

УДК 556. 114

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДОЛОГИЯ
ИССЛЕДОВАНИЙ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОЕМОВ АРИДНЫХ ЗОН**

Доктор геогр. наук С.М. Романова

Приведен анализ литературных данных и собственных исследований по изучению оценки влияния антропогенных факторов на гидрохимию континентальных бессточных водоемов Казахстана.

Изучение процессов солеобразования и соленакопления, условий и процессов формирования, трансформации состава вод под действием различных факторов тесно связано с теоретическими основами гидрохимии.

При исследовании этих вопросов мы руководствовались учением школы академика Н.С. Курнакова о физико-химическом анализе применительно к природным водам, рассолам и солям, развитым в дальнейшем его учениками и последователями как в России, Казахстане, Киргизии, Узбекистане, так и в странах дальнего зарубежья.

Поскольку природные воды по существу являются растворами природных веществ минерального и органического происхождения, то они рассматриваются нами как природные равновесные физико-химические системы, состоящие из воды и растворенных в ней соединений. К ним применимы законы и теории растворов и индивидуальных веществ (прежде всего законы действующих масс, термодинамики, гетерогенных равновесий, эквивалентов, теории сильных и слабых электролитов, электролитической диссоциации, а также теории строения веществ, химической связи).

Состав природных вод аридных и гумидных областей отражает физико-химические условия их происхождения и существования в окружающей среде. Так, для условий Казахстана на примере оз. Балхаш и прибалхашских озер Б.А. Беремжановым детально изучен генезис природных солей, освещены некоторые вопросы соленакопления и солеобразования в континентальных котловинах, а также обоснованы пути использования солей сульфатных озер. При этом автором изучены лишь главные ионы состава вод [3].

Исходя из учения о направленном изменении химического состава вод и рассолов под влиянием процессов метаморфизации (Н.С. Курнаков, С.Ф. Жемчужный, М.Г. Валяшко, Г.К. Пельш, И.К. Жеребцова, В.С. Самарина), Б.А. Бе-

ремжановым показаны причины и механизм процессов метаморфизации, протекающих в озерах Балхаш, Алаколь и Сасыкколь, которые в конечном итоге привели к засульфаченности воды этих водоемов. Для объяснения данного явления необходимо было дать характеристику водам, выщелачивающим, транспортирующим и аккумулирующим соли Прибалхашья. По мнению проф. Б.А. Беремжанова в континентальном озере Балхаш при смешении вод разных типов и концентраций между собой и с водой озера должны протекать процессы метаморфизации, приводящие к формированию состава воды озера. Используя идеи о катионном обмене, С.А. Щукарев и Т.А. Толмачева создали коллоидно-химическую теорию соляных озер, с помощью которой удалось объяснить причины снижения содержания кальций ионов в воде озера Балхаш и Сасыкколь. В воде озера протекают, по предположению Б.А. Беремжанова, реакции не только двойного обмена, но и катионного обмена воды озера с донными, береговыми породами и коллоидно-глинистым материалом (содержащими большое количество поглощенного кальция), вносимым в озеро. Все эти процессы способствуют образованию и осаждению карбоната кальция и повышению содержания сульфата натрия. На основе химической диаграммы Н.С. Курнакова, физико-химического анализа процессов испарения и охлаждения рассолов озер, а также отличительными особенностями состава балхашской воды был высказан предполагаемый состав рассолов и твердых отложений соляных озер Прибалхашья.

Рассматривая природные и общественные явления с точки зрения гидроэкологии, как сложные системы, состоящие из взаимосвязанных объектов, А.А. Турсунов отмечает особую роль воды в процессах взаимного массо-, энерго- и информационного обмена между объектами и явлениями этой системы [12]. Философски переосмысливая имеющийся материал по гидроэкологии аридных водоемов Центральной Азии (Аральское море, озёра Балхаш, Алаколь, Эбиноор (КНР) и другие озера), А.А. Турсунов отмечает целый ряд их отличительных особенностей (эмерджентность, морфометрия, ветровые течения, гидрохимия и гидробиология). Благодаря этим свойствам для процессов аридных водоемов оказывается неприменимым большинство закономерностей, выявленных ранее для крупных озер гумидных зон (озёра Байкал, Ладожское, Онежское, Севан и др.). Таким образом, отдельные выводы по гидроэкологии аридных водоемов А.А. Турсунова дополняют и развивают основные теоретические положения континентального солеобразования Б.А. Беремжанова. Так, например, А.А. Турсунов утверждает, что вдольбереговое перемещение наносов и взаимодействие воды мелководного водоема с пологими бере-

гами, а также ветровые течения должны оказывать влияние на протекание процессов метаморфизации химического состава воды озер и водохранилищ.

Учеными стран СНГ разработан и апробирован на практике ряд методологических подходов для познания гидрохимии искусственных водоемов: водохранилищ и прудов (А.Б. Авакян, Г.В. Воропаев, А.Б. Китаев, Ю.М. Матарзин, А.И. Денисова [4], Е.П. Нахшина [7], Ю.Г. Майстренко [6], А.А. Зенин [5], М.И. Кривенцов, М.Н. Тарасов [11], Н.А. Амиргалиев [2], С.И. Абремская [1] и др.).

Однако наряду с успехами имеются и недостатки, имеющие принципиальное значение. К ним относятся следующие: недостаточный учет генезиса, специфики и особенностей формирования водохранилищ в условиях интенсивного антропогенного влияния, а водохранилища – охладители на основе соляных озер практически не изучены. Факторы, определяющие гидрохимический режим водохранилищ, в том числе водохранилищ-охладителей, можно условно разделить на внешние и внутренние. К первой группе относятся: климат, поверхностный сток (притоки), почвы, грунтовое и подземное питание, антропогенный фактор (забор воды и стоки). Причем, значительное влияние из антропогенных факторов оказывает режим подпитки и условия эксплуатации водохранилищ – охладителей и гидротехнических сооружений, выбросы газов и золы с ГРЭС в атмосферу, сброс нагретых циркуляционных вод в водоемы. В результате действия внешних факторов, как правило, в воде водохранилищ – охладителей повышается содержание веществ минерального и органического происхождения, отмечается наличие горизонтальной дифференциации и отсутствие вертикальной стратификации минерализации и ионного состава, смещение фазовых равновесий в экосистемах. Вышеперечисленные факторы отличают водохранилища-охладители от естественных озер и водохранилищ.

Важным этапом изучения водохранилищ вообще, а водохранилищ-охладителей в частности, является период их становления. Здесь протекают активные процессы в системах «вода – почва», «вода – донные отложения», приводящие за счет диффузии к поступлению растворенных соединений из залитого ложа в воду. Скорость распределения поступающих из почв веществ зависит от ветрового перемешивания водных масс, течений, водообмена, мелководности водоема. В этот же период происходит поступление минеральных и органических веществ за счет процессов микробиологической де-

струкции донных отложений и затопленных растений. А это, в свою очередь, влияет на формирование гидробиологического режима.

Мощность, состав и структура донных отложений, в первую очередь, обуславливают протекание таких внутриводоемных процессов, как продолжающаяся диффузия солей, седиментация, сорбция – десорбция, продукция – деструкция, окисление – восстановление, катионный обмен, обменные реакции, комплексообразование. Соотношение скоростей этой группы процессов в конечном итоге определяет процессы самоочищения и самоочищающую способность водных масс водоемов и возможность вторичного загрязнения вод. Вышеперечисленные процессы могут способствовать также проявлению и нежелательных явлений, например, биологическое обрастание и накипеобразование в конденсаторных трубках турбогенераторов ГРЭС. Протекание различных гидрохимических, гидробиологических процессов должно усиливаться за счет особого термического режима водоемов-охладителей, создаваемого регулярным сбросом нагретых циркуляционных вод с ГРЭС в водоем. Автором разработана схема основных, наиболее изученных факторов и процессов, определяющих направленность внутриводоемных процессов в водохранилищах-охладителях (на примере водохранилищ – охладителей Экибастузских ГРЭС) [8]. Преобладание того или иного процесса определяется морфометрией водоема, характером его питания, водообменом, физико-химическим составом почв и донных отложений залитого ложа и водосборной площади, дополнительным подогревом воды, биологической продуктивностью. Кроме того, режим различных химических соединений зависит от разных факторов: поверхностный сток и продукционно – деструкционные процессы – для биологических и органических веществ; почвы и донные отложения – для металлов и т.п. Антропогенный фактор оказывает влияние на протекание практически всех процессов в водоемах.

Обычно при исследовании естественных водоемов авторы дают качественную характеристику химического состава вод, но остается не изученной в достаточной мере трансформация их химического состава, гидрохимический режим и качество вод и их изменений под влиянием антропогенных факторов. В настоящее время накоплен достаточно большой объем весьма разнородного материала, характеризующего условия и факторы формирования химического состава озерных вод гумидных областей. В то же время исследование гидрохимии озер и водохранилищ аридных зон едва достигли стадии формирования основных эмпирических закономерностей, а водохра-

нилища-охладители Казахстана практически не изучены. Это обусловлено отсутствием единого методологического подхода к решению данной проблемы, частным, либо узко-практическим характером решаемых задач в каждом отдельном случае, а также недостаточно четкими представлениями о механизмах и процессах, приводящих к метаморфизации химического состава вод, солеобразованию и соленакоплению (в частности, карбонатообразованию и карбонатонакоплению), сорбции-десорбции металлов и неметаллов, самоочищению и загрязнению природных вод и другие процессы.

Много нерешенных вопросов в протекании процессов, регулирующих потоки веществ в системах «вода – донные отложения», «вода – глина», «вода – соль». По-прежнему остаются неясными вопросы, касающиеся динамики химического состава воды континентальных озер при контакте с донными отложениями, содержащими в своем составе соли, оксиды и гидроксиды. Такое исследование представляет большую трудность, поскольку оно сводится к изучению гетерогенных систем, как в естественных, так и модельных условиях, в которых протекают физические, химические и биологические процессы с разной скоростью и направленностью.

Дискуссионными до сих пор остаются вопросы оценки загрязненности токсическими веществами природных вод вообще и объектов водосборных бассейнов, в частности (атмосферные осадки, донные отложения, почвы, притоки, подземные и грунтовые воды).

На стадии разработок ведутся исследования по выявлению и устранению нежелательных процессов, приводящих к накипеобразованию и биологическому обрастанию в системах охлаждения агрегатов ГРЭС, использующих воду аридных водоемов.

Отсутствие исследований, в которых бы процессы, обуславливающие формирование гидрохимического режима и качества воды континентальных и искусственных водоемов аридных зон под влиянием антропогенных факторов, рассматривались как единое целое, в их взаимосвязи, выявлении особенностей и зависимости от параметров окружающей среды, препятствует получению целостного представления о гидрохимии водоемов. Это вызывает потребность в систематизации фактического материала и определяет характер современного гидрохимического исследования.

Для решения вышеприведенных задач нами в качестве объектов были выбраны: оз. Балхаш – типичный континентальный бессточный водоем, искусственно созданные действующие водохранилища-охладители Экибастузских ГРЭС-1, 2 с каналом подпитки (КЕК) и водохранилище-

охладитель проектируемой ЮК ГРЭС на западном берегу оз. Балхаш [9, 10]. Всего за период исследования проведено 133 комплексных экспедиции, отобрано и проанализировано около 4000 проб воды, почвы, донных отложений, атмосферных осадков, грунтовых вод, ледового покрова и растений. За время лабораторных исследований выполнен анализ около 1000 проб жидких и твердых фаз.

Одновременно с главными солеобразующими ионами в воде названных водоемов изучена динамика и режим биогенных элементов (N , P , Fe , Si) и органических веществ. Большинство из них являются элементами питания водной и наземной растительности, зообентоса; некоторые (Fe) активно участвуют в окислительно-восстановительных и др. процессах. Кремний улучшает усвоение растениями и зообентосом труднодоступного фосфора в илах, донных отложениях и почвах. Биогенные элементы взаимосвязаны между собой, а их содержание в значительной степени определяется жизнедеятельностью водных организмов, фитопланктона и растений, для развития которых в аридных водоемах создаются благоприятные условия в отдельные сезоны года.

Из числа многочисленных микроэлементов изучено пространственно-временное распределение бора, фтора, брома, йода, меди, цинка, марганца и других тяжелых металлов в воде водоемов. Их выбор обусловлен не только тем, что они в определенных концентрациях оказывают важное экологическое и физиологическое воздействие на человека, животных и растений, участвуют во многих гидрохимических и биологических процессах, но их содержание необходимо учитывать при оценке качества вод для различных нужд народного хозяйства.

Особое внимание было обращено на процессы карбонатообразования, протекающие в естественных условиях и при изотермическом испарении и охлаждении вод. Способность воды растворять или выделять в осадок карбонат кальция зависит от степени насыщенности им воды. Если вода не насыщена карбонатом кальция, то она может растворять карбонатосодержащие вещества. Если вода пересыщена этой солью, то при определенных условиях она может выделяться в осадок.

Постановка и необходимость исследований таких процессов при изучении гидрохимического режима водохранилищ-охладителей очевидны. Прежде всего, данные расчета насыщенности воды карбонатом кальция нужны при составлении солевого баланса водохранилищ, так как воз-

можное его химическое выпадение в осадок является одним из компонентов расходной части уравнения баланса.

Состояние карбонатно-кальциевого равновесия определяет также особенности воздействия воды на строительные сооружения из бетона, то есть дает возможность оценить агрессивные свойства воды. Однако первостепенный интерес представляют данные по карбонатной системе при решении вопросов, связанных с накипеобразующим свойством воды водохранилищ – охладителей. Ответить на вопрос о насыщенности воды карбонатом кальция возможно лишь на основе изучения карбонатно-кальциевого равновесия воды.

Изучено также состояние равновесия в воде оз. Балхаш в современных условиях и сопоставлено с данными предыдущих лет. Исследовано равновесие и в воде водохранилищ-охладителей, его изменение по глубине и сезонам года. Для этого на водохранилищах-охладителях ЭГРЭС выбраны две вертикали, одна из которых находится в центральной части водохранилища, а другая у водозабора. Параллельно исследовалось состояние карбонатно-кальциевого равновесия и агрессивные свойства воды канала подпитки.

Поскольку процессы самоочищения природных вод Казахстана изучены недостаточно, а данных о роли сорбции – десорбции металлов и неметаллов в оз. Балхаш и водохранилищах-охладителях в самоочищающей способности вообще нет, нами проведены специальные исследования этой важной проблемы.

Вышеприведенный подход теоретического и практического плана к комплексному исследованию гидрохимии и гидроэкологии бессточных водоемов естественного и искусственного происхождения позволил не только установить основные закономерности антропогенной трансформации режима и качества вод, но и впервые подойти к количественной оценке ряда закономерностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абремская С.И. Сравнительная гидрохимическая характеристика водоемов-охладителей ГРЭС Украины // Гидробиологический журнал. – 1969. – Т. 5, № 1. – С. 38-43.
2. Амиргалиев Н.А. Искусственные водные объекты Северного и Центрального Казахстана (гидрохимия и качество воды). – Алматы: НИЦ «Бастау», 1998. – 191 с.

3. Беремжанов Б.А. Солеобразование в некоторых континентальных бассейнах Казахстана. – Алма-Ата: Казахстан, 1968. – 162 с.
4. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима Днепра и его водохранилищ и методы его прогнозирования. – Киев: Изд-во «Наукова Думка», 1979. – 290 с.
5. Зенин А.А. Изменение химического состава воды равнинных рек европейской части СССР в результате их зарегулирования // Гидрохимические материалы. – Л., 1967. – Т.45. – С. 21-34.
6. Майстренко Ю.Г., Денисова А.И., Багнюк В.М. Древесная, луговая и высшая водная растительность как источник поступления биогенных и органических веществ в существующие и проектируемые водохранилища // Матер. совещания по прогноз. содержания биог. элементов и орг. веществ в водохранилищах. – Рыбинск, 1969. – С. 69-77.
7. Нахшина Е.П., Денисова А.И., Тимченко В.М., и др. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. – Киев: Изд-во «Наукова Думка», 1989. – 216 с.
8. Романова С.М. Антропогенная трансформация гидрохимического режима и качества вод бессточных водоемов Казахстана: дисс....доктор. геогр. наук. – Алматы: СВ-ПРИНТ, 2007. – 40 с.
9. Романова С.М., Казангапова Н.Б. Озеро Балхаш – уникальная гидроэкологическая система. – Алматы: ДООИВА Братство, 2003. – 175 с.
10. Романова С.М., Таранина Г.В. Гидрохимия и физикохимия водохранилищ-охладителей Казахстана (учебное пособие). – Алматы: Изд-во «Казахский университет», 2007. – 242 с.
11. Тарасов М.Н., Павелко И.М. Гидрохимический режим и солевой баланс Отказненского водохранилища // Гидрохимические материалы. – Л., 1969. – Т.49. – С. 48-54.
12. Турсунов А.А. и др. Экологические проблемы бессточных водных бассейнов Центральной Азии. – Кызылорда: Ғылым, 1997. – 320 с.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

СУАРЫЛАТЫН АЙМАҚТЫҢ ТАБИҒИ СУЛАРЫНЫҢ ӨЗДІГІНЕН ТАЗАРУЫ ЖӘНЕ ТАЗАРУ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ

Геогр. ғылымд. докторы С.М. Романова

Қазақстанның ағынды суларының және су қоймаларының суларының өздігінен тазаруы және тазару қабілеттілігі туралы автор әдеби шолу жұмыстарын жасаған және бірнеше жылғы жүйелі зерттеулер нәтижелері берілген.