канала при следующих исходных данных: расчётный расход,  $M[Q_{расч}] = 90 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $M[H] = 4 \text{ м}$ ;  $M[d] = 0,004 \text{ м}$ ,  $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ ,  $m = 1,0$ ;  $\rho_0 = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $M[n] = 4,0$ ;  $M[\rho_r - \rho_0] = 1650 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $M[K] = 0,5$ ;  $M[C] = 0,1 \text{ кг}/\text{см}^2 = 10^4 \text{ Па}$ ;  $M[v] = 1,1 \text{ м}/\text{с}$ ;  $B = 25 \text{ м}$ ;  $C = 50$ ;  $\mathfrak{I} = 0,000121$ .

Среднеквадратичные отклонения, принятые на основе наблюдений на аналогичных объектах:  $\sigma_n = 0,24 \text{ м}$ ;  $\sigma_c = 0,01 \text{ кг}/\text{см}^2 = 10^3 \text{ Па}$ ;  $\sigma_{\rho_r, \rho_0} = 177 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $\sigma_k = 0,033$ ;  $\sigma_d = 0,00027 \text{ м}$ ;  $\sigma_n = 0,267$ ;  $\sigma_m = 0$ ;  $\sigma_Q_{расч} = 9 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\sigma_{v_{пп}} = 0,11 \text{ м}/\text{с}$ .  $\varphi_1 = Q_{пп} - Q_p < 0$ ;  $Q_{пп} = \omega \cdot v$ ;  $\varphi_2 = v_{пп} - v_{н.дон} < 0$ ,

$$v_{н.дон.} = 1g \left( \frac{8,8 \cdot H}{d} \right) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m}{2,6 \cdot \rho_0 \cdot n} \cdot [g \cdot (\rho_k - \rho_0) \cdot d + 1,25 \cdot K \cdot C_y^n]},$$

$$\begin{cases} \omega = B \cdot H \\ v = C \sqrt{H \cdot \mathfrak{I}}; C = const; \mathfrak{I} = const \end{cases}$$

$$Q = \omega \cdot v = B \cdot H \cdot C \sqrt{H \cdot \mathfrak{I}} = B \cdot C \cdot \mathfrak{I}^{1/2} \cdot H^{2/3},$$

$$Q = B \cdot C \cdot \mathfrak{I}^{1/2} \cdot H^{3/2}.$$

I шаг – установление математического ожидания и среднеквадратического отклонения для заданных параметров

$$M[Q_{пп}] = B \cdot C \cdot \mathfrak{I}^{1/2} \cdot m_H^{3/2} = 25 \cdot 50 \cdot 0,000121^{1/2} \cdot 1^{3/2} = 110 \text{ м}^3/\text{с}$$

Рассчитаем по формуле математическое ожидание не размывающей скорости

$$M[v_{н.дон.}] = \left( 1g \frac{8,8 \cdot 4}{0,004} \right) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{2,6 \cdot 1000 \cdot 4} \cdot [9,81 \cdot 1650 \cdot 0,004 + 1,25 \cdot 0,5 \cdot 0,1]} = 1,29 \text{ м}/\text{с};$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum a_{yx}^2 \cdot \sigma_x^2}, \quad a_{yx} = \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right)_m, \quad y = Q_{\text{ПР}} \cdot v_{\text{ПР}},$$

$$x = H, d, n, \rho_r, K, C;$$

$$a_{Q,H} = \frac{3}{2} BC \mathfrak{Z}^{1/2} H^{1/2} = \frac{3}{2} \cdot 25 \cdot 50 \cdot 0,000121^{1/2} \cdot 4^{1/2} = 41,25;$$

$$a_{Q,H} = 0,0356; \quad a_{V,C} = 0,497; \quad a_{V,K} = 0,99; \quad a_{V,\rho_r} = -0,16;$$

$$a_{V,d} = 1,844; \quad \sigma_{Q_{\text{ПР}}} = \sqrt{a_{Q,H}^2 \cdot \sigma_H^2} = 9,9;$$

$$\sigma_{v_{\text{расч.}}} = \sqrt{a_{V,H}^2 \cdot \sigma_H^2 + a_{V,C}^2 \cdot \sigma_C^2 + a_{V,K}^2 \cdot \sigma_K^2 + a_{V,\rho_r}^2 \cdot \sigma_{\rho_r}^2 + a_{V,n}^2 \cdot \sigma_n^2 + a_{V,d}^2 \cdot \sigma_d^2};$$

$$\sigma_{v_{\text{расч.}}} = 0,076.$$

II – шаг установление математического ожидания и среднеквадратичного отклонения функции работоспособности

$$m_{\varphi_1} = m_{Q_{\text{ПР}}} - m_{Q_{\text{расч.}}} = 20 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad m_{\varphi_2} = m_{v_{\text{расч.}}} - m_{v_{\text{ср.}}} = 0,193 \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$\sigma_{\varphi_1} = \sqrt{\sigma_{Q_{\text{ПР}}}^2 + \sigma_{Q_{\text{расч.}}}^2} = 13,38 \text{ м}^3 / \text{с}; \quad \sigma_{\varphi_2} = \sqrt{\sigma_{v_{\text{расч.}}}^2 + \sigma_{Q_{\text{ПР}}}^2} = 0,134 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

III шаг – установление коэффициента корреляции заданных характеристик и функции работоспособности

$$\rho_{Q_{\text{ПР}} \cdot v_{\text{расч.}}} = \frac{1}{\sigma_{Q_{\text{ПР}}} \cdot \sigma_{v_{\text{расч.}}}} \cdot a_{Q,H} \cdot a_{V,H} \cdot \sigma_H^2 = \frac{1}{9,9 \cdot 0,076} \cdot 41,25 \cdot 0,0356 \cdot 0,24^2 = 0,1128;$$

$$\rho_{Q_{\text{расч.}} \cdot v_{\text{расч.}}} = \rho_{Q_{\text{ПР}} \cdot v_{\text{ПР}}} = \rho_{V_{\text{ТР}} Q_{\text{ТР}}} = 0; \quad \rho_{\varphi_1 \varphi_2} = \frac{\sigma_{Q_{\text{ПР}}} \cdot \sigma_{v_{\text{расч.}}} \cdot \rho_{Q_{\text{расч.}} \cdot v_{\text{расч.}}}}{\sigma_{\varphi_1} \cdot \sigma_{\varphi_2}} = 0,0473.$$

IV шаг – установление вероятности выполнения каждого условия работоспособности

$$P(\varphi_1 > 0) = \Phi\left(\frac{m \cdot \varphi_1}{\sigma \cdot \varphi_1}\right) = \Phi\left(\frac{20}{13,38}\right) = \Phi(1,51) = 0,9332,$$

$$P(\varphi_2 < 0) = \Phi\left(\frac{m \cdot \varphi_2}{\sigma \cdot \varphi_2}\right) = \Phi\left(\frac{0,3339}{0,134}\right) = \Phi(2,509) = 0,9938,$$

$$P(\varphi_1 > 0, \varphi_2 < 0) = P(\varphi_1 > 0) \cdot P(\varphi_2 < 0) + [P_m - P(\varphi_1 > 0)] \cdot P(\varphi_2 < 0) \cdot K_N,$$

$$\left. \begin{aligned} K_N &= \frac{4}{\pi \cdot N \cdot (N-1)} \cdot \sum \arcsin \rho_{\varphi_i \varphi_j} \\ P_m &= P_i \cdot (\varphi_i > 0)_{\min} \end{aligned} \right\}$$

Таким образом, вероятность выполнения каждого условия работоспособности

$$P(\varphi_1 > 0, \varphi_2 < 0) = 0,9332 \cdot 0,9938 + (0,9332 - 0,9332 \cdot 0,9938) \cdot \frac{4}{3,14 \cdot 2 \cdot (2-1)} \cdot \arcsin 0,4733 = 0,92 \cdot$$

Для достижения необходимой надёжности элементов на этапе проектирования необходимо отыскать такие пути воздействия на элементы и условия их работы, при которых вероятность выхода из строя была бы минимальной.

Повышение надёжности систем, объектов, элементов обеспечивается обычно резервированием, т.е. повышением надёжности введением избыточности. Для установления эффективности этого мероприятия проведем анализ. Если в системе  $m$  резервных элементов, работающих в нагруженном режиме, то вероятность безотказной работы всей системы, состоящей из невосстанавливаемых элементов, будет

$$P_C(t) = 1 - \prod_{i=1}^{m+1} [1 - P_i(t)], \quad (83)$$

где  $P_i(t)$  – вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента, включенного параллельно основному.

При равной надёжности основных (резервируемых) и резервных элементов

$$P_C(t) = 1 - [1 - P_i(t)]^{m+1}. \quad (84)$$

Чем выше надёжность объекта, тем, естественно, реже отказы и соответственно меньше суммарные затраты на покрытие ущерба, связанного с этими отказами (рис. 3, кривая  $Z_{ЭКС}$ ).

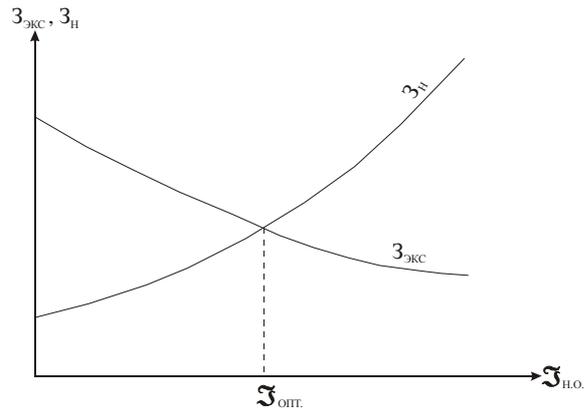


Рис. 3. Схема нахождения оптимального значения надёжности.

Если рост затрат на повышение надёжности объекта представить кривой  $Z_H$ , то оптимальный уровень надёжности объекта  $Z_{ЭКС}$  будет соответствовать минимальным суммарным затратам на повышение надёжности и на покрытие ущерба.

Мероприятия по повышению надёжности можно считать целесообразными, если стоимостное значение выигрыша будет превышать затраты на их реализацию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических методах и моделях. – Алматы: Каганат, 2003. – 525 с.
2. Бурлибаев М.Ж., Достай Ж.Д., Турсунов А.А. Арало-Сырдарьинский бассейн (гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления). – Алматы: Дәуір, 2001. – 180 с.
3. Бурлибаев М.Ж., Нурмаганбетов Д.Ш., Волчек А.А. Теоретические и прикладные основы проблем планирования и управления природопользованием и охраной природы. – Алматы: Каганат, 2007. – 360 с.

Казахстанское Агентство Прикладной Экологии, г. Алматы

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы

Полесский аграрно-экологический институт, Республика Беларусь

#### **ӨЗЕН ЭКОЖҮЙЕСІН БАҒАЛАУДА СУ ШАРУАШЫЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ СЕНІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ**

Техн. ғылымд. докторы	М.Ж. Бурлибаев Д.М. Бурлибаева
Геогр. ғылымд. докторы	А.А. Волчек Ан.А. Волчек

*Мақалада су шаруашылық жүйелерінің су экожүйесіне әсерін болдырмау немесе төмендету мақсатында сенімділік мәселесі қарастырылып, оны анықтау әдісі ұсынылады.*

УДК 614.777:628:315

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛИЧНОЙ СХЕМЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРЕДЫ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ВОДЫ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

Доктор техн. наук    С.С. Нуркеев  
Канд. техн. наук    Ж.М. Жаппарова  
                                 М.Б. Оралбаева

*В статье показана циклическая модель нейтрализации фильтрационной воды для полигона твердых бытовых отходов (ТБО) г. Астаны.*

На полигоне ТБО г. Астаны предусмотрена система ливневой и дренажной канализации, включающей в себя каналы для сбора ливневых сточных вод и систему сбора дренажных вод со всего полигона и хозяйственной зоны. Все сточные воды собираются в резервуары накопления. Построено два резервуара, один для стоков с полигона, другой для загрязненных вод. Фильтрационная вода поступает на очистные сооружения полигона и в дальнейшем используется для технических нужд.

Построена модульная станция очистки сточной воды. Загрязненная сточная вода с ячейки по перфорированным трубам подается в первый резервуар и оттуда перекачивается на станцию очистки, после очистки вода подается в резервуар получистых вод, для орошения территории.

Предусмотрена контрольно-дезинфицирующая установка с устройством бетонной ванны для ходовой части мусоровозов. Загрязненная вода также подается на очистные сооружения для очистки.

Таким образом, на полигоне захоронения ТБО решаются три основных вопроса переработки жидкости, образующейся на полигоне ТБО:

- переработка канализационной и смывной воды;
- производство технической воды для полива и мытья;
- переработка фильтрационных вод.

Для решения каждой из представленных выше проблем предусмотрено специальное оборудование.

*1. Переработка канализационной воды*

Для переработки канализационной воды, которая не требует особого специфического оборудования, предусмотрена стандартная септическая яма. Для определения размеров септической ямы были приняты во

внимание следующие данные. Средний приток этой воды был рассчитан по данным биологического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>), который составляют 25 г/день на человека, по содержанию взвешенных веществ (ВВ) – 40 г/день на человека.

Для полигона ТБО г. Астаны состав жидкости при входе в септическую яму составляет:

БПК <sub>5</sub>	500 мг/дм <sup>3</sup>
ВВ	800 мг/дм <sup>3</sup> .

Степень очистки на выходе составляет:

БПК <sub>5</sub>	40 %
ВВ	85 %.

В количественном отношении эти показатели составляют:

БПК <sub>5</sub>	300 мг/дм <sup>3</sup>
ВВ	120 мг/ дм <sup>3</sup> .

С этими показателями вода направляется в резервуар с фильтратом, где происходит дальнейшая очистка.

### *2. Техническая вода для полива и мойки*

Оборудование для переработки воды предусматривает емкость с технической водой для мойки колес мусоровозов, полива и противопожарных нужд. Вода в эту емкость поступает из резервуара с получистой водой и/или из колодца. Прежде чем попасть в емкость с водой для служебных нужд, вода подвергается фильтрации с помощью фильтра с песком, а затем хлорированию. Оборудование фильтрации рассчитано на объем в 15 м<sup>3</sup>/час.

С помощью хлорирования решается проблема биологического отравления. С другой стороны, благодаря системе противотока фильтра с помощью хлорированной воды микроорганизмы не заселяют песочную подушку фильтра.

### *3. Фильтрационная вода полигона*

Фильтрационная вода полигона захоронения ТБО представляет собой высокоагрессивную жидкость со сложным химическим составом, имеющую как большую сезонную неоднородность, так и по объему жидкости. Характеристика фильтрационной воды напрямую связана не только с сезоном года, но и климатическими условиями, а также морфологическим составом полигона, условиями складирования твердых бытовых отходов и т.д. Немаловажное влияние оказывает такой мало контролируемый элемент,

как осадки, иногда слой выпавшего снега достигает 30 см, при температуре минус 40 °С, период таяния снега может продолжаться от 15 до 30 дней. В это время высвобождается огромное количество воды, которая резко поднимает уровень фильтрационных вод на станции очистки.

Для достижения правильного функционирования системы очистки необходимо, чтобы поток жидкости, идущей на переработку, был как можно более однородной и непрерывный. Для этого предусмотрен резервуар с фильтратом емкостью 2000 м<sup>3</sup>. Ввиду возможной неоднородности потока, был рассчитан объем подачи жидкости на переработку, равный 3 м<sup>3</sup>/час.

Существующая технологическая схема функционирует следующим образом. Фильтрационная вода из ячейки, из ямы мойки колес, ливневой канализации, а также от мойки машин поступает в резервуар загрязненных стоков, откуда насосом подаётся на станцию очистки.

Ниже на рисунке 1 представлена общая схема переработки сточных вод полигона.

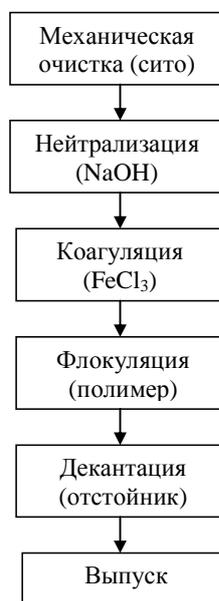


Рис. 1. Существующая технологическая схема очистки фильтрационной воды полигона ТБО г. Астаны.

Технологический процесс очистки осуществляется в следующей последовательности: стоки проходят через механические решетки (сита), далее вода поступает для проведения физико-химического процесса – нейтрализации с NaOH, затем коагуляция с хлоридом железа (FeCl<sub>3</sub>), после чего проис-

ходит флокуляция с полимерами (пенопол), потом в декантаторе-отстойнике вода отстаивается, после чего поступает в резервуар получистых вод.

Для эффективного протекания процесса коагуляции необходима нейтральная среда. При существующей технологической схеме предусмотрена нейтрализация щелочью, предполагается, что рН фильтрационной воды менее 6,5. В реальности рН бывает более 8. Кроме того, при резком возрастании объема поступающей фильтрационной воды, контроль потока становится проблематичным. Поэтому можно выделить следующие недостатки существующей технологической схемы:

- не учтено, что рН фильтрационной воды может быть не только кислой, но и щелочной;
- в технологической схеме не предусмотрен скачек объема воды во время таяния снега и дождливый сезон, нет механизма контроля потока воды.

Целью данной работы явилось изучение возможности модернизации существующей системы. В результате чего предлагается 2-х системная работа по нейтрализации в зависимости от рН фильтрационной воды.

Ниже, на рисунке 2 показана цикличная модель технологической схемы очистки стоков.

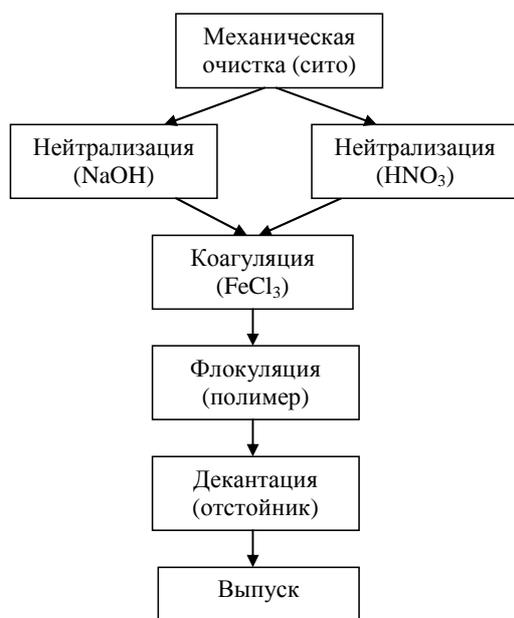


Рис. 2. Предлагаемая технологическая схема очистки фильтрационной воды полигона ТБО г. Астаны.

Преимущества предлагаемой схемы:

- возможность нейтрализации воды с разными рН, которая позволяет довести до нейтральной среды не только фильтрационную воду с кислой средой (рН менее 6,5), но и воду с щелочной средой (рН более 8), что улучшает качество очистки при дальнейшей коагуляции;
- возможность использования параллельной емкости при повышенных объемах фильтрационных вод для регулирования потока воды для коагуляции.

Таким образом, решается вопрос более полной очистки стоков полигона ТБО г. Астаны, а также данная схема позволяет предотвратить перелив воды при резком увеличении ее уровня.

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

**ҚАТТЫ ТҰРМЫС ҚАЛДЫҚТАР ПОЛИГОНЫНЫҢ СҮЗІНДІ  
СУЫНЫҢ ҚЫШҚЫЛДЫГЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ЦИКЛДЫ  
НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ СХЕМАСЫН ҚОЛДАНУУ**

Техн. ғылым. докторы  
Техн. ғылымд. канд.

С.С. Нуркеев  
Ж.М. Жаппарова  
М.Б. Оралбаева

*Бұл мақалада Астана қаласының қатты тұрмыс қалдықтар полигонының сүзінді суының қышқылдығына байланысты циклды нейтрализация схемасын қолдануу көрсетілген*

УДК 556.164(282.256.164.6)

**ЕСІЛ ӨЗЕНІНІҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ  
НӘТИЖЕЛЕРІНЕН**Техн. ғылымд. докторы М.Ж. Бүрлібаев  
А.У. Ортбаева

*Мақалада гидрохимиялық бақылаудың соңғы жылдардағы мәліметтеріне (2001...2005 жж.) сәйкес Есіл өзенінің су сапасына кешенді баға берілді. Беткі судың ластану дәрежесі судың ластануының салыстырмалы құрама индексі (СЛСКИ) шамасы бойынша бағаланды.*

Есіл өзені алабы аумағында қарқынды шаруашылық қызметінің дамуы экожүйе тепе-теңдігінің өзгеруінің бірден-бір себепкері. Өзен суының химиялық құрамын зерттеу РМК «Қазгидромет» бақылау мәліметтері негізінде [1]. Астана қ-сы (қаладан 8 км төмен) және Петропавл қ-сы (ЖЭО-2-ден 5,8 км төмен) тұстамалары бойынша жүргізіліп, өзен суының табиғи құрамының соңғы жылдары едәуір өзгеріске түскендігі анықталды. Суда сульфаттардың, органикалық заттардың ғана емес, ауыр металдардың да үлесі артқан. Жұмыстың мақсаты Ақмола және Солтүстік Қазақстан облыстарын ауыз суымен, шаруашылық мақсаттағы сулармен қамтамасыз етіп отырған, Ертіс өзенінің сол жақ саласы Есіл өзенінің су сапасына соңғы жылдардағы (2001...2005 жж.) гидрохимиялық бақылау мәліметтерін талдай отырып кешенді баға беру.

Судың ластану дәрежесін анықтауда басты критерийі шекті рауалы концентрацияның (ШРК) (балық шаруашылығына пайдаланатын су көздері үшін) мәні болып саналатын су сапасын бағалаудың дифференцияланған және кешенді тәсілі пайдаланылды. Беткі судың ластану дәрежесі судың ластануының салыстырмалы құрама индексі (СЛСКИ) шамасы бойынша бағаланады [2]. Кешенді көрсеткіштерді есептеу еркін тізім бойынша жүргізілді (судағы еріген оттегі, оттегінің биохимиялық тұтынуы (ОБТ<sub>5</sub>), фенолдар, мұнай өнімдері, нитрит, нитрат және аммоний иондары, жалпы темір, мыс, мырыш, хлоридтер, сульфаттар, магний, фторидтер, жалпы хром және басқа).

**Нәтижелер және оларды талдау.** Есіл өзенінің Астана қаласы тұстамасында судың ластануының жинақтылық коэффициентінің мәні төмендегідей пайызды құрайды: 2001 жыл – 41 %; 2002 жыл – 36 %; 2003 жыл – 33%; 2004 жыл – 32 %; 2005 жыл – 33 %. Берілген тұстамада 2001 жылы өзен суының ластану жинақтылығы су сапасының кешенді көрсеткіштері бойынша ластанған III категорияға жатады. Ал келесі талданған жылдарда (2002...2005 жж.) су сапасы бірнеше көрсеткіштермен ластанған II категорияға жатады. Ластаушы заттардың негізін сульфаттар, магний, жалпы темір, нитриттер, мұнай өнімдері, фенолдар, мыс, мырыш, фторидтер құрайды. Судың ластануын жинақтылық коэффициенті ( $K < 10 \%$ ) көмегімен талдасақ берілген тұстамада өзен суының сапасына баға беруде суды ластаушы заттардың барлығын бірдей есепке алатын кешенді әдісті қолдану қажеттігі көрінеді.

Петропавловск қаласы тұстамасында судың ластануының жинақтылық коэффициенті мынадай мәндерді көрсетеді: 2001 ж. – 10 %; 2002 ж. – 7,7 %; 2003 ж. – 10 %; 2004 ж. – 9,5 %; 2005 ж. – 21,5 %. Ластанудың негізін жалпы темір мен сульфаттар құрап, 2001-ші жылдан 2004 жылдар аралығында ластану жинақтылығы жекелеген ингредиенттермен ластанған I категорияға жатады. Ал 2005 жылда жинақтылық коэффициентінің жоғарылауы (ластану жинақтылығы бойынша II категория) суда жаңа ластаушы заттардың пайда болғанының дәлелі (мұнай өнімдері, мыс және мырыш).

Қайталану белгісі бойынша Астана қаласы тұстамасында сульфаттар, жалпы темір, фенолдар, мұнай өнімдері концентрациясы талданған кезеңдердің барлығында (2001...2005 жж.) сипатты ластану деңгейінде (54...100 %) болды. Сондай-ақ, 2001 жылы сипатты ластану магний (81 %), мыс (100 %), фторидтер (63 %) концентрациясы бойынша, тұрақты ластану нитриттер (42 %) бойынша, ал жекелеген ластану оттегінің биохимиялық тұтынуы (9 %) бойынша байқалды. Магний мен нитриттердің концентрациясы 2002 жылы тұрақсыз ластануға (27...18 %) ауысса, сол жылы мырыш бойынша тұрақты ластану (36 %) тіркелген. 2003 жылы магний (25 %), ОБТ (22 %), фторидтер (17 %) және нитриттер (8 %) қайталану белгісі бойынша тұрақсыз және жекелеген ластану белгілерін көрсетеді. 2004 жылы магний мен мыс концентрацияларының қайталануы 9 % және 27 %-ды құрап, тұрақсыз ластану ретінде сипатталады. 2005 жылғы мәліметтер бойынша суда (1 кесте) мыстың табылу жиілігі тағы да сипатты ластануға дейін (67 %), ал фторидтер

тұрақты ластануға дейін (42 %) өскен. Сонымен қатар, тұрақсыз ластану мырыш бойынша (17 %) тіркелген.

Петропавловск қаласы тұстамасында судың қайталану белгісі бойынша жалпы темірмен ластануы 2001 жылы тұрақты (50 %), ал 2002...2005 жылдары сипатты (83...100 %) түрде тіркелген. Сульфаттардың қайталану жиілігі тұрақсыз ластанудан сипаттыға дейін өзгереді: 2001 ж. – 45 %, 2002 ж. – 25 %, 2003 ж. – 100 %, 2004 ж. – 27 %, 2005 ж. – 25 %. Ал нитриттер бойынша 2001 жылы 8 % қайталану (судың жекелеген ластануы), ал магнийдің концентрациясы бойынша 2003...2004 жылдары 8...16 % қайталану (жекелеген және тұрақсыз ластану) байқалады. 2005 жылы (1 кесте) жалпы темір мен сульфаттардан басқа мыс (40 %), мұнай өнімдері (67 %) және мырыш (90%) бойынша тұрақты және сипатты ластану тіркелді.

1 кесте

2005 жылғы ластанудың қайталану белгісі бойынша Есіл өзені суының жіктелуі

Ингредиент	Қайталану, %	Қайталану белгісі бойынша судың ластану сипаттамасы
Астана қаласы тұстамасы		
Сульфаттар	92	Сипатты
Жалпы темір	92	Сипатты
Мұнай өнімдері	92	Сипатты
Фенолдар	67	Сипатты
Мыс	67	Сипатты
Мырыш	17	Тұрақсыз
Фторидтер	42	Тұрақты
Петропавловск қаласы тұстамасы		
Сульфаттар	25	Тұрақсыз
Жалпы темір	100	Сипатты
Мұнай өнімдері	67	Сипатты
Мыс	40	Тұрақты
Мырыш	90	Сипатты

Есіл өзенінің ластану деңгейі төмен және орташа деп жіктеледі, ал ШРК арттыру еселігі 1-ден 4,7 ШРК-ға дейін жетеді. Мысалы, Астана қаласы тұстамасында 2001...2003 жылдар кезеңінде судың ластану деңгейі сульфаттар бойынша орташа (2,1...2,3 ШРК) деп жіктеледі. 2004...2005 жылдары сульфаттар концентрациясы азайып, төменгі ластану деңгейіне (1,5...1,6 ШРК) өткен. Жалпы темірмен ластану 2002 жылы төменгі деңгейді (1,8 ШРК) көрсетсе, қалған барлық кезең бойынша ластану деңгейі орташа (2,1...4,0 ШРК). Фенолмен ластану 2001...2003 жж. орташа деңгейде (2,4...2,5 ШРК) болса, 2004...2005 жылдары ол

төменгі деңгейге (1,3...1,5 ШРК) дейін азайған. Мұнай өнімдері 2001...2003 жылдары орташа ластану деңгейін (2,1...2,3 ШРК), көрсетеді. Ал қалған бақылау кезеңінде ластану деңгейі төмен (1,5...1,7 ШРК) болып жіктеледі. Нитриттер мөлшері 2001 жылы 3,2 ШРК-мен орташа деңгейде, бірақ 2002...2004 жылдары төменгі ластану деңгейіне (1,2...1,9 ШРК) дейін азаяды. Ластану мырыш бойынша 2002 жылы төменгі (1,2 ШРК), ал 2005 жылы орташа (2 ШРК) деңгейде. Фенол бойынша ластану тұтас талдану кезеңінде төменгі деңгейде (1,2...1,6 ШРК) байқалды. Астана қаласы тұстамасындағы максималды ластану жалпы темір, сульфаттар, фенолдар, мұнай өнімдеріне келеді.

Петропавловск қаласы тұстамасында сульфаттар бойынша ластану деңгейі тұтас талдану кезеңінде төмен болып (1,2...1,7 ШРК) жіктеледі. Жалпы темір бойынша 2001...2003 жылдары ластану деңгейі төменгі сипатта болса, 2004...2005 жылдары ластану деңгейі орташаға дейін (2,1...2,4 ШРК, сәйкес) жоғарылайды. 2005 жылы бекітілген шамадан асқан ластаушы заттардың тізіміне мұнай өнімдері, мыс, мырыш қосылып, мұнай өнімдері төменгі (1,9 ШРК), ал қалғандары орташа (2,6...2,5 ШРК, сәйкес) ластану деңгейінде. 2001, 2003, 2004 жылдары нитриттер мен магний ластанудың төменгі деңгейін (1,01...1,1 ШРК) көрсетеді.

Есіл өзенінің су сапасын кешенді бағалау үшін судың ластануының салыстырмалы құрама индексі (СЛСҚИ), ал Петропавловск тұстамасы үшін 2001...2004 жылдары дифференцияланған бағалау жүргізілді, өйткені талданған кезеңде судың ластануының шамалы жинақтылығы байқалған (2 кесте). СЛСҚИ нәтижелеріне сәйкес Есіл өзенінің ағысы Астана қаласы тұстамасында 2001...2005 жж. және Петропавловск қаласы тұстамасында 2005 жылы ластанған, үшінші классты су сапасы ретінде бағаланады.

2 кесте

Есіл өзенінің су сапасын судың ластануының салыстырмалы индексі мәні бойынша жіктеу

Жыл	Судың ластану жағдайының сипаттамасы	Судың ластануының салыстырмалы индексінің мәні	Су сапасының классы
Астана қ-сы тұстамасы			
2001	Ластанған	3,9	3
2002	Ластанған	3,6	3
2003	Ластанған	3,9	3
2004	Ластанған	2,7	3
2005	Ластанған	2,9	3
Петропавловск қ-сы тұстамасы			
2005	Ластанған	2,3	3

Талданған деректерді жинақтай келе, Астана қ-сы тұстамы үшін бірнеше ингредиенттер және олардың кешенді түрі бойынша ұзақ уақытқа созылған ластанудың, ал Петропавловск қ-сы тұстамасы бойынша қысқа мерзім ішінде жоғары концентрацияның байқалуы тән екендігі анықталды. Жоғарыда берілген талдау нәтижелеріне сәйкес Есіл өзені үшін жалпы темір, сульфаттар, мұнай өнімдері, мыс және мырыш ағынның басты ластаушы заттары болып саналады.

Берілген әдісті пайдаланып су сапасына кешенді баға беру ағынды судың ластануының шартты жинақтылық коэффициенті мәні бойынша жүйелеуге, ластанудың қайталану белгісіне және ластану деңгейіне қарай жіктеуге, ластанудың салыстырмалы индексінің мәні бойынша су сапасын жіктеуге мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод. – Алматы. – Казгидромет. 2001-2005 гг.
2. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям: Росгидромет, 2002. – 34 с.

РГП «Казгидромет», г. Алматы

#### ***РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА Р. ЕСИЛЬ***

Доктор техн. наук    М.Ж. Бурлибаев  
                                  А.У. Ортбаева

*В статье приводится комплексная оценка качества воды р. Есиль по данным гидрохимических наблюдений за 2001...2005 гг.. Степень загрязненности поверхностных вод определена по величине удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ).*



Жаңа технологияның ерекшелігі бастапқы өндеуге алынған шикі заттардың түрлері: құрамында силикаттар көп Көкжон, Ақтөбе фосфориттер, кварциттың ұсақ фракциялары және силикатты калийі. Күйдіру процесінің материалдық балансының негізінде табиғатты қорғау және шихтаны өндеу шараларының экономикалық тиімділігін анықталды. Технологиялық сулба суретте көрсетілген. Фосфорит (кондициясыз), кварцит, калийі силикатты қоспа түрінде шихта болып толық араластырып ұнтақталады, күйдірінді алынады [2].

Күйдіру үрдістің материалдық балансын есептегенде шығарындылардың көлемі және мөлшері анықталды.

Күйдірудің материалдық балансын есептегендегі бастапқы берілгендері:

1. Өнімділік 50000 т/ж фосфорит;
2. Кететін газдар температурасы 170 °С;
3. Күйдіру зонасындағы температура 1000 °С;
4. Фосфорит құрамы, масс %:  $P_2O_5$  – 21 %,  $CaO$  – 39,8 %,  $SiO_2$  – 21,9 %,  $MgO$  – 2,3 %,  $Al_2O_3$  – 1,2 %,  $Fe_2O_3$  – 1,3 %,  $CO_2$  – 6,8 %,  $F$  – 2,4 %,  $Na_2O$  – 0,5 %,  $K_2O$  – 0,3 %,  $S_{ж}$  – 0,1 %,  $H_2O$  – 2,3 %, басқалары – 0,5 %;
5. Фосфоритті уатқандағы шығын – 2 %;
6. Сілку електен кейінгі  $\geq 50 \dots 70$  мм фракциялар – 90 %.

Күйдірінді алу жаңа технология жасалған (1 сурет).

Сонымен материалдық баланс бойынша газдар көлемі  $K_2OH$  – 7 т/жыл;  $SO_2$  – 88 т/жыл;  $SiF_4$  – 25 т/ж. Осы газдардың ауаға келтірілген залалдығы анықталды. Жұмыс жалғасында қоршаған ортаға келтірілген залал есебі жасалды. Қоршаған ортаны қорғау туралы заңға сәйкес табиғи ресурстарды пайдалану үшін төлем, қоршаған ортаны ластағаны үшін төлем, ластайтын заттарды түсіру мен тастау үшін, қалдықтарды орналастыру сияқты және т.б. қоршаған ортаны қорғаудың экономикалық әдістері енгізілуде.

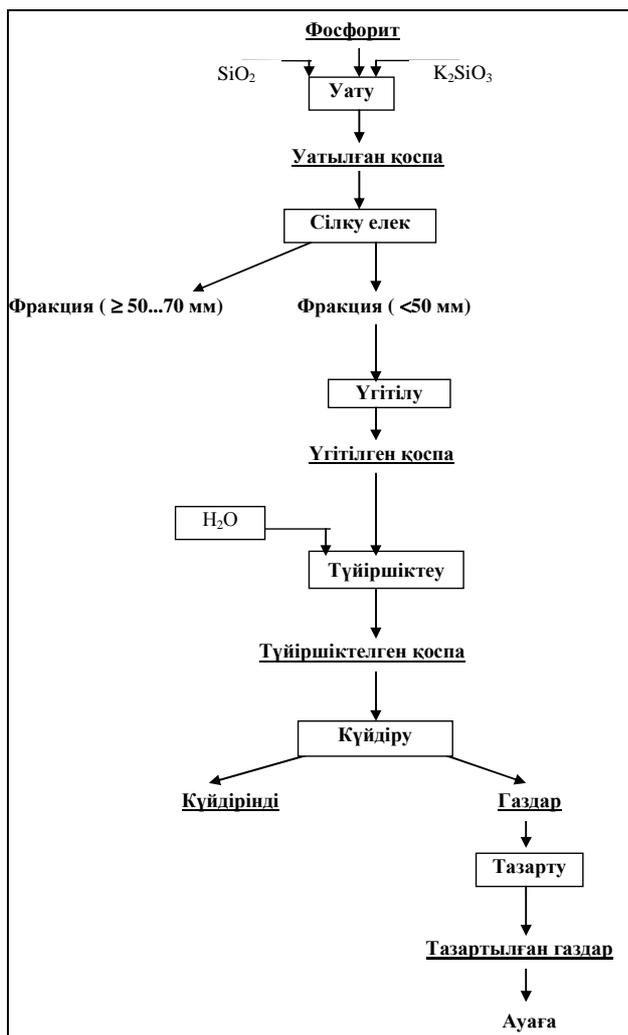
Атмосфераға тасталатын зиянды заттардың экономикалық шығынының орнын толтыру үшін қоршаған ортаны ластағаны үшін төлем төленеді. Қоршаған ортаны ластағаны үшін нормативті төлемдер бекітілген төлемдерді анықтау әдістемесіне сәйкес қабылданады.

Тастамалар үшін төлем есебі бар нормативтердің белгіленген шектерінде мына формуламен анықталады:

$$Q = \sum_1^n M_n \cdot A \cdot \sigma \cdot f \cdot K_1 \cdot K_i^1,$$

мұнда  $M_n$  –  $i$  затының тастамасының массасы, т;  $A$  – үстіміздегі жылда атмосфераға тасталатын ластағыш заттардың шартты бір тоннасының

тастамасы үшін төлемнің базалық нормативі, тг/шартты  $t A = 200$  тг;  $\sigma$  – атмосфералық ауа ластануының салыстырмалы қауіптілігінің көрсеткіші, өлшемсіз,  $\sigma = 4$ .



1-сурет. Фосфориттен күйдірінді алу технологиясы.

Кесте

Фосфоритті күйдірудің материалдық балансы (бастапқы фосфорит бойынша 50000 т/ж)

Келу	т/ж	%	Кету	т/ж	%
Фосфорит	50000		1. Күйдірілген фосфорит	40060	
оның ішінде $P_2O_5$	10500	2,1	оның ішінде $P_2O_5$	9214	23,0
CaO	19900	39,8	CaO	17226	43,0
$SiO_2$	10950	21,9	$SiO_2$	9614	24,0

Келу	т/ж	%	Кету	т/ж	%
MgO	1150	2,3	MgO	1122	2,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	600	1,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	521	1,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	650	1,3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	841	2,1
CO <sub>2</sub>	3400	6,8	CO <sub>2</sub>	160	0,4
F	1000	2,0	F	641	1,6
Na <sub>2</sub> O	250	0,5	басқалары	721	1,8
K <sub>2</sub> O	150	0,3	2. Газды фаза	4040	
S <sub>ж</sub>	50	0,1	оның ішінде CO <sub>2</sub>	2759	68
H <sub>2</sub> O	1150	2,3	SiF <sub>4</sub>	25	0,8
басқалары	250	0,5	NaOH	11	0,27
			K <sub>2</sub> OH	7	0,17
			SO <sub>2</sub>	88	2,2
			H <sub>2</sub> O	1150	28,4
		4049,2	3. ШЫҒЫН	5900	
Барлығы	50000	100	Барлығы	50000	100

Бұл коэффициент тұрақты көздер үшін елді мекен зоналарының территорияларына сияқты қабылданады.

$K_i^1$  –  $i$  ингредиенті бойынша тұрғын зонада ластанудың, шекті деңгейінен аспауын ескеретін коэффициент.

$f$  – атмосфераға ластағыш заттардың таралу сипатына түзету, ол газ тәрізді қоспалар тастамалары үшін мына формуламмен есептеледі:

$$f = \frac{100}{100 + \varphi \cdot h} \cdot 0,7,$$

мұнда  $h$  – қайнар көздің шығатын жерінің геометриялық, биіктігі, м;  $h = 20$  м.

$\varphi$  – тастаманың атмосфераға жылулық көтерілуіне түзету өлшемсіз, былай есептеледі:

$$\varphi = 1 + T / 75,$$

мұнда  $T$  – шығарындының қайнар көзден шығатын жеріндегі температура,  $T = 40$  °C

$$\varphi = 1 + \frac{40}{75} = 0,53, \quad f = \frac{100}{100 + 0,53 \cdot 20} \cdot 0,7 = 0,63.$$

Тазартуға дейін:

$$\sum_1^n M_k = \sum_1^n \frac{M_i}{ШПК_i} = \frac{M_{SiF_4}}{ШПК_{SiF_4}} + \frac{M_{SO_2}}{ШПК_{SO_2}} + \frac{M_{Na_2O}}{ШПК_{NaOH}} + \frac{M_{K_2O}}{ШПК_{K_2O}} = 2188,4.$$

$$Q_1 = 927882 \text{ тг/ж},$$

оның ішінде

$$SO_2 = 176 \cdot 424 = 746240 \quad 80,4 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{O} &= 220 \cdot 424 = 93280 && 10 \% \\ \text{K}_2\text{O} &= 140 \cdot 424 = 59360 && 6,5 \% \\ \text{SiF}_4 &= 68,4 \cdot 424 = 29002 && 3,1 \% \end{aligned}$$

Батарейлі циклон, абсорбер т.б. тазартқан соң (тазарту дәрежесі 94 %) шартты т:

$$\text{SO}_2 = 88 \cdot 0,06 = 5,3;$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 11 \cdot 0,06 = 0,66;$$

$$\text{KOH} = 7 \cdot 0,06 = 0,42$$

$$\text{SiF}_4 = 34,2 \cdot 0,06 = 2.$$

$$\sum_1^n M_k = \frac{5,3}{0,05} + \frac{0,66}{0,05} + \frac{0,42}{0,05} + \frac{2}{0,5} = 132 \text{ шартты т.}$$

$$Q_2 = 55968 \text{ тт/ж.}$$

Оның ішінде

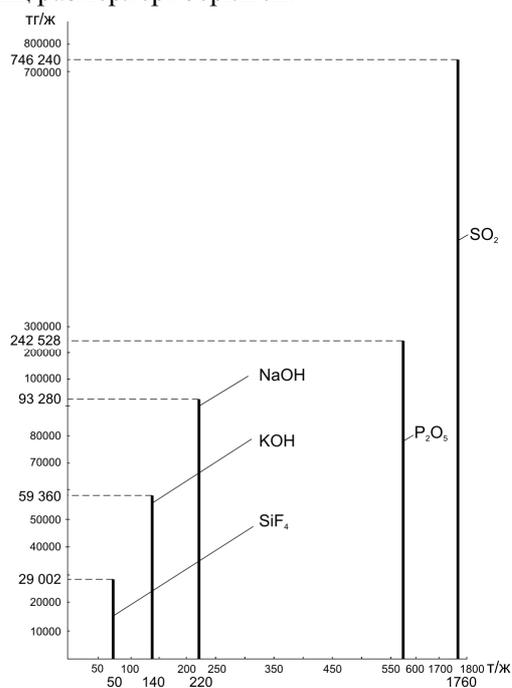
$$\text{SO}_2 = 106 \cdot 424 = 44944 \quad 80,3 \%$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 13,2 \cdot 424 = 5597 \quad 10 \%$$

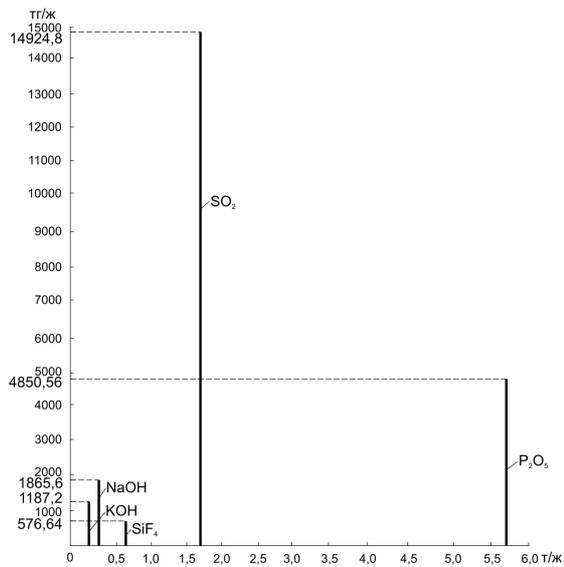
$$\text{K}_2\text{O} = 8,4 \cdot 424 = 3562 \quad 6,4 \%$$

$$\text{SiF}_4 = 4 \cdot 424 = 1696 \quad 3,3 \%$$

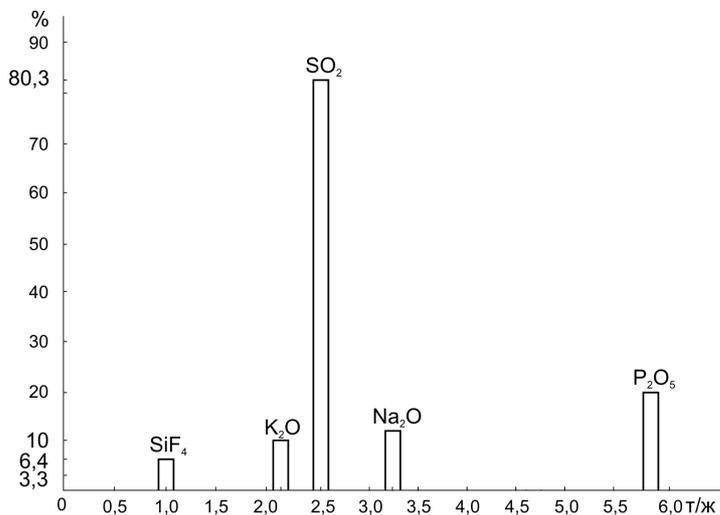
2-суретте тазартуға дейінгі ингредиенттер бойынша келтірілген залал төлемдерінің размерлері берілген.



2-сурет. Тазартуға дейінгі ингредиенттер бойынша келтірілген залал төлемдерінің размерлері.



3-сурет. Тазартқаннан кейінгі ингредиенттер бойынша келтірілген залал төлемдерінің размерлері.



4-сурет. Ингредиенттердің пайыздық мөлшерлері.

Күйдіруді қиғаш газ бағыттағыш торлы шахталы пеште өткізу шаңдылық пен тастамалардың мөлшерін біршама азайтуға мүмкіндік берді және күйдірудің эколог-санитарлық шарттарын жақсартты. Күйдірудің тәжірибелік сынағы өткізілді.

Қоршаған ортаға келетін залалды болдырмау, жаңа технологияны ендіргендегі экономикалық эффект, сонымен қатар табиғатты қорғау шараларының эффективтілігі есептелген.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Тұрсебекова Ғ.Ж., Қазова Р.Ә. Қоршаған орта зиян ететін құрамында фосфор бар шикізаттардың физика-химиялық сипаттамасы. // «Қазіргі жағдайдағы энергетика телекоммуникациялар және жоғарғы білім» атты Халықаралық ғылыми-техникалық конференцияның еңбектері. – Алматы. – 2006. – Б. 441-443.
2. Казова Р.А., Ирюков С.Ж., Тлебаев М.Б. Обезвреживание твердых отходов фосфорного производства с получением неорганических материалов. // Гидрометеорология и экология. – 2006. – №2. – С. 119-125.

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

### **РАСЧЕТ УЩЕРБА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕКА**

	Г.Ж. Турсбекова
Доктор хим. наук	Р.А. Казова
Доктор техн. наук	С.С. Нуркеев

*Показан расчет ущерба окружающей среде при обжиге фосфорита в технологии получения спека.*

УДК 551.506.2:551.509.51

**СТИХИЙНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА  
ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН В 2007 ГОДУ**

Г.А.Бабаханова  
Т.Л. Жданова  
Т.И. Криворучко  
Н.В. Молчанова  
В.В. Жданов  
Л.М. Соколова  
Е.В. Малей  
С.Л. Аманкулова

Общая редакция

**Обзор погоды**

Гидрометеорологические условия в 2007 г. на территории Казахстана формировались в основном под влиянием меридиональных процессов: преобладающий индекс циркуляции С, в марте и августе – Е, в мае и июне преобладала зональная циркуляция – Ш, в декабре – Ш и С по М.Х. Байдалу. Январь и февраль были экстремально теплыми (на 3...11 °С и 1...7 °С выше нормы соответственно). Во второй и третьей декадах января аномалии температуры в отдельных районах превышали норму на 13...14 °С. Весна в целом была теплой и преимущественно влажной, лишь северо-запад республики был в основном холодным. Начало лета было несколько прохладным, затем температура воздуха повысилась, наиболее дождливым при этом был июль. Сухой и теплой была осень, лишь на западе в конце сезона – холодно и с осадками. Начало зимы было холодным и сухим.

Устойчивый переход средней декадной температуры воздуха через 0 °С весной на севере и северо-западе произошел в первой декаде апреля; в центре, на востоке и северо-востоке республики – в конце марта, на юго-востоке – в первой половине марта, а на юге – еще в середине февраля.

Устойчивый переход средней декадной температуры воздуха через 5 °С, означающий начало вегетационного периода, произошел на западе и севере республики во второй декаде апреля, в центре и на востоке – в начале апреля, а на юге и юго-востоке – еще во второй половине марта.

Устойчивый переход средней декадной температуры воздуха через 5 °С осенью произошел на западе, северо-востоке, востоке и в центре республики во второй декаде октября, на севере и северо-западе – в третьей декаде, а на юге и юго-востоке – в первой декаде ноября.

Устойчивый переход средней декадной температуры воздуха через 0 °С осенью на севере, западе, северо-западе, северо-востоке, востоке и в центре республики произошел в первой декаде ноября, на юге и юго-востоке – в конце первой декады декабря.

**Январь** был экстремально теплым, были перекрыты абсолютные максимумы дня. Температура воздуха была около и выше нормы на 1...11 °С на всей территории республики. В городе Алматы были перекрыты абсолютные максимумы дня на 0,4...4,5 °С. При этом температура воздуха достигла 28...31 января 12,4 °С, 16,7 °С, 14,3 °С, 16 °С соответственно. Осадков выпало больше нормы в 1,3...2,6 раза.

**Февраль** был экстремально теплым и относительно влажным. Средняя месячная температура воздуха была около нормы лишь на крайнем севере, а на остальной территории выше нормы на 1...7 °С. Осадков за месяц выпало меньше нормы местами на востоке, юго-востоке, юге, юго-западе и крайнем западе, на остальной территории около и больше нормы в 1,3...4,4 раза.

В **марте** средняя за месяц температура воздуха была выше нормы на 1...5 °С на западе, юго-востоке, большей части юга, востока, местами в центре, на 1...4 °С ниже нормы – местами на северо-западе, севере и в центре, около нормы – на остальной территории. Осадков выпало около и больше нормы в 1,3...3,0 раза на большей части республики и лишь местами – меньше нормы.

**Апрель** был влажным на большей части территории Казахстана. Средняя за месяц температура воздуха была около и ниже нормы на 1...2 °С на западе, северо-западе, местами на севере и выше нормы на 1...5 °С – на остальной территории. Осадков выпало около и больше нормы в 1,3...4,9 раза на большей части Казахстана и лишь местами в центре, на севере, северо-востоке и востоке, а также в отдельных районах юга и юго-востока отмечался их дефицит.

В **мае** средняя месячная температура воздуха была около и выше нормы на 1...2 °С. Осадков выпало около и больше нормы на большей части территории республики, меньше нормы на юго-западе, местами на крайнем западе, юге, юго-востоке, северо-востоке и в центре.

**Июнь** был холодным в северной половине республики и относительно теплым – в южной; засушливым – в южных областях Казахстана и несколько влажным – в северных. Средняя за месяц температура воздуха была на 1...2 °С ниже нормы на западе, северо-западе, севере, северо-востоке, местами востоке и в центре; на 1 °С выше нормы местами на западе, юго-западе, юге и юго-востоке, около нормы – на остальной территории.

Количество осадков за месяц выпало около и в 1,3...2,6 раза больше нормы на северо-востоке, местами востоке, юго-востоке, юге, западе, северо-западе, севере и в центре, меньше нормы – на остальной территории.

В **июле** средняя месячная температура воздуха была ниже нормы на 1 °С местами в Костанайской и Кызылординской областях, выше нормы на 1 °С в Восточно-Казахстанской, местами в Алматинской и Жамбылской областях, около нормы – на остальной территории.

У земли над юго-западной половиной Казахстана преобладало поле высокого давления, поэтому осадков в этих районах выпало 0...24 мм, на остальной территории их выпало около и больше нормы в 1,3...8,7 раза, что связано с прохождением циклонов. Лишь на западе, юге, местами на северо-западе, северо-востоке, юго-востоке и в центре республики – меньше нормы.

**Август** был сухим и преимущественно теплым. Средняя месячная температура воздуха была около нормы в Павлодарской, Алматинской, местами в Северо-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областях и выше нормы на 1...5 °С – на остальной территории. Преобладание поля повышенного давления на всей территории Казахстана привело к незначительному количеству осадков (0...21 мм), что около и больше нормы в 1,3...2,6 раза местами на западе, севере, северо-востоке, востоке, юге и юго-востоке, меньше нормы – на остальной территории.

**Сентябрь** был теплым и преимущественно сухим. Средняя месячная температура воздуха была выше нормы на 1...3 °С почти на всей территории Казахстана, лишь местами на юго-западе, юге, юго-востоке, северо-востоке, севере и в центре – около нормы. Осадков выпало около и больше нормы в 1,3...3,3 раза местами на западе, северо-западе, севере и в центре, меньше нормы – на остальной территории. На юге осадков не наблюдалось.

В **октябре** средняя месячная температура воздуха была ниже нормы на 1...2 °С на юге Южно-Казахстанской, Жамбылской, местами в Алматинской области, около и выше нормы на 1...3 °С – на остальной территории Казахстана. Осадков выпало меньше нормы на всей территории

республики, лишь местами на юго-западе, северо-западе, севере, северо-востоке, востоке и в центре – около и больше нормы в 1,3...3,1 раза.

**Ноябрь** был теплым на востоке и холодным на западе. Средняя за месяц температура воздуха была выше нормы на 1...3 °С на севере, востоке, юге, юго-востоке, местами на северо-востоке и в центре, около и ниже нормы на 2 °С – на остальной территории республики. Осадков за месяц выпало больше нормы в 1,3...3,1 раза местами на юго-западе, западе, северо-западе, северо-востоке, юго-востоке, юге и в центре, около и меньше нормы – на остальной территории.

**Декабрь** был преимущественно сухим. Средняя за месяц температура воздуха была выше нормы на 1...4 °С местами на северо-востоке, востоке, юго-востоке, около нормы местами на севере, северо-востоке, востоке, юго-востоке, юге, юго-западе и в центре; ниже нормы на 1...7 °С (очаг холода над районом Уральска минус 7,1 °С) – на остальной территории. Месяц был преимущественно засушливым, лишь местами выпало около и больше нормы в 1,3...1,9 раза.

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

**Сильный ветер, шквал.** Сильные ветры при скорости 30 м/с и более на территории Казахстана в 2007 году наблюдались на 39 метеорологических станциях и постах. Всего было зарегистрировано 66 случаев такого усиления ветра.

Как обычно, наибольшее число случаев (19) ураганного ветра юго-восточного направления отмечалось на М Жаланашколь на северо-востоке Алматинской области. Ураганный ветер силой 30...40 м/с и продолжительностью 1...19 часов наблюдался с января по апрель и с сентября по декабрь. Максимальная скорость ветра на М Жаланашколь в 2007 году достигала 40 м/с (16 сентября). Подробнее рассмотрим случай возникновения ураганного местного орографического ветра в этом районе со скоростью 34 м/с, наблюдавшегося 11...12 ноября. Антициклон с районов Центрального Казахстана 11 ноября переместился на Алтай и Монголию, где, при приближении к горному массиву, отмечалось его усиление. Давление в центре антициклона составило 1045 гПа. Отрог этого антициклона был ориентирован на Восточный и Северный Казахстан. Одновременно с перемещением частного циклона на юг Казахстана в нижней тропосфере наблюдалась мощная адвекция теплого воздуха на юго-восточные и восточные районы республики. На карте барической топографии АТ-850 тем-

пература за сутки повысилась на 6...19 °С. Интенсивная адвекция холодных воздушных масс по восточной периферии антициклона, привела к увеличению термических градиентов. Контрасты на карте  $OT_{1000}^{500}$  гПа 11 ноября составили 18...23 гПа/500 км над юго-восточным Казахстаном. Накопление холодных воздушных масс с южной стороны Джунгарских ворот привело к росту давления и движению воздуха в сторону низкого давления через узкий проход, что способствовало значительному и продолжительному усилению юго-восточного ветра на М Жаланашколь.

Рассмотрим синоптическую ситуацию 31 января – 3 февраля 2007 года, когда ураганные ветры наблюдались в Северном Казахстане и в Кызылординской области. Эти ветры были связаны с циклоном, образовавшимся на волне холодного арктического фронта, и перемещавшимся с большой скоростью в северо-восточном направлении.

В период 1...3 февраля сильные юго-западные ветры 20...27 м/с, порывы до 28...40 м/с, охватили многие районы северо-западного и северного Казахстана, начались сильные метели, что привело к ухудшению видимости до 10...200 м и заносам на дорогах. На М Аркалык Костанайской области 1...2 февраля ураганный ветер достигал 40 м/с и продолжался 11 часов, на М Чкалово Северо-Казахстанской области 2...3 февраля в течение 19 часов сохранялись порывы ветра до 39 м/с. На М Карасу Костанайской области, Жаксы и Кима Акмолинской области, на М Казалинск и М Аральское море Кызылординской области в этот период порывы ветра достигали 34 м/с.

Волновое возмущение, располагавшееся 31 января над Поволжьем, преобразовалось в глубокий циклон 1 февраля над западным Казахстаном под исключительно активной фронтальной зоной. Высотная фронтальная зона (ВФЗ) была ориентирована из районов северо-запада европейской России на Каспийское море – Петропавловск и далее на северные районы Восточной Сибири. За сутки давление в центре циклона над Атырау понизилось и 1 февраля составляло 998 гПа (рис. 1).

С циклоном были связаны системы атмосферных фронтов: полярный и арктический. Изаллобарическое поле характеризовалось резкой контрастностью: в передней части циклона над Актюбинской областью падение давления достигало 3...5 гПа/3 часа, рост над Туркменией – 3...5 гПа/3 часа. В зоне фронтальных разделов как у поверхности земли, так и на уровнях АТ-850 и 700 гПа контрасты температуры достигли 10...16 °С/500 км.

Смещение активного циклона на Екатеринбург, а затем 3 февраля на Нижневартовск, а также перемещение антициклона из районов Турции на Центральный Казахстан, привело к возникновению в тылу циклона, в южной его части, 2...3 февраля барических градиентов 8...15 гПа/1° меридиана. Это и обусловило возникновение штормовых ветров юго-западного и западного направления, местами достигших критериев стихийных гидрометеорологических явлений (СГЯ).

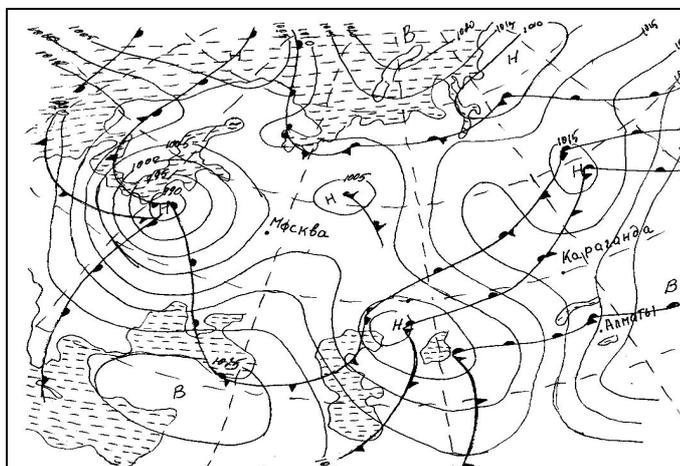


Рис. 1. Анализ приземный за 00 ч СГВ 1.02.2007 г.

Аналогично этой синоптической ситуации развивался процесс 1...2 мая, когда сильный юго-западный ветер наблюдался в Костанайской, Северо-Казахстанской, Акмолинской и Павлодарской областях. Также как в феврале, формирование циклона произошло на волне арктического фронта над Атырауской областью. За сутки циклон из Атырауской области переместился на Екатеринбург, давление в центре при этом понизилось с 998 гПа до 980 гПа. Уже 3 мая этот циклон находился над югом Западной Сибири, а на территорию Казахстана сместился антициклон.

В период 25...26 февраля, с выходом активного Южно-Каспийского циклона на центральные и восточные области республики, наблюдался сильный ветер 15...20 м/с, порывы до 20...28 м/с. На М Каркаралы Карагандинской области ветер был 31 м/с, на М Шемонаиха Восточно-Казахстанской области – 34 м/с, на М Зайсан – 40 м/с. Продолжительность ветра была 2...5 часов.

В июне и июле на 4 метеостанциях наблюдалось шквалистое усиление ветра 30...34 м/с. Продолжительность шквалов была от 2 до 10 минут, и происходили они при смещении контрастных холодных атмосфер-

ных фронтов, значительном развитии вертикальных движений и мощной кучево-дождевой облачности.

**Сильная метель.** На территории Казахстана метели наблюдаются в основном с ноября по март. Наибольшая повторяемость сильных метелей отмечается в период декабрь – февраль. В 2007 году было зарегистрировано 29 случаев с сильной метелью, продолжительностью 12 часов и более, со скоростью ветра 15 м/с и более.

В период 23...24 и 25...26 января 2007 г сильные метели носили локальный характер, они наблюдались на М Бестау и Аркалык Костанайской области и на М Кзылтау и Улытау Карагандинской области. Локальность метелей и сильных ветров объясняется не только синоптической ситуацией в данный период времени, но и влиянием орографии. Рассмотрим синоптическую ситуацию, при которой сильная метель наблюдалась 23...24 января в Костанайской области. Ветер на М Бестау и Аркалык был вызван увеличением барических градиентов, возникавших при сближении синоптических образований разного знака и под влиянием физико-географических особенностей местности. Здесь сильным метелям способствовало также местное усиление ветров. Метели были обусловлены прохождением глубокого циклона и его ложбины. На карте приземного анализа за 00 ч СГВ 23 января (рис. 2) М Бестау и Аркалык находились в штормовой зоне, возникшей при сближении циклона, центр которого находился над Самарской областью (1000 гПа), и отрога Монгольского антициклона с давлением в центре 1050 гПа.

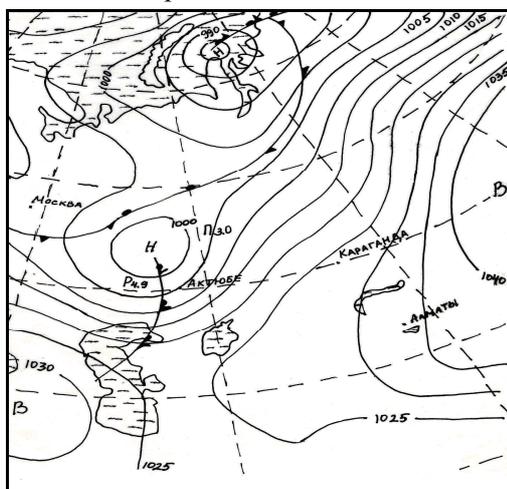


Рис. 2. Анализ приземный за 00 ч СГВ 23.01.2007 г.

В передней части циклона наблюдалось падение давления от 2 до 3,6 гПа за 3 часа. Рост давления в тылу циклона достигал 3...5 гПа за 3 часа. Влажность воздушной массы в тропосферном слое была очень велика. Дефицит точек росы до 5 км составлял 0...2 °С. Также на усиление ветра оказывал влияние фронт окклюзии, который проходил почти меридионально через г. Самару на г. Актау. Циклон располагался под очень интенсивной ВФЗ, направленной с юго-запада на северо-восток. Над юго-восточными районами Костанайской области возникла штормовая зона с сильным ветром, что в сочетании с обильным снегопадом, вызвала продолжительные метели. Днем 23 января начались метели и продолжались 14...19 часов, при скорости ветра 16...18 м/с, видимость ухудшалась до 200 м.

Наиболее сложные погодные условия сложились в северных районах республики в феврале. Месяц характеризовался частыми метелями и активной ветровой деятельностью. Очень интенсивными были метели в самом начале февраля в Костанайской, Северо-Казахстанской и Акмолинской областях. В период 1...2 февраля сильные южные, юго-западные ветры скоростью 18...25 м/с, с порывами 30...39 м/с, охватили многие районы Казахстана. В северо-западных, северных областях начались сильные метели с ухудшением видимости до 50 метров, которые были вызваны прохождением глубокого циклона по территории Казахстана. Синоптическая ситуация этого периода подробно описана в разделе «сильный ветер, шквал».

Сильная метель отмечалась 19 февраля в Акмолинской области на М Ерейментау, продолжительностью 16 часов, 20...21 февраля в Костанайской области на М Аркалык, продолжительностью 26 часов. Они носили локальный характер, были вызваны синоптическими условиями, аналогичными ситуации 23...24 января. Сильные метели этого периода были связаны с прохождением атмосферных фронтов углубляющегося циклона.

Рассмотрим синоптическую ситуацию, при которой сильная метель наблюдалась 23...24 февраля в Костанайской, Акмолинской, Карагандинской областях. Продолжались метели в среднем 12...23 часа, скорость ветра достигала 17...28 м/с, видимость ухудшалась до 50...500 м.

На карте приземного анализа за 00 ч СГВ 22 февраля активный циклон располагался над западным Казахстаном с давлением в центре 990 гПа. В тыл ему распространялся отрог антициклона, центр которого находился над районами Скандинавского полуострова (давление составляло 1040 гПа). С этим циклоном были связаны фронтальные системы: арктическая и полярная.

23 февраля в 00 ч СГВ высотный центр циклона совпадал с его приземным центром, который уже находился над Костанайской областью. Вся территория Казахстана находилась под влиянием южной, активной фронтальной зоны. Скорость потоков на карте АТ 500 гПа возросла до 120 км/ч. В передней части циклона наблюдалось интенсивное падение давления до 7 гПа за 3 часа. В тыл ему с северо-запада усиливался отрог антициклона. На северо-западные, западные районы началась интенсивная адвекция холодного воздуха, что способствовало обострению вторичных холодных фронтов над северной половиной республики и сохранению барических градиентов. К вечеру 23 февраля отрог антициклона распространился до южных районов республики, а 24 февраля над южной половиной Казахстана в отроге сформировался замкнутый центр антициклона с давлением 1023 гПа. Основной антициклон сохранялся над Восточной Европой. Циклон же переместился на центральные районы Сибири, поэтому метели еще сохранялись лишь по северу республики. Днем 24 февраля когда центр циклона сместился на районы Восточной Сибири, а антициклон – на районы восточного Казахстана, метели прекратились.

**Сильные осадки (дождь, снег).** К очень сильным дождям (СГЯ) отнесены дожди с количеством 50 мм и более за 12 часов и менее для равнинной части территории, и 30 мм и более за 12 и менее часов для горных и селеопасных районов. К сильным снегопадам (СГЯ) отнесены случаи выпадения сильного снега с количеством 20 мм и более за 12 и менее часов.

В 2007 году очень сильные осадки были отмечены на метеостанциях, в основном расположенных, в южных и юго-восточных областях Казахстана. Сильные дожди в этих районах наблюдались в апреле, мае, августе и ноябре. В январе, феврале и декабре сильный снег отмечался в отдельных районах Южно-Казахстанской и Жамбылской областей.

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 областей, которые повторяются ежегодно. Так, например, 14...15 и 17 апреля, 2, 8 и 13 мая, а также 12 августа в горных, предгорных районах Алматинской области прошли очень сильные дожди, выпало от 34 до 48 мм, продолжительность дождей от 8 до 12 часов.

Сильные и очень сильные дожди, выпавшие в летний период в горных и предгорных районах, вызывали селевые выбросы на горных ре-

ках, склоновый сток, 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).

Гораздо реже сильный дождь наблюдался на равнинной территории республики (июнь, июль), так в период 11...13 июля в Костанайской, Акмолинской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областях прошли ливневые дожди. Ночью 11 июля на М Железнодорожный Костанайской области было зарегистрировано рекордное количество выпавшего дождя 89 мм за 11 часов, что составило 2,5 нормы месячной суммы осадков. Также очень сильный дождь (58 мм) отмечался 1 мая в Махамбете Атырауской области.

Как правило, сильные осадки 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.

#### ***Обзор стихийных гидрологических явлений***

В третьей декаде января и в феврале 2007 года на территории южных областей Казахстана наблюдался повышенный температурный фон. На реках юга и юго-востока республики началось ослабление и разрушение ледяного покрова. На р. Сырдарье разрушение ледостава сопровождалось образованием заторов и высокими подъемами уровня воды. 10...11 февраля на участке Тасбогет – Кара-Узьяк отмечался подъем уровней воды почти на метр; в районе г. Кызылорды подтапливались дачные участки, в районе ГП Кара-Узьяк вода вышла на дорогу. Уровни воды (757 см) в районе г. Кызылорда были самыми высокими за весь ряд наблюдений.

К началу весеннего снеготаяния на большинстве рек степной зоны территории республики условия для формирования стока складывались в целом благоприятно. Запасы воды в снеге (за исключением Западно-Казахстанской области) были в пределах нормы и больше, причем в бассей-

нах рек Торгай, Иргиз – вдвое больше. Осеннее увлажнение почвогрунтов на всей равнинной территории республики было на 20...60 % выше нормы.

Половодье на реках Казахстана, за исключением рек Западно-Казахстанской области, началось в конце третьей декады марта – начале первой декады апреля. Половодье на отдельных реках Актюбинской области, на большинстве рек Костанайской области, на притоках Есиля (Жабай, Калкутан), на самом Есиле ниже Астаны и в Северо-Казахстанской области было многоводным. Высота волны половодья на реках Актюбинской области составила 2...5 м, на реках Костанайской области – 2...4 м, на реках Акмолинской области – 2...6 м, на р. Есиль – 5...11 м.

В Костанайской области в период 28 марта – 3 апреля в результате высоких сбросов воды из Каратамарского водохранилища (200 м<sup>3</sup>/с) и ледостава на р. Тобол в районе г. Костаная уровни воды превысили опасные значения. Отмечалось подтопление дачных участков в районе города, был затоплен автодорожный мост через р. Тобол. С 4 по 12 апреля на р. Тогызак – ГП Тогузак уровни воды превышали опасные отметки, отмечались разливы и подтопления. Максимальный уровень воды 589 см (14 %-ной обеспеченности) был зарегистрирован 8 апреля. Водами р. Тогызак был размыв подъезд к поселку Веренка. 10...11 апреля из-за образовавшегося мощного затора льда на р. Аят в районе ГП Варваринка отмечались резкие подъемы уровней воды. Они превысили опасные значения, в результате чего создавалась угроза подтопления с. Тарановское. Также из-за мощного ледяного затора, 13 апреля на р. Караторгай отмечалось подтопление жилых домов в поселке Кызыл Жулдыз.

Наиболее значительное влияние на развитие весеннего половодья на отдельных реках Актюбинской области оказали сильные дожди, прошедшие во второй декаде апреля, которые совпали с интенсивным снеготаянием, в результате чего водами р. Иргиз подтапливались поселки Шенбертал и Жанакурымыс, водами р. Уил подтапливалось с. Уил. На р. Орь – ГП Богетсай уровень воды (804 см) превысил наивысшую отметку за весь период наблюдений.

Также во второй декаде апреля происходило бурное нарастание волны весеннего половодья на реках Калкутан и Жабай Акмолинской области. Водами Калкутана подтапливался поселок Калкутан. В связи с превышением критического уровня на р. Жабай у города Атбасар наблюдалось подтопление жилых массивов, хозяйственных объектов, расположенных в

пойме реки. Уровни воды по р. Калкутан (690 см) и р. Жабай (808 см) были самыми высокими за весь ряд наблюдений.

На р. Есиль в районе г. Петропавловска Северо-Казахстанской области в период с 29 апреля по 17 мая уровни воды превышали критические значения, отмечались разливы и подтопления пониженных участков местности.

В апреле на горных реках Восточно-Казахстанской области происходило ослабление и разрушение ледостава, которое сопровождалось образованием заторов, резкими подъемами уровней воды. Так, 9 апреля на р. Буктырма в районе с. Богатырево образовался мощный затор льда.

В марте – июле на горных реках юга, юго-востока и востока республики отмечалось развитие весенне-летнего половодья, в период выпадения сильных дождей происходило формирование дождевых и тало-дождевых паводков.

С 14 на 15 апреля в горных районах Алматинской области прошли сильные дожди, местами очень сильные (максимальное количество осадков 72,5 мм было зарегистрировано ГП Бутаковка). На большинстве рек Заилийского Алатау (Киши Алматы, Прямуха, Бутак, Терисбутак, Турген и др.) прошли высокие тало-дождевые паводки. В микрорайоне Думан (р. Прямуха) было подтоплено 49 домов.

17 апреля в горах Алматинской области вновь прошли сильные дожди. Повсеместно на реках и временных водотоках в горах и предгорьях Заилийского и Джунгарского Алатау прошли тало-дождевые и наносоводные паводки. Паводковыми водами ручья Бельчедар (в Энбекши-Казахском районе) размыло направляющую дамбу, местами был размыв грунт под железобетонными конструкциями канала Улькен Алматы. 17 апреля по логу Акжар сформировался селевой выброс с максимальным расходом  $10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

8 июля паводковыми водами р. Осек были подмыты опоры автодорожного моста Алматы – Жаркент.

В конце второй и до середины третьей декады июля в горах Алматинской области наблюдался повышенный температурный фон, постоянно выпадали дожди, местами сильные. Высокая температура воздуха, интенсивное снеготаяние и осадки, выпавшие в высокогорной зоне в жидком виде обусловили заполнение моренных озер и значительную прибыль воды в горных реках. В период 23...28 июля на реках Коргас, Осек, Турген, Улькен Алматы, Есик, Аксай, Талгар отмечалось формирование тало-дождевых паводков. На большинстве рек Заилийского Алатау повысилась мутность воды. В Панфиловском районе 23...24 июля паводковыми водами р. Осек бы-

ли подмыты дамбы, отмечался размыв берега. Также размыв берега происходил на р. Турген. На р. Есик в период 26...27 июля прошел мощный паводок, который на участке от плотины до моста трансформировался в наносоводный паводок с максимальным расходом воды 30...35 м<sup>3</sup>/с.

**Лавины.** Зима 2006...2007 гг. не отличалась лавинной активностью. В период 24...26 февраля в горах Восточно-Казахстанской области наблюдался сход снежных лавин по автодороге Усть-Каменогорск – Самарское и на Белоберельском снегомаршруте объемом до 2000 м<sup>3</sup>. В это же время сильный снегопад обусловил сход 3 лавин в Аксу-Джабаглинском заповеднике (ЮКО).

В марте наблюдалось два лавиноопасных периода. Первый период (12...13 марта) был вызван осадками и дневными оттепелями, отличался слабой лавинной опасностью. Две лавины (до 100 м<sup>3</sup>) частично завалили автодорогу Медео – Шымбулак (Алматинская область). Второй период (27...30 марта) был вызван продолжительными осадками и колебанием температуры воздуха. 28 марта в бассейне р. Киши Алматы отмечался массовый сход снежных лавин с объемами до 2,5 тыс. м<sup>3</sup>. Одна из лавин перекрыла лыжную трассу, некоторые доходили до русла реки. В этот же период был зафиксирован сход двух лавин в Аксу-Джабаглинском заповеднике, ущелье Улькен Каинды, объемом до 24 тыс. м<sup>3</sup>.

В апреле также отмечалось два лавиноопасных периода. 1...2 апреля в горах Заилийского Алатау отмечался сход отдельных лавин. Максимальный объем сошедших лавин составил 1000 м<sup>3</sup>. 6...15 апреля сход лавин имел остаточный и редкий характер. Максимальный объем лавин в Джунгарском Алатау составил 7...8 тыс. м<sup>3</sup>.

#### ***Состояние водной поверхности Каспийского моря***

По данным казахстанских береговых и островных морских станций уровень Каспийского моря в его северной мелководной части в течение 2007 г. колебался в пределах отметок от минус 27,64 м до минус 26,15 м. Среднегодовое значение уровня моря в данном районе находилось на отметке минус 27,02 м. Среднегодовое значение уровня Каспийского моря в его глубоководной части было минус 27,08 м. В течение года уровень моря повышался до отметки минус 26,49 м и понижался до отметки минус 27,53 м.

**Ледовая обстановка.** Зима 2006...2007 гг. на Каспийском море по сумме отрицательных температур воздуха в холодное полугодие и степени распространения границы льда в пределах Республики Казахстан была те-

плой, с неустойчивыми морозами и слабым ледовым покровом. Первые ледовые явления в районе северного побережья Каспийского моря появились 24 ноября 2006 г., а 28 ноября береговые станции зафиксировали установление припая вдоль всего северо-восточного побережья Северного Каспия. Вследствие затока теплых воздушных масс в середине января 2007 г. процесс ледообразования в Северном Каспии в зиму 2006...2007 гг. имел неустойчивый характер. Повышение температуры воздуха в середине вызвало постепенное разрушение ледового покрова и сокращение площади его распространения по акватории моря. Последовавшее затем в феврале похолодание привело к повторному усилению ледового покрова и увеличение границ ледообразования. Наибольшая толщина льда была измерена на береговых станциях Северного Каспия в январе. На МГП Жанбай толщина льда составила 18 см, с высотой снега на льду 5...9 см., на М Пешной – 15 см. По данным МГ Кулалы, остров припай у берега образовался только в середине третьей декады февраля и на очень короткий срок (3 дня) с максимальной толщиной льда – 3 см. С 25 по 27 февраля в районе о. Кулалы зафиксирован дрейфующий лёд сплошностью 5...9 баллов. Наибольшая площадь ледового покрова на море отмечена в третьей декаде февраля, когда лёд распространился на всю центральную часть Северного Каспия, включая о. Кулалы.

На Среднем Каспии, по данным МГ Актау и МГ Форт-Шевченко, образования устойчивого ледового покрова не происходило. 27 февраля в районе порта Форт-Шевченко был зарегистрирован дрейф льда интенсивностью 8...9 баллов.

Весеннее разрушение ледового покрова на море началось с глубоководной части Северного Каспия в начале марта 2007 г. В мелководном Северном Каспии интенсивное весеннее разрушение ледового покрова началось во второй декаде марта. Полное очищение моря произошло в начале третьей декады марта.

***Сгонно-нагонные колебания уровня Каспийского моря.*** По данным береговых и островных морских станций и постов на Каспийском море, на казахстанском побережье Северного Каспия за период с января по декабрь 2007 г. включительно зафиксировано 11 случаев со сгонно-нагонными ситуациями, из них три случая с нагонным превышением критической отметки уровня моря наблюдались в районе МС Пешной. Согласно принятым критериям опасности сгонно-нагонных явлений для северо-восточного побережья Каспийского моря, повышение уровня моря выше критической от-

метки минус 26,60 м может вызвать затопление побережья до 5 км. Опасные сгонно-нагонные колебания уровня моря с превышением отметки минус 26,40 м в Северном Каспии в 2007 г. не наблюдались.

На восточном побережье Среднего Каспия по данным морских станций в рассматриваемый период опасные для данного района сгонно-нагонные колебания уровня моря не наблюдались.

### **Обзор стихийных агрометеорологических условий**

Весна 2007 года на территории республики почти повсеместно наступила в сроки, близкие к среднегоголетним – в конце марта – начале апреля, когда температурный фон значительно повысился и аномалии температуры воздуха составляли плюс 2 – плюс 8 °С. Лишь в Южно-Казахстанской области весна наступила на 2...3 декады раньше обычных сроков – во второй половине января. Так, на преобладающей территории республики к концу марта устойчивый снежный покров полностью отсутствовал. В первой декаде апреля снежный покров еще сохранялся местами в Актюбинской, Северо-Казахстанской, Павлодарской, Костанайской, Акмолинской и Восточно-Казахстанской областях. Высота его была около и выше среднегоголетних и прошлогодних значений, и колебалась от 2 до 12 см, местами в Актюбинской и Акмолинской областях она достигала 20...25 см.

В весенний период на преобладающей территории наблюдалось неравномерное распределение осадков. Наиболее засушливая обстановка наблюдалась в марте, когда на большей части территории 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, что отрицательно повлияло на влагозапасы верхнего пахотного слоя почвы (0...20 см).

В южной половине республики начало весенне-полевых работ на полях, предназначенных для посева яровых зерновых культур, как и в 2006 году, было ранним. Посевные работы здесь проходили уже со второй декады марта. Сухая, теплая погода создавала благоприятную обстановку для проведения весенне-полевых работ. Аномалии температуры воздуха во второй половине марта достигали +2...+5 °С. Лишь в конце марта обильные осадки (от 3,5 до 5,0 декадных норм) осложняли проведение предпосевной обработки полей и сев яровых зерновых культур.

Весной в основных зерносеющих районах массовый сев яровых зерновых культур начался в третьей декаде мая и продолжался в течение

первой декады июня. В первой декаде июня на территории основной зерносеющей зоны республики наблюдались малоблагоприятные условия для роста и развития яровых зерновых культур из-за пониженного температурного фона, местами осадков в виде снега. Наблюдавшиеся в некоторых районах заморозки интенсивностью 0...-3, местами минус 4 °С в течение 1...3, кое-где 4...5 суток могли вызвать повреждение растений.

В целом посевная кампания 2007 года продолжалась в течение 7...8 декад, начиная с 22 марта в Шуском районе Жамбылской области (самая ранняя дата сева) и до 8 июня в Жумабаевском районе Северо-Казахстанской области (самая поздняя дата сева).

**Заморозки.** Весна 2007 года почти повсеместно наступила в сроки, близкие к среднемуголетним – в конце марта – начале апреля, когда температурный фон значительно повысился и аномалии температуры воздуха составляли +2...+8 °С. Лишь в Южно-Казахстанской области необычно теплая погода установилась уже во второй половине января (на 2...3 декады раньше обычных сроков).

Переход среднесуточной температуры воздуха через 10 °С на севере и востоке республики произошел в конце апреля, что в основном несколько раньше нормы, на юго-западе, юге и юго-востоке республики – в первой половине апреля, что раньше и около среднегоголетних значений. На западе и северо-западе республики этот переход произошел преимущественно в конце апреля, в центре республики – во 2-й...3-й декадах апреля. В период активной вегетации растений (после перехода среднесуточной температуры воздуха через 10 °С), наступившего в сроки, близкие к среднемуголетним и несколько раньше их, отмечались частые заморозки в воздухе.

В отдельных районах юго-востока республики во второй декаде мая были отмечены слабые заморозки на почве (0...-1 °С). Однако такие заморозки являются не опасными для яровых и озимых зерновых культур.

В Восточно-Казахстанской области, отмечавшиеся в первой декаде июня заморозки до -1...-3 °С не оказывали отрицательного влияния на сельскохозяйственные культуры. Слабые заморозки в воздухе и на почве (интенсивностью 0...-1 °С) отмечались в течение 1...2 суток в отдельных районах севера, запада и центра республики, однако не нанесли им особого вреда.

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 10 °С, характеризующий завершение периода активной вегетации растений, осенью 2007 года на преобладающей территории Казахстана наступил не-

сколькo позже обычных сроков на 1...3 декады – в конце сентября – начале октября, на юге, юго-востоке – в первой половине октября.

Осенние заморозки (интенсивностью 0...-1 °С) на почве были зафиксированы в ранние сроки (в третьей декаде августа) на севере и в центре республики, что могло вызвать повреждение яровых зерновых культур. Наблюдавшиеся в северной половине республики во второй половине сентября заморозки в воздухе и на почве в течение 1...5, местами 7 суток интенсивностью -2...-7 °С создавали малоблагоприятные условия для просыхания зерна, увеличивая влажность зерна и соломы, что соответственно осложняло уборку яровых зерновых культур и ухудшало качество урожая.

**Атмосферная засуха.** В 2007 году устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 15 °С, характеризующий наступление летнего сезона, наступил на севере, западе, востоке и в центре Казахстана во 2-й...3-й декадах мая, что около и несколько раньше обычного. На юге, юго-востоке и юго-западе республики устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 15 °С отмечался во второй половине апреля, что около и несколько раньше обычного. На преобладающей территории республики наиболее жаркими были конец августа – начало сентября, когда аномалии температуры воздуха почти повсеместно достигали 3...7 °С.

В отдельных районах Западно-Казахстанской области максимальная температура воздуха в (с 3-й декады мая по 2-ю декаду июня и с 3-й декады июля по 1-ю декаду сентября) повышалась до 31...41 °С и выше. Сумма осадков за декаду в течение всего рассматриваемого периода не превышала 0...7 мм.

В некоторых районах Актюбинской области максимальная температура воздуха в течение десяти – одиннадцати декад (с 3-й декады мая по 1-ю декаду сентября) повышалась до 32...40 °С и наблюдался недобор осадков (0...8 мм за декаду).

На большей части Восточного Казахстана повышение температуры воздуха до 31 °С и выше, сопровождавшееся длительным периодом без дождей со второй декады июля по первую декаду октября, привело к возникновению атмосферной засухи. Однако отмечались районы, где атмосферная засуха наблюдалась в течение десяти – двенадцати декад подряд (со 2-й декады июля по 1-ю декаду октября). Здесь сумма осадков не превышала 0...9 мм. Максимальная температура воздуха достигала 31...37 °С.

В большинстве районов Карагандинской области атмосферная засуха отмечалась со второй декады августа по третью декаду сентября, ко-

гда максимальная температура воздуха повышалась до 31...41 °С и выше, отсутствовали эффективные осадки (более 5 мм в сутки).

В отдельных районах юга и юго-востока республики атмосферная засуха отмечалась в период со второй декады июня по первую декаду июля, затем с третьей декады августа по третью декаду октября. Осенняя засуха наступает после уборки зерновых культур и в период окончания вегетации пропашных и некоторых других культур. Поэтому отрицательное действие осенней засухи испытывают главным образом озимые зерновые культуры. Сухость верхних слоев почвы обуславливает длительное нахождение семян не проросшими, всходы обычно появляются с опозданием. Осенью 2007 года в большинстве районов юга и юго-востока Казахстана посеvy озимых зерновых культур сильно пострадали от засухи. Многие хозяйства понесли убытки. Из-за длительного бездождья и повышенного температурного фона запасы продуктивной влаги в почве были недостаточными для прорастания зерна и появления всходов озимой пшеницы. Растения «ушли» в зиму недостаточно развитыми, неокрепшими. В ряде районов на посевах осенью озимая пшеница даже не взошла.

**Почвенная засуха.** В 2007 году 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 всего 0...5 мм.

Почвенной засухой в течение вегетационного периода были охвачены не только пустынные районы, но и ряд зерносеющих районов республики. Так, в Актогайском районе Павлодарской области, Денисовском районе Костанайской области, Жумабаевском и Тайыншинском районах Северо-Казахстанской области, Астраханском и Егиндыкольском районах Акмолинской области, Урджарском, Бородулихинском и Катон-Карагайском районах Восточно-Казахстанской области, Кербулакском, Жамбылском районах Алматинской области, Тулкубасском, Казыгуртском, Сайрамском и Толебийском районах Южно-Казахстанской области

запасы почвенной влаги были меньше нормы и составляли в верхнем пахотном слое всего 7...16, в полуметровом 12...34 мм, в метровом слое почвы составляли всего 10...82 мм.

Такие запасы продуктивной влаги были недостаточными для роста и развития сельскохозяйственных культур, способствовали формированию низкорослых хлебов, а также преждевременному пожелтению листьев нижнего яруса у зерновых культур, что приводило к уменьшению урожайности.

**Суховеи.** Летом 2007 года высокие дневные температуры воздуха, усиление ветра, дефицит осадков и низкая относительная влажность воздуха вызывали образование суховея (сухого ветра). 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, июля). Максимальная скорость ветра в этих районах достигала 15...20, местами до 25 м/с при максимальной температуре воздуха выше 30 °С.

Действию суховея были подвержены в основном пустынные районы. Однако в большинстве районов Акмолинской, Павлодарской и Карагандинской областей возникновение суховея наблюдалось в первой декаде августа. Максимальная скорость ветра в этот период достигала 20...24 м/с при максимальной температуре воздуха 31...35 °С и относительной влажности воздуха ниже 30 %. В зерносеющих районах севера, востока и центра Казахстана суховея в основном не наблюдалось.

Гидрометцентр, г. Алматы

ДРМПЭИ РГП «Казгидромет», г. Алматы

УДК 556. 114

**ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАНАЛА  
ЕРТИС – КАРАГАНДА**Сообщение 6. Качество воды.

Доктор геогр. наук С.М. Романова

*Приведен анализ литературных данных и материалы собственных многолетних исследований по изучению качества воды канала им. К. Сатпаева.*

В области гидрохимии вообще, и охраны природных вод от загрязнения, в частности, в последние годы возрос интерес к проблемам, связанным с определением их качества. По В.П. Емельяновой качество контролируют, стремятся улучшить, оптимизировать и, наконец, управлять им [4]. В настоящее время научные проработки по комплексным оценкам качества воды в совокупности не охватывают все возможные случаи применимости. Неоднократные попытки специалистов предложить универсальную формулу расчета оценки качества природных вод заведомо обречены на неудачу. Любая комплексная оценка качества зависит от того, для какой цели и для каких условий делается эта оценка. Одно и то же состояние воды может иметь несколько различных оценок, произведенных для различных нужд и условий применения. В настоящее время известно около 20 классификаций оценки качества природных вод по гидрохимическим и гидробиологическим показателям [7].

В данной статье приводятся результаты по оценке качества воды канала Ертис – Караганда, проведенной на основании расчета коэффициента загрязненности (КЗ). Расчеты по определению КЗ велись на основе результатов собственных полевых и лабораторных исследований по всем показателям, превышающим предельно-допустимые концентрации: фосфор, железо, перманганатная окисляемость (ПО), нитриты, аммоний ион, фтор, бор, медь, цинк, алюминий, хром, кадмий (таблица 1, 2). Число определяемых компонентов химического состава составляет 20...24.

Таблица 1

Индексы качества воды канала Ертис – Караганда, 1988...1993 гг.

Год	Сезон	ПО	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe	P	F	B	Cu	Zn
1980	в	0	0	0	0,46	0	0	0	1,35	0,45
1980	л	0	0	0	0,55	0	0	0	3,03	2,01
1980	о	0	0	0	1,76	0	0	0	6,20	4,00
1981	з	0	0	0	0,56	0	0	0	не опр.	не опр.
1981	в	0,18	0	0	2,40	0	0	0	2,20	1,84
1981	л	0	0	0	1,30	0	0	0	3,00	1,83
1981	о	0	0	0	1,76	0	0	0	6,20	4,00
1982	з	0,11	0	0	1,80	0	0	0	1,50	0
1982	в	0,28	0	0	3,88	0	не опр.	0,15	1,83	0,04
1982	л	0	0	0	2,26	0	0	0	12,0	0
1983	в	0,01	0	0	1,03	0,01	0	0	4,50	0,85
1983	л	0	0	0	1,62	0	0	0	2,15	0,15
1983	о	0	0,05	0	3,40	0	0	0	5,50	0,35
1984	з	0	0	0	3,00	0	0	0	4,00	0,75
1984	в	0	0	0	2,03	0	0	0	3,02	0,62
1984	л	0	0	0	6,80	0	0	0	5,75	1,05
1985	з	0	0	0	9,80	0	0	0	18,0	0,50
1985	в	0,02	0	0	5,40	0	0	0	18,0	0,70
1985	л	0	0,02	0	1,40	0	0	0	12,0	0,60
1986	з	0	0	0	12,0	0	0	0	3,70	0,70
1986	в	0	0	0	32,6	0	0	0	3,50	0,35
1986	л	0	0	0	3,20	0	0	0	3,50	1,75
1987	з	0	0	0	3,20	0	0	0	9,50	1,25
1987	в	0,01	0	0	5,00	0	0	0	7,50	5,30
1987	л	0	0,03	0	5,80	0	0	0	12,0	0,40
1988	з	0	0	0	0	22,0	0	0	0	0
1989	з	0	0	0	0	9,40	0	0	0	0,35
1989	в	0,01	0	0	0	5,32	0,04	0,13	3,70	0,26
1989	л	0	0	0	0	2,05	0	0,36	0,57	0,45
1989	о	0	0	0,27	0	4,71	0	2,31	2,32	0,84
1990	з	0	0	0	0	7,00	не опр.	0	1,70	2,00
1990	в	0,05	0	0	0	17,08	не опр.	0,08	2,50	3,10
1990	л	0	0	0	0,67	0,03	не опр.	0,51	5,69	3,04
1990	о	0	0,03	0,10	0	0,05	не опр.	0	0,94	1,12
1991	з	0	0	0	0	0,60	не опр.	0,20	0,40	0,40
1991	в	0,01	0,04	0	0	7,20	не опр.	6,50	2,04	2,04
1991	л	0	0	0	0,02	1,17	не опр.	13,5	2,16	2,16
1991	о	0	0	0	0	0,50	не опр.	7,00	1,00	1,00
1992	з	0	0	0	0	6,20	0	0,30	12,0	11,0
1993	з	0	0	0	0	1,64	0	0,20	7,00	3,70
1993	в	2,10	0	0	0,55	1,62	0	0	3,00	2,40
1993	л	0	0	0	0	4,28	0	0,05	36,0	6,50
Ср. мн. зн.		0,07	0	0	0,03	4,85	0	0,11	1,16	1,70

Примечание: з – зима, в – весна, л – лето, о – осень.

Индексы качества воды канала Ертис – Караганда, 1988...1993 гг.

Год	Сезон	Хром	Кадмий	КЗ <sub>ср.</sub>
1988	з	не опр.	0	0,96
1989	з	не опр.	0	0,42
1989	в	не опр.	0	0,43
1989	л	не опр.	0	0,16
1989	о	не опр.	0	0,47
1990	з	0	0	0,42
1990	в	0,62	0	1,02
1990	л	0,54	0	0,46
1990	о	0,40	0	0,12
1991	з	1,00	0	0,10
1991	в	1,00	0	0,76
1991	л	3,37	0	0,92
1991	о	3,00	0	0,52
1992	з	0,05	0	1,23
1993	з	0,80	1,30	0,61
1993	в	0,33	0	0,42
1993	л	0,42	0	1,98
Ср. мн. зн.		1,17	0,07	0,61

*Примечание:* КЗ (рН, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Si, Mn, Pb, Ba, Sr) = 0, з – зима, в – весна, л – лето, о – осень.

Как видно из данных таблицы 1, 2, основными загрязняющими веществами для воды КЕК являются медь и железо. Пределы среднесезонных значений КЗ<sub>Fe</sub> составляют 0,03...32,6; КЗ<sub>Cu</sub> – 0...36,0. Эти данные указывают на то, что за многолетний период (14 лет) качество воды КЕК по меди и железу в среднем в 7,2 и 5,8 раза хуже нормативного. Можно утверждать, что нормативные параметры качества воды КЕК в среднем по меди и железу в 6,16 и 4,85 раза превышают свои ПДК (ПДК<sub>Cu</sub> = 1 мкг/дм<sup>3</sup>, ПДК<sub>Fe</sub> = 0,05 мг/дм<sup>3</sup>). Наибольший характер воздействия меди (36,0) на качество воды канала отмечен в летний период 1993 г., а повышенное влияние (18,0) отмечено зимой и летом 1985 г. Из 42 сезонов повышенные значения КЗ<sub>Cu</sub> отмечены в летний период (6 случаев), осенью и зимой в 3-х случаях и весной в 2-х случаях. Для железа максимальные значения КЗ отмечены весной (5 случаев), зимой в 3-х случаях, а летом и осенью – в 2-х случаях. Что касается остальных показателей качества воды КЕК, отметим, что влияние цинка (КЗ<sub>Zn</sub> = 1,70), хрома (КЗ<sub>Cr</sub> = 1,17), бора (КЗ<sub>B</sub> = 0,11), кадмия и ПО (КЗ<sub>Cd, ПО</sub> = 0,07), фосфора (КЗ<sub>P</sub> = 0,03), иона аммония (КЗ<sub>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></sub> = 0,01) оценивается меньшими значениями. А

нитриты и фтор в многолетнем цикле на значение общего КЗ воды канала практически влияния не оказывают ( $KZ_{cp.F, NO_2^-} = 0$ ).

Если проследить за изменением среднегодовых групповых значений КЗ в многолетнем цикле, то видно, что с 1980 г. до 1985...1986 гг. шло постепенное ухудшение качества воды:  $KZ_{cp}$  увеличивается от 0,33 до 1,11. Затем в последующие годы наблюдается некоторое снижение значений КЗ от 0,37 до 0,83. В целом среднее многолетний КЗ канала, составляющий 0,61, говорит о том, что нормативные параметры качества воды в среднем на 61 % превышают свои ПДК или качество воды в 1,6 раз хуже нормативного.

Поскольку вода КЕК широко используется для хозяйственных целей, представляет интерес дать соответствующую оценку качества его воды. Поскольку величина минерализации воды канала (НС № 4) за период 1979...1994 гг. не превышает норматива, принятого в СНГ и РК ( $1,0 \text{ г/дм}^3$ ) [6] и значения pH находятся в пределах 6,5...9,5, поэтому вода может использоваться в хозяйственно-питьевых целях. Аналогичные выводы сделаны [2] для воды КЕК за период 1987...1996 гг.

По утвержденным Госстроем Российской Федерации строительным нормам (СН-249-63) определяют следующие виды агрессивного действия на сооружения из бетона: выщелачивающий ( $HCO_3^- < 0,7...2,0 \text{ ммоль/л экв.}$ ), общекислотный ( $pH < 4,0$ ), углекислотный ( $CO_2 > 15 \text{ мг/л}$ ), сульфатный ( $SO_4^{2-} > 1,5 \text{ г/дм}^3$  для несульфатостойких бетонов, для сульфатостойких цементов  $2,5...5,0 \text{ г/дм}^3$ ) и магниальный ( $Mg^{2+} 1,0...2,5 \text{ г/дм}^3$ ). Согласно нашим данным вода КЕК удовлетворяет вышеприведенным требованиям и не обладает агрессивными свойствами на бетон.

Для того, чтобы дать оценку пригодности воды для поливных целей, необходимо знать температуру, минерализацию ( $1,0...1,5 \text{ г/дм}^3$ ) [5], солевой состав ( $Na_2CO_3:NaCl:Na_2SO_4 = 1:2:5$ , в  $\text{г/дм}^3$ ) и ряд ирригационных коэффициентов [1, 3, 5, 8, 9]. Расчет этих показателей позволяет заключить, что вода канала (НС № 4) за исследуемый нами период вполне может использоваться для полива, как и за предшествующий период, с 1969 по 1987 гг. [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. Амиргалиев Н.А. Искусственные водные объекты Северного и Центрального Казахстана (гидрохимия и качество воды). – Алматы: НИЦ «Бастау», 1998. – 191 с.

3. Буданов М.Ф. Требования к качеству оросительных вод // Водное хозяйство. – 1965. – Вып.1. – С. 38-56.
4. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Колесникова Т.Х. Оценка качества поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям // Гидрохим. материалы. – 1992. – Т.81. – С. 119-129.
5. Ковда В.А. Качество оросительной воды // В кн.: Почвы аридной зоны, как объекты орошения. – М.: Наука. – 1968. – С. 137-175.
6. Никаноров А.М., Посохов Е.В. Гидрохимия. Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 351 с.
7. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 325 с.
8. Угланов И.Н. Оценка качества воды рек и водохранилищ Юга СССР для целей орошения // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеоздат. – 1973. – С. 251-260.
9. Шильниковская Л.С., Белан А.П. Оценка вод некоторых рек Казахстана для ирригационных целей // Гидрохимические материалы. – 1975.– Т. 62. – С. 55-61.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы

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

#### **6-ші хабарлама. Судың сапасы.**

Геогр. ғылымд. докторы С.М. Романова

*К. Сатпаев атындағы канал суының сапасын зерттеу  
жұмыстарының материалдары келтірілген.*

УДК 528.854

**ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ  
КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. техн. наук    Б.Э. Бекмухамедов  
                              Р.Э. Юнусов  
                              В.В. Долгов  
                              А.А. Мухамедгалиев

*В данной работе рассмотрена методика создания распределенной геоинформационной системы (на основе WEB технологий) для наблюдений экологического состояния прибрежных территорий акватории казахстанской части Каспийского моря. ГИС использует данные аэро-космосъемки, картографических и аналитических данных.*

В результате повышенного риска экологического загрязнения окружающей среды в нефтегазовой отрасли необходимо наблюдение таких процессов как выбросы в атмосферу загрязняющих веществ из факельных установок, разливы нефти на водной поверхности, загрязнение почвы нефтепродуктами – для своевременной реакции и принятия решений по ликвидации последствий загрязнения.

Для мониторинга факельных установок, нефтяных разливов на воде и загрязнения почвы используются данные космических снимков различного разрешения. Детектирование источников загрязнения проводится на основе классификации аэрокосмических данных и их векторизации. После чего результаты анализа, как и сами обработанные снимки, передаются заказчику. Так как количество пользователей, нуждающихся в этой информации, неограниченно и растет со временем, было решено использование WEB технологий с применением продуктов лидирующих компаний в этой отрасли.

Данные дистанционного зондирования (ДДЗ) принимаются станцией приема космических изображений, передаются для обработки и анализа в отделы дешифрирования данных ДЗ. После чего в виде обработанных снимков, результатов анализа и дешифрации (карты) передаются в центральный банк данных заказчика. Конечным пользователям данные предоставляются по локальной сети по средствам WEB технологий – отображения географической информации с полным интерфейсом для поиска

и навигации по объектам инфраструктуры, анализа и агрегирования данных по экологическому состоянию исследуемой территории.

Система создана на основе продуктов ESRI и ORACLE, с учетом их платформонезависимости и лидерства компаний в сфере геоинформационных систем (ГИС) технологий и систем управления базами данных (СУБД).

Основное назначение Корпоративной геоинформационной системы космического экологического мониторинга (КСКЭМ) – сбор, обработка, анализ, отображение и распространение информации о пространственно распределенных объектах на основе: аэрокосмической съемки; электронных карт и связанных с ними баз данных [5, 7].

В задачи КСКЭМ входят:

1. Космический мониторинг факельных установок;
2. Космический мониторинг нефтяных пленок на водной поверхности;
3. Аэро-космический мониторинг нефтяного загрязнения почвы;
4. Аэро-космический мониторинг нефтегазопроводной инфраструктуры.

Архитектура системы была создана в соответствии с требованиями по платформонезависимости, модульности и масштабируемости. Сервер системы расположен внутри информационной среды заказчика под управлением операционной системы HP-UX и оснащен следующими программными продуктами:

1. ESRI ArcIMS;
2. ESRI ArcSDE;
3. Oracle Database 10g.

Описанный программный комплекс позволяет авторизованным пользователям, находящимся внутри локальной сети (единая информационная среда заказчика) получать данные аэрокосмической съемки и картографические данные, не требуя дополнительных программ для установки на локальном компьютере [2, 3, 8].

Сервер обладает функциональными возможностями по автоматическому обновлению своих данных с сервера подрядчика, путем синхронизации журналов данных о космических изображениях и отчетах, предоставляемых подрядчиком для заказчика в рамках договоров по оказанию услуг по мониторингу нефтегазовой инфраструктуры.

На рисунке 1 изображена структурная схема участников КСКЭМ.

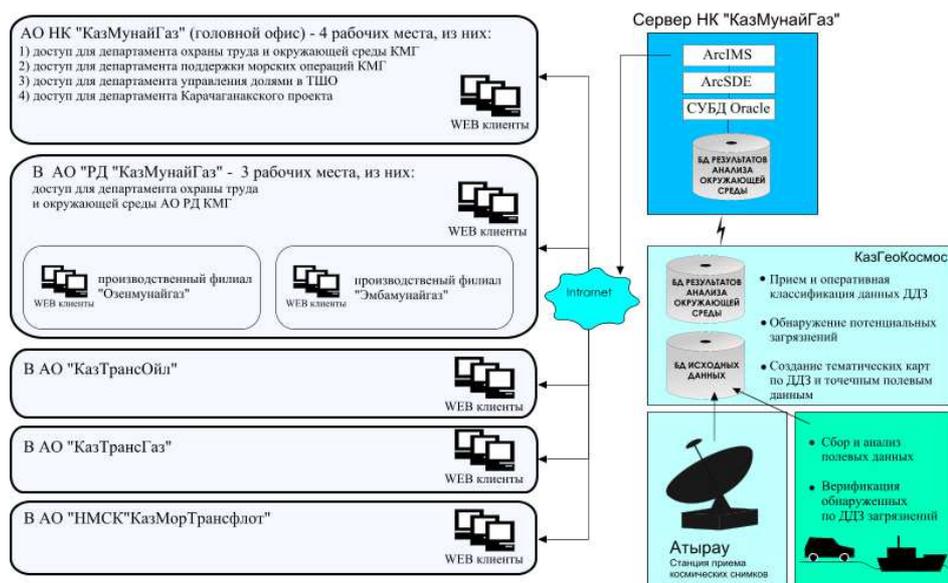


Рис. 1. – Архитектура распределенной ГИС КСКЭМ.

Жизненный цикл данных:

1. Станция приема космических изображений принимает в оперативном режиме данные космических снимков.
2. Затем они передаются в аналитический центр для обработки. Данные распределяются по задачам: выявление факельных установок – по данным инфракрасного канала космических изображений MODIS, выявление нефтяных пленок на воде по радиолокационным данным и т.д.
3. Результаты анализа архивируются и выкладываются на открытый для заказчика FTP ресурс.
4. Затем данные на сервере заказчика синхронизируются с данными на сервере подрядчика.
5. После чего пользователи КСКЭМ могут наблюдать актуальные данные по экологическому состоянию территории.

На рисунке 2 изображена страница сайта КСКЭМ – мониторинг нефтяных разливов. Каждый объект на цифровой карте имеет дату регистрации, площадь. Визуализация космических снимков и карт производится в соответствии с датой.

Хранение и отображение данных выполняется следующим образом – векторные данные хранятся в СУБД Oracle, космические изображения – в виде файлового архива. По запросу пользователя программные средства ArcSDE и ArcIMS формируют карту и передают ее по средствам протокола HTTP в виде карты или результата агрегированных вычислений дан-

ных, таких как: общий объем нефтяного загрязнения по участку, количество зафиксированных очагов аномальной температуры за определенный срок [1, 4, 6].

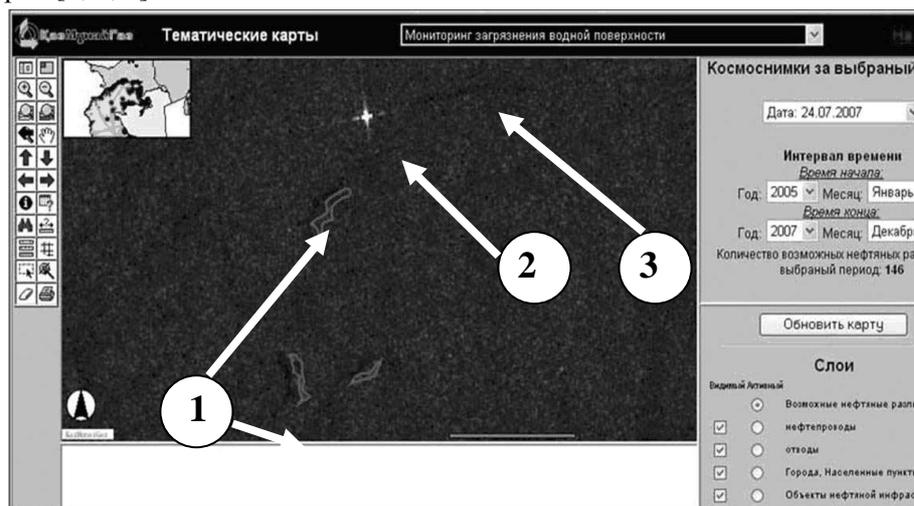


Рис. 2. Страница сайта ГИС КСКЭМ – мониторинг нефтяных разливов. Изображен РЛ снимок с КА «RADARSAT». 1 – векторизованные нефтяные пятна, 2 – корабль, 3 – шлейф нефтяного пятна за кораблем.

Синхронизация данных идет по FTP протоколу с открытым для заказчика FTP ресурсом на сервере подрядчика. Интерактивный режим между заказчиком и исполнителем выполнен по средствам SMTP протокола. Таким образом, авторизованный пользователь системы может сделать заявку на проведения моделирования той или иной ситуации. Результаты моделирования будут выложены на сервер подрядчика и в процессе следующей синхронизации данных будут переданы на сервер заказчика.

Векторные данные передаются менеджеру по загрузке данных, для обновления их на сервере по средствам SMTP протокола.

КСКЭМ обладает внутренней подсистемой аутентификации и авторизации пользователей, что обеспечивает целостность и конфиденциальность данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978 – С. 34-40.
2. Лисицин Е., Конушин А., Вежневцев В. Отслеживание точечных особенностей в видеопоследовательностях с изменениями резкости // Труды 14-ой международной конференции по компьютерной графике

- и зрению. – Россия, Московский Государственный Университет, 6-10 сентября, 2004. – С. 233-236.
3. Претт У. Цифровая обработка изображения. – М.: Мир, 1982. – Кн. 1, 2. –312 с.
  4. Image processing Toolbox User's Guide (version 5). The MathWork, Inc., USA, 2005, P. 28-45.
  5. Naser El-Sheimy. Digital Terrain Modeling. – The University of Calgary. Geomatics Engineering Department, 1998, P. 37-43.
  6. Ravanbakhsh M., Designing and developing a fully automatic interior orientation method in a digital photogrammetric workstation. // XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, 543 p.
  7. Zhang Z., Deriche R., Faugeras O., Luong Q. T. A robust technique for matching two uncalibrated images through the recovery of the unknown epipolar geometry // AI Journal, 1994. vol. 78, pp. 674-679.
  8. Zucker S., Elder J. Scale space localization, blur, and contour-based image coding. // CVPR Proc, 1996, pp. 27-34.

АО Казгеокосмос, г. Алматы

**КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ БӨЛІГІНДЕ ҒАРЫШТЫҚ  
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГІЛЕУДІҢ  
ГЕОАҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІ**

Техн. ғылымд. канд.    Б.Э. Бекмухамедов  
                                  Р.Э. Юнусов  
                                  В.В. Долгов  
                                  А.А. Мухамедгалиев

*Атаулы жұмыста Каспий теңізінің Қазақстандық бөлігіндегі жағалаудың экологиялық жағдайына бақылау жүргізу үшін үлестірілген геоақпараттық жүйе (WEB технологиясы негізінде) жасаудың әдістемесі келтірілген. Геоақпараттық жүйе аэроғарыштық түсірулердің мәлімметері мен картографиялық, талдамалық деректерді пайдаланады.*