

УДК 556. 114

Доктор геогр. наук С.М. Романова \*

**ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ  
ВОДОХРАНИЛИЩ, СОЗДАНЫХ НА ОСНОВЕ ПРЕСНЫХ И  
СОЛЯНЫХ ВЫСЫХАЮЩИХ ОЗЁР, ЛИМАНОВ***ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ, ВОДОХРАНИЛИЩЕ-  
ОХЛАДИТЕЛЬ, АНТРОПОГЕННОЕ ВЛИЯНИЕ*

*Приведены материалы исследований по изучению процессов формирования химического состава водохранилищ-охладителей, созданных на основе пресных и соляных высыхающих озёр и лиманов, находящихся в разных климатических зонах, в том числе Казахстане.*

Помимо крупных водохранилищ, созданных при зарегулировании рек, в маловодных районах существуют и строятся мелкие водохранилища в балках или искусственных ложах с целью сохранения вод весеннего и летнего стоков. Поскольку в ряде районов СНГ и РК все наиболее удобные места для создания водохранилищ уже освоены, в последние годы начали создавать водохранилища на основе пресных или соляных озёр.

Водоохранилищ, созданных на основе соляных озёр пока немного, но потребность в их создании возникает на обширных просторах Казахстана, степного Крыма, в Азербайджане, а также других засушливых районах.

К настоящему времени уже созданы Джейран-Батанское водохранилище в Азербайджане на основе соляных шоров и в Казахстане: водохранилища-охладители Экибастузских ГРЭС-1 и ГРЭС-2 на основе соляных озёр Жанкельды и Шандаксор. Следует отметить, что при создании вышеуказанных и других водохранилищ, создаваемых на основе соляных высыхающих озёр, возникает необходимость решения вопроса о рассолении озёра и определении коэффициента диффузии солей из донных отложений и бортов озёрной котловины. Решение этого вопроса расчетным или экспериментальным путём является очень сложной и трудоёмкой задачей [7, 9, 10, 13].

Сотрудниками кафедры общей и неорганической химии КазНУ им. аль-Фараби с 1978 г. проводились комплексные физико-химические

---

\* КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы

исследования воды оз. Жанкельды, оз. Шандаксор, оз. Карасор, канала Ертис-Караганда и созданных на их основе водохранилищ-охладителей Экибастузских ГРЭС-1, 2. Представляет интерес сопоставить особенности химического состава воды водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС-1 и водохранилища Джейран-Батан.

*Джейран-Батанское водохранилище (шор Джейран-Батан – р. Самур).* Джейран-Батанское водохранилище находится в Азербайджане на территории шоров Джейран-Батан и Дага-Ятага, где раньше были труднопроходимые болота с вязким соленым илом [2]. Водохранилище предназначено для ирригационных целей и водоснабжения городов Сумгаита и Баку.

Джейран-Батанское водохранилище имеет площадь 75,2 км<sup>2</sup>, длина его 9,5 км, средняя ширина – 1,34 км, максимальная глубина достигает 10,3 м.

Основным источником питания Джейран-Батанского водохранилища является горная река Самур, вода которой подается по Самур-Дивичинскому каналу протяженностью 190 км. Общее содержание солей в воде р. Самур колеблется в пределах от 200 до 500 мг/дм<sup>3</sup>. Вода р. Самур относится ко второму типу гидрокарбонатного класса, группе кальция с незначительным содержанием ионов Cl<sup>-</sup> (до 20 мг/дм<sup>3</sup>) и Na<sup>+</sup> (15...20 мг/дм<sup>3</sup>) [14].

Формирование ионно-солевого состава воды водохранилища протекало под воздействием целого ряда факторов. Основным фактором, влияющим на качество воды этого водохранилища, была высокая засоленность его ложа. В первое время происходило вымывание солей (NaCl) из почв и грунтов залитого ложа. Высокая минерализация застойных вод и грунтов Джейран-Батана явилась следствием вековой аккумуляции солей, вносимых дождевыми потоками. Это обстоятельство ставило под сомнение вопрос о возможности использования водохранилища не только для целей водоснабжения, но и для сельскохозяйственного орошения. Промывка ложа водохранилища осуществлялась с августа 1955 г. по сентябрь 1956 г.

Впервые годы существования Джейран-Батанского водохранилища в его воде преобладали Cl<sup>-</sup>-ионы над SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и особенно над HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-ионами.

С августа 1963 г. и по настоящее время преобладающими остаются сульфаты. Характерно то, что изменение их происходит более плавно, чем хлоридных ионов. Из катионов в воде водохранилища преобладающими являются ионы Na<sup>+</sup>. Накопление ионов натрия происходит за счет вымывания его из засоленных почвогрунтов залитого ложа водохранилища.

Согласно данным исследований, проведенных Бакинским филиалом ВНИИ «Водгео» [14, 15], в процессе эксплуатации с 1958 по 1965 гг. концентрация солей в Джейран-Батане снизилась от 1870 до 407 мг/дм<sup>3</sup>. Важную роль в формировании его химического состава играет испарение, а второстепенную – атмосферные осадки [15, 16]. Большая часть осадков выпадает в холодную половину года (октябрь – март). В среднем за 1959...1964 гг. за холодный период выпало 117 мм, за тёплый период (апрель – сентябрь) – 85 мм воды.

Удачное расположение водохранилища, большая ось которого совпадает с направлением господствующих ветров (ССЗ – ЮЮВ), обеспечивает энергичное циркуляционное перемешивание воды, что вызывает практическую однородность солевого состава во всем объеме водохранилища. Поэтому первоначальное опасение возможности возникновения в водоёме солевой стратификации с образованием придонных слоев с повышенной концентрацией солей оказалось необоснованным.

Для водохранилища был проведён прогноз минерализации воды по методу водносолевого баланса [16]. Полученные позднее экспериментальные данные подтвердили правильность ранее составленного прогноза о динамике минерализации воды в Джейран-Батанском водохранилище.

Фигуративные точки состава воды Джейран-Батанского водохранилища, рассчитанные и нанесённые нами на химическую диаграмму (рис.), располагаются в поле тенардита (1963 г.) и поле астраханита (1965 г.). Это говорит о том, что в процессе эксплуатации водохранилища в ионном составе воды происходит увеличение доли магниевых солей. Таким образом, опыт строительства и эксплуатации Джейран-Батанского водохранилища, а также данные о гидрохимическом режиме этого водохранилища могут быть использованы при проектировании других водохранилищ, находящихся в сходных физико-географических условиях.

*Водохранилище-охладитель Экибастузской ГРЭС-1 (оз. Жанкельды – канал Ертіс – Караганда).* Водохранилище-охладитель Экибастузской ГРЭС-1 относится к водохранилищам оборотного режима с пополнением потерь воды за счет источника подпитки. К воде водохранилищ предъявляются определённые требования при использовании её для промышленного и бытового водоснабжения, а также в оборотной системе ТЭС. При оборотной системе использования охлаждающей воды её технические свойства ухудшаются, создаются условия для накипеобразования [5].

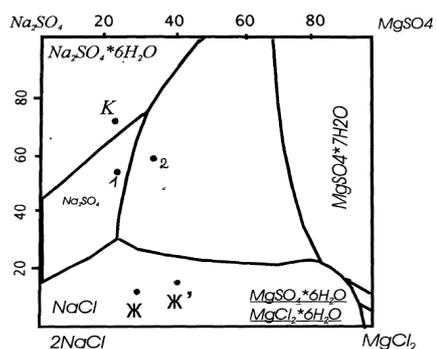


Рис. Положение фигуративных точек состава воды Джейран-Батанского водохранилища (1, 2), оз. Жанкельды (до и после промывки (Ж)), и канала Ертыс – Караганда (К).

Большое значение при формировании химического состава воды Экибастузского и ему подобных водохранилищ имеют местные факторы (геологические, гидрогеологические, почвенные условия, а также внутри водоемные процессы). Действие их проявляется на площади водосбора водохранилища и в самом водохранилище.

Для Экибастузского, как и Джейран-Батанского водохранилища, важным фактором формирования химического состава является возможность накопления солей в воде из-за сильной засоленности грунтов ложа. При заполнении водохранилища исходной водой канала Ертыс-Караганда в воду начинают поступать водорастворимые соли из ложа и бортов водохранилища. В этой связи возникла необходимость изучения диффузии солей из донных отложений и почвогрунтов в бортах водохранилища, а также проведения промывки котловины оз. Жанкельды от содержащихся солей водой канала. Поэтому на формирование химического состава воды водохранилища ЭГРЭС-1 в первые годы его эксплуатации существенное влияние оказывали и химический состав воды канала, и минерализация оставшейся после промывки воды оз. Жанкельды.

В связи с этим представляет интерес дать краткую характеристику изученности химического состава воды канала Ертыс – Караганда и оз. Жанкельды за предшествующие годы.

Изучение химического состава воды канала Ертыс – Караганда с момента ввода его в эксплуатацию проводилось гидрохимической лабораторией при КазНИИРХ [1], экспедицией НОТЭП [8, 17], а с 1978 г. и кафедрой общей и неорганической химии КазНУ им. аль-Фараби [3, 4].

В техническом проекте и отчете Экибастузской ГРЭС-1, составленном НОТЭП (от 15.04.1972 г.) представлена характеристика химического состава воды канала Ертис – Караганда в период его первоначальной эксплуатации [2]. Ряд показателей в отчете автору представляются сомнительными. Так, маловероятными являются относительно низкие значения рН воды и узкий предел её варьирования (6,9...7,1) при колебаниях общей минерализации от 250 до 1400 мг/дм<sup>3</sup>. Вызывает сомнение аномально высокая концентрация СО<sub>2</sub> (105 мг/дм<sup>3</sup>). В аналогичных условиях, в январе 1970 г., в воде р. Ертис при рН = 6,83 нами обнаружено лишь 40 мг/дм<sup>3</sup> свободной СО<sub>2</sub>. Маловероятны столь резкие отличия в содержании растворенного в воде кислорода в двух анализах (от 30.11.1979 г., когда обнаружено 1,0 мг/дм<sup>3</sup> О<sub>2</sub> и от 20.12. уже 20 мг/дм<sup>3</sup>). Неверен вывод о том, что вода канала обладает сульфатной агрессивностью, поскольку последняя наблюдается лишь при содержании SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 1500 мг/дм<sup>3</sup>, а в воде канала общая минерализация колеблется в пределах 250...1400 мг/дм<sup>3</sup>.

Представленная НОТЭПом уточненная химическая характеристика воды канала Ертис – Караганда в техническом отчете «О полевых гидрохимических исследованиях на канале Ертис – Караганда и Экибастузском резервном водохранилище», выполненном в 1968...1974 гг. [2] сомнений не вызывает.

Химический состав воды канала протяженностью 170 км формируется за счет основного водоисточника – р. Ертис, частично за счет минерализации грунтовых вод, питающих канал, а также солей, поступающих по трассе канала из почв. Вода канала отличается сравнительно малой минерализацией (170...340 мг/дм<sup>3</sup>) и гидрокарбонатно-кальциевым составом 1-го или 2-го типа по классификации О.А. Алекина.

В литературе данных по химии оз. Жанкельды в его естественном состоянии очень мало. Так, в работе Л.Е. Тажибаева [11] представлена общая и краткая характеристика всей группы Экибастузских озёр. В ней указывается, что большинство из них характеризуются незначительными размерами и постоянным водным режимом. В период весеннего половодья они наполняются, а в летний период вследствие интенсивного испарения постепенно уменьшаются. Большинство этих озер солоноватые, соленые и даже переходят в стадию самосадочных озер.

В указанном выше техническом проекте НОТЭП «Экибастузской ГРЭС-1» от 1972 г. приведены результаты определения химического со-

става воды оз. Жанкельды после заполнения в 1969 г. его сухого ложа водой канала Ертис – Караганда. В представленной краткой характеристике химического состава воды озера отмечен очень большой размах варьирования минерализации от 2...4 г/дм<sup>3</sup> до 80 г/дм<sup>3</sup>. рН воды при этом имеет очень низкие значения (6,0...7,7), что фактически маловероятно. В характеристике нет никакого обоснования к утверждению, что «вода оз. Жанкельды по отношению к бетону обладает всеми видами агрессивности» [11]. Далее авторы отмечают, что уровень озера и солевой состав воды были подвержены резким колебаниям, обусловленными весенними паводками и летним испарением. По химическому составу вода озера относилась к хлоридно-натриевому типу. Минерализация колебалась от 3 до 100 г/дм<sup>3</sup> и выше. В 1977 г. была осуществлена промывка солей из озерной котловины. В отчетах НОТЭП за 1977, 1978 гг. представлены результаты работ в период промывок ложа оз. Жанкельды [12].

В ходе исследований были рассчитаны коэффициенты диффузии солей, солевой баланс озера, дана краткая характеристика химического состава воды. В этих исследованиях принимали участие с 1978 г. и сотрудники лаборатории химии природных вод КазНУ им. аль-Фараби. Летом 1978 г. вода оз. Жанкельды была солоноватой, содержание солей постепенно возрастало от 3,8 до 5,0 г/дм<sup>3</sup> в связи с откачкой воды из озера [3, 4]. Преобладающими в ионном составе были  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Na}^+$ -ионы. Содержание хлорид-ионов в озере в 162 раза, а  $\text{Na}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$ -ионов в 40...50 раз больше, чем в воде канала. В солевом составе оз. Жанкельды на долю хлоридов в этот период приходилось 75 % от всей суммы солей, на долю сульфатов 23 %, а доля карбонатных солей составляла лишь 0,8...3,0 %. На озере имела место неоднородность химического состава воды по акватории и с глубиной. Более высокие значения минерализации наблюдались в южной части озера, более низкие – в северной, поскольку сброс воды осуществлялся в северной части, у ГРЭС-1. Значения рН воды озера по мере возрастания минерализации увеличивались от 8,55 до 9,65.

На рис. показано положение фигуративных точек состава воды оз. Жанкельды до и после промывки его ложа. Как видно, фигуративные точки располагаются в поле галита, в то время как для воды канала Ертис – Караганда они находятся в поле мирабилита сульфатного квадрата.

*Водоохранилище-охладитель Молдавской ГРЭС* сооружено на базе Кучурганского лимана, в верховье которого впадает р. Кучурган [6]. По

своему химическому составу вода водохранилища неоднородна: наибольшая его минерализация в верховье, наименьшая – у плотины, средняя – в месте забора воды на технические нужды электростанции. Такая неравномерная засоленность воды объясняется притоком в верховье высокоминерализованных вод р. Кучурган и большой протяженностью водоема (14 км), что препятствует интенсивному перемешиванию воды. Кроме того, на минерализацию воды водохранилища влияет р. Турунчук, которая является источником пополнения потерь воды в водохранилище.

В водохранилище-охладителе Молдавской ГРЭС минерализация воды достигает  $830 \text{ мг/дм}^3$ . Общая жесткость воды после сооружения плотины возросла от 4,1 до 7,6 моль/л экв., содержание хлоридов – от 59 до  $160 \text{ мг/дм}^3$ , сульфатов – от 79 до  $275 \text{ мг/дм}^3$ .

Сравнивая данные предельной карбонатной жесткости с фактическими ее величинами, отмечено, что с увеличением мощности ГРЭС можно ожидать образования твердых карбонатных отложений в трубках конденсаторов.

Расчетом определено, что наибольшего снижения накипеобразования можно достичь путем водообмена или при расширении в 3 раза насосной станции подпитки и двухразовом сбросе воды из водоема в летний период.

Анализируя особенности гидрохимии водохранилищ, созданных на основе соляных озер, можно отметить следующие общие закономерности формирования их химического состава:

- а) на химический состав воды озерного водохранилища большое влияние оказывают климатические условия (испарение и другие процессы);
- б) одним из решающих факторов, влияющим на качество воды водохранилища, является засоленность донных отложений его ложа;
- в) в ходе формирования химического состава воды в водохранилище происходят процессы диффузии солей из грунтов;
- г) в связи с взаимодействием воды водохранилища с веществом окружающей среды в озерном водоеме могут происходить процессы как прямой, так и обратной метаморфизации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиргалиев Н.А. Гидрохимия канала Иртыш – Караганда – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 199 с.
2. Атлас М.И. Физико-химический режим Джейран-Батанского водохранилища (Азерб. ССР) в условиях климатических и почвенных особен-

- ностей места его расположения // Труды Всесоюзного Гидробиологического общества. – 1963. – Т. 14. – С. 170-175.
3. Ибрагимова М.А., Таранина Г.В., Романова С.М., Беремжанов Б.А. Формирование гидрохимического режима водохранилища-охладителя Экибастузской ГРЭС-1 // Гидрохимические материалы, т. ХСVI – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 142-154.
  4. Исследование гидрохимического режима водохранилища-охладителя Экибастуз. ГРЭС-1: Отчет о НИР/ КазГУ им. С.М. Кирова. – № ГР 80026718; Инв. № 02820080431 – Алма-Ата, 1982. – 142 с. – Научн. рук. Б.А. Беремжанов.
  5. Наталюк Н.П., Лазаренко Ю.И., Шиманский Б.А. Гидрохимическая характеристика охлаждающей воды ТЭС и предотвращение накипеобразования в конденсаторах турбин. / В кн. «Борьба с загрязнениями конденсаторов турбин и других трактов технического водоснабжения». – М.: Энергия, 1977. – С. 10-26.
  6. Наталюк Н.Т., Лазаренко Ю. И. Гидрохимическая характеристика охлаждающей воды гидроэлектростанций и мероприятия по предотвращению накипеобразования в конденсаторах турбин. / В кн.: «Гидротермические и химико-гидробиологические исследования охладителей циркуляционной воды тепловых электростанций». – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – С. 250-261.
  7. Овчинников Г.Д. Об опреснении солёных и горьких озёр Ишимской степи // Известия ВГО. – 1950. – Т. 81. – С. 11-19.
  8. Отчет о полевых гидрохимических исследованиях на канале Иртыш – Караганда и Экибастузском водохранилище, выполненных в 1968...1974 гг. Технический отчет НОТЭП, Новосибирск, 1975.
  9. Плешков Я.Ф., Мухопад В.И. Вопросы инженерной гидрохимии и охраны вод. – Л.: Изд. АН СССР, 1979 – глава 5. – С. 33-54.
  10. Посохов Е.В. Об опреснении солёных озёр Северного Казахстана // Вестник АН Каз. ССР. – 1974. – №3. – С. 7-15.
  11. Тажибаев Л.Е. Основы водоснабжения и обводнения сельскохозяйственных районов Казахстана – Алма-Ата: Кайнар, 1969. – 301 с.
  12. Технический отчет о гидрологических и гидрохимических работах на оз. Женгельды в период промывки за 1977 г., 1978 г. НОТЭП. Новосибирск, 1978, 1979.

13. Толстихин Н.И., Егоров С.В. О роли бессточных котловин Северного Казахстана в дренировании водоносных горизонтов // Гидрогеология и инженерная геология. – 1958. – Т. 34, вып. 2. – С. 56-63.
14. Туровская В.И. Исследования ионно-солевого состава воды Джейран-Батанского водохранилища // Тр. Бакинского филиала ВНИИ «Водгео». – 1970. – Вып. 2. – С. 45-51.
15. Туровская В.И. Солевой режим Джейран-Батанского водохранилища // Тр. Бакинского филиала ВНИИ «Водгео». – 1970. – Вып. 2. – С. 64-75.
16. Туровская В.И., Тененгольц С.М. Прогноз минерализации воды водохранилища Джейран-Батан // Тр. Бакинского филиала ВНИИ «Водгео». – 1972. – Вып. 2. – С. 76-89.
17. Экибастузская ГРЭС-1 (Технический отчет НОТЭП о гидрометеорологических работах, выполненных в 1972, 1973, 1974 гг.) НОТЭП, Новосибирск, 1973, 1974, 1975.

Поступила 22.12.2014

Геогр. ғылымд. докторы С.М. Романова

**ТҰЩЫ ЖӘНЕ ТҰЗДЫ ҚҰРҒАП БАРА ЖАТҚАН КӨЛДЕР,  
ҚОЙНАУЛАРДЫҢ НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛҒАН СУ  
ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ СУЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ  
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

*Тұщы және тұзды құрғап бара жатқан көлдер мен қойнаулар негізінде жасалынған салқындатқыш-су қоймаларының химиялық құрамының қалыптасу үрдістерін анықтау у бойынша жүргізілген зерттеулердің материалдары келтірілген.*