

УДК 556. 114

**ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ СИСТЕМ КАЗАХСТАНА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ДРУГИМИ ТОКСИКАНТАМИ**

Канд. геогр. наук С.М. Романова

*Рассмотрены результаты многолетних систематических исследований режима и динамики микроэлементов: металлов (меди, цинка, марганца, свинца), неметаллов (фтора, бора, брома, йода), биогенных элементов (азота, фосфора, кремния, железа), нефтепродуктов и гербицидов в экосистеме «вода – ил – почва – растения» Или – Балхашского и Ертыского бассейнов. Выявлены основные факторы их формирования и взаимосвязь с химическим составом вод. Установлено, что указанные компоненты в супераквальных фациях ландшафта активно участвуют в биологическом круговороте веществ. Наблюдается загрязнение всех компонентов среды.*

Экологическое нормирование и моделирование антропогенного воздействия на водные экосистемы Казахстана и других регионов аридных зон базируется на изучении процессов формирования, режима и миграции микроэлементов, включая тяжелые металлы. В Казахстане такие систематические исследования были начаты А.Н. Муном и его учениками под руководством академика А.Б. Бектурова, а также Б.А. Беремжановым и его ныне действующей школой.

Автором, с экологической точки зрения, проведены многолетние систематические исследования содержания меди, цинка, марганца, свинца, фтора, бора, брома, йода, кремния, азота, фосфора, железа и других элементов в экосистеме «вода - донные отложения - почва – растение» Или–Балхашского и Ертыского бассейнов. Вышеперечисленные компоненты химического состава участвуют в важнейших физико-химических, гидрохимических, биохимических процессах и являются индикаторами загрязнения водоемов и водотоков токсикантами естественного и антропогенного происхождения. Кроме того, медь и цинк, например, относятся к так называемым «приоритетным» металлам и требуют постоянного контроля, так как увеличение их содержания может превратить эти жизненно необ-

ходимые для организмов элементы в токсиканты. Контроль за содержанием марганца, свинца и других элементов в водоеме необходим, поскольку они играют большую роль в развитии гидробионтов и их содержание строго регламентировано при водоподготовке.

Пробы воды, донных отложений, почв и растений отбирались в наиболее распространенных супераквальных фациях ландшафта в Или – Балхашском бассейне: пойма р. Или, протока Жидели, Акдалинский орошаемый массив, оз. Балхаш; в Ертыском бассейне: действующие искусственные водоемы – охладители Экибистузских ГРЭС–1 и ГРЭС–2, водохранилище – охладитель строящейся Южно-Казахстанской ГРЭС (на оз. Балхаш), канал Ертыс – Караганда. Анализы проводились по общепринятым в гидрохимии, почвоведении и биологии методам.

Рассмотрим результаты, полученные для некоторых компонентов химического состава в экосистеме «вода – ил – почва – растение» отдельно для каждого бассейна. Во всех гидроморфных природных комплексах Иле – Балхашского региона отмечается высокое содержание марганца в почвах (58...325 мг/кг) и растениях (8...101 мг/кг) (табл. 1). Приуроченность значительных количеств к гумусированным верхним горизонтам соответствует высокой биофильности этого элемента. Кроме того, заметна тесная связь с процессом интенсификации засоления – в аллювиально-луговых солонцевато-солончаковатых фациях марганца концентрируется больше всего. В речных водах он содержится от 0,06 до 0,072 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 1

Среднее содержание микроэлементов в почвах и растениях Или – Балхашского региона, мг/кг

Фация ландшафта. Название образца	Марганец	Медь	Цинк	Бор
Акдалинский массив орошения				
Надземная часть лугового разнотравья	8...101	4...15	10...27	1,4...16,0
Почва (0...100 см)	58...297	1,5...13,5	0,75...53	1,25...10,0
Пойма протоки Жидели				
Надземная часть лугового разнотравья	36...57	4...24	7...42	7,5...25,0
Почва (0...100 см)	77...325	1,0...8,5	0,5...1,5	1,25...10,0

Меди в почвах от 1 до 13,5 мг/кг, в растениях – 4...24 мг/кг. В воде р. Или (у Капшагайской ГЭС) меди 0,004 мг/дм<sup>3</sup>, дельтовых протоках

0,07...0,097 мг/дм<sup>3</sup>, а в грунтовой воде засоленных орошаемых массивов – 0,021 мг/дм<sup>3</sup>. В агроценозах меди больше всего.

Цинка в почвах исследуемых объектов, не подверженных антропогенному воздействию, содержится от 0,5 до 2,15 мг/кг. Это соответствует его пониженной фоновой концентрации во всех почвах Казахстана. Однако, на Акдалинском орошаемом массиве, где применяются цинковые удобрения при возделывании риса, содержание цинка в верхних горизонтах достигает 53 мг/кг. В надземной части растений цинка от 4 до 42 мг/кг, в оросительной воде – до 0,023, а в грунтовых водах до 0,042 мг/дм<sup>3</sup>.

Воднорастворимый бор в почвах имеется в количествах от 1,25 до 10,0 мг/кг, максимумы его приурочены к наиболее засоленным горизонтам. Растения накапливают в своей надземной части бора до 1,4...25 мг/кг. Речные, оросительные воды содержат его 0,02...0,27 мг/дм<sup>3</sup>, сбросные и коллекторные – 0,51...2,48, а грунтовые до 13,9 мг/ дм<sup>3</sup>, что явно показывает на интенсивную водную миграцию бора при орошении.

В аквальном ландшафте оз. Балхаш галогеохимический поток вносит микроэлементы и другие вещества в область разгрузки, где преобладает жидкая фаза. В силу особых условий, созданных пустынным климатом, происходит накопление и метаморфизация химического состава водных растворов. В озере Балхаш, в месте впадения р. Иле, концентрация *Mn* составляет 19...61,5, *Сu* – 0,6...6,4, *Zn* – 17...77 мкг/ дм<sup>3</sup>, а бора – 0,4...1,4 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2, 3). Если проследить за корреляцией между содержанием *Сu* и *Zn* и соленостью воды, то можно оценить её как слабую зависимость, а для бора эта связь тесная.

Таблица 2

Средняя концентрация биогенных веществ, микроэлементов в водоемах Прибалхашья, мг/дм<sup>3</sup>

Компонент	Фосфор	Железо	Азот общий	Медь	Цинк	Марганец	Фтор	Йод	Бор
Концентрация	0,03	0,19	0,46	0,012	0,041	0,050	0,08	1,23	3,63

Марганец хорошо коррелирует с органическим веществом и значениями рН воды. Образцы донных отложений, отобранных со всей акватории оз. Балхаш, свидетельствуют о содержании большого количества тяжелых металлов, особенно наиболее токсичных свинца и цинка: их концентрация, соответственно, в 77...253 и 5 раз превышает среднее его содержание в донных отложениях водоемов промышленных зон [14]. В

грунтах пресной западной части озера, где преобладают светло-серые илы содержится цинка 82, меди 55, кадмия 3, свинца 47 мг/кг.

Таблица 3

Содержание микроэлементов в экосистеме «вода оз. Балхаш – ил – растение»

Mn	Cu	Zn	Pb	B	J	Нефте-продукты
вода, мкг/л						
19...61,5	0,65...6,4	17...77	2660...4100	400...1450	58...103	0...1140
донные отложения, мг/кг						
400...800	30...250	60...2000	10...800	Не опр.	20...40	Не опр.
Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Sr	Fe
водоросли, мг/кг						
12,5...87,5	2,5...12,8	10...212,5	1,3...7,5	0,13...250		
наземная растительность, мг/кг						
40	6,3	50,3	3,2	0,4	41	20

Ионы металлов хорошо сорбируются илистыми частицами и вместе с ними оседают на дно. Установлено, что наибольшие концентрации металлов приходится на поверхностный слой грунта (10 см).

Следует отметить, что в формировании гидрохимического режима и качества вод роль донных отложений двойная. С одной стороны, как аккумуляторы многих веществ (тяжелые металлы, некоторые минеральные и органические вещества) они способствуют самоочищению водных масс. При этом самоочистительная роль донных отложений зависит от их характера (степени дисперсности, содержания органического вещества, оксидов железа и марганца и др.) и от процессов на границе раздела фаз. С другой стороны, обладая большими запасами (т.е. являясь хранилищем почти всех химических элементов), донные отложения при определенных условиях превращаются в источник вторичного загрязнения водоемов. В этой связи создается реальная опасность вторичного загрязнения водных масс оз.Балхаш марганцем, цинком и свинцом.

Растения, отобранные как в самом озере, так и на береговой полосе, также загрязнены тяжелыми металлами, причем лучшими аккумуляторами являются водные растения (табл. 3). Меньшему загрязнению подвержены кустарники. Установлено, что водная растительность поглощает металлы в следующей последовательности: Mn > Zn > Cd > Cu > Pb.

Определение остаточных количеств гербицидов в воде и илах оз. Балхаш показало на их повсеместное присутствие, причем наиболее

загрязнены участки, примыкающие к устьям рек (до 11...543 ПДК для воды и 440...670 ПДК для почв) (табл. 4). В большинстве случаев донные отложения содержат в 2...61 раз больше пропанида и в 2...3 раза больше сатурна, чем вода самого озера.

Таблица 4

Остаточные количества гербицидов в оз. Балхаш

Сатурн		Пропанид + 3,4 ДХА	
интервал изменчивости	среднее	интервал изменчивости	среднее
вода, мг/л			
0,015...0,248	0,072	0,0002...0,0011	0,003
донные отложения, мг/кг			
0,032...0,473	0,163	0...0,670	0,103

Многолетними (с 1954 г.) гидрохимическими наблюдениями водоемов Прибалхашья установлено, что в порядке возрастания средних концентраций (мг/дм<sup>3</sup>) биогенные элементы располагаются в ряд: фосфор (0,03), азот (0,46), железо (0,19), кремний (4,0), а микроэлементы (мг/дм<sup>3</sup>) – медь (0,012), цинк (0,041), марганец (0,050), фтор (0,082), йод (1,228), бор (3,633) [7, 10]. За последние 40...45 лет концентрация указанных компонентов возросла в 2...12 раз. Снижение концентрации величины отношения кремния к азоту (от 138 до 30) и кремния к фосфору (от 362 до 102) свидетельствует о наличии антропогенных составляющих азота и фосфора в речном стоке в озеро Балхаш.

Нами установлено, что все микроэлементы в супераквальных фациях ландшафта активно участвуют в биологическом круговороте веществ, коэффициенты их биологического поглощения растительностью большие и составляют 1...20. Медь и цинк довольно пассивные водные мигранты, а в Балхаше их очень много, в 8...22 раза превышают нормативы, предъявляемые к водоемам рыбохозяйственного значения. Это объясняется в основном техногенным загрязнением.

К источникам, обогащающим воду биогенными веществами, микроэлементами естественного и антропогенного происхождения можно отнести: сток основных рек, поверхностный сток с водосбора бассейна, промышленные, (ПО Балхашмыс, Балхашрыбпром) хозяйственные (теплоэлектроцентрали и др.) и сельскохозяйственные сточные воды, атмосферные осадки, эрозия берегов, донные отложения и внутриводоемные процессы. Так, по данным Казгидромета [6] сточными водами ПО «Балхашмыс» только в 1987 г. в оз. Балхаш поступило 0,347 т меди, 0,483 т свинца, 0,560 т молибдена, 0,579 т мышьяка. Примерно такое же количество за-

грязняющих неорганических и органических веществ поступают в воду озера и в последующие годы.

Сезонные и суточные колебания концентрации компонентов обусловлены физическими (разбавление и смешение в период половодья), физико-химическими (адсорбция илами и донными отложениями, соосаждение в результате выпадения в осадок и др.), гидробиологическими (фотосинтез, минерализация органических остатков) процессами, протекающими в экосистеме «вода – ил».

Автором настоящего сообщения рассчитаны так называемые коэффициенты загрязненности (КЗ) для оценки качества балхашской воды по формуле

$$KЗ = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ijn}} \frac{\Delta_{ijn}}{ПДК_i};$$

$$\Delta_{ijn} = \begin{cases} C_{ijn} - ПДК_i, & \text{если } C_{ijn} > ПДК_i, \\ 0, & \text{если } C_{ijn} \leq ПДК_i, \end{cases}$$

где  $C_{ijn}$  – концентрация  $i$ -го показателя в  $j$ -ом створе при  $n$ -м измерении,

$N_{ijn}$  – общее число измерений  $i$ -го показателя в  $j$ -ом створе за исследуемый период;  $N$  – общее число всех измерений;  $I$  и  $J$  – общее число показателей и створов. Расчеты по определению КЗ велись на основе собственных данных полевых и лабораторных исследований, а также результатов систематических наблюдений Казгидромета по всем показателям, превышающим предельно – допустимые концентрации: сульфаты, хлориды, магний, натрий, калий, аммоний, железо, фтор, медь, цинк, фенолы, нефтепродукты и БПК<sub>5</sub>.

Установлено, что величина КЗ за последние 40 лет увеличилась в 2...3,5 раза, что говорит о двух – трехкратном антропогенном воздействии. По длине озера (от пресной части к соленой) наблюдается увеличение КЗ от 1,8 до 8,5. Это означает, что качество воды озера, соответственно, в 2,8...9,5 раз хуже нормативного.

Нами установлено, что если рассматривать показатели качества воды рек, питающих озеро Балхаш (Или, Каратал, Лепсы) по главным ионам, органическим, биогенным веществам и микроэлементам, то состав загряз-

нения ими примерно одинаковый. С учетом содержащихся в воде пестицидов коэффициенты загрязненности значительно увеличиваются. В настоящее время загрязнение речных вод ядохимикатами, попадающими с сельскохозяйственных угодий существеннее, чем промышленное. Аналогичное явление наблюдается и в водных объектах других регионов Казахстана [3]. На состав природных вод, протекание внутриводоемных процессов, смещение фазовых равновесий существенное влияние оказывает температурный режим водоемов и водотоков. К этому фактору относят изотермическое испарение вод, т.е. испарение при постоянной температуре (25 °С) в лабораторных условиях. В связи с этим предметом самостоятельного исследования являются работы по изучению распределения бора, брома, йода, кремния и калия при изотермическом испарении воды континентальных водоемов Казахстана (Балхаш, Алаколь, Прибалхашские озера).

Установлено, что перечисленные элементы при концентрировании раствора находятся в тесной зависимости от минерализации воды. Как и в морской воде, они накапливаются в крепких озерных растворах. Наиболее интенсивно этот процесс протекает на стадии кристаллизации хорошо растворимых солей. К концу испарения вблизи эвтоники их содержание увеличивается: бора – в 660; брома – 282; йода – 19; калия – 245; кремния – 15; фосфора – 620 раз. Однако при этом они не образуют самостоятельных солей.

Выявлено также, что при сгущении алакольской и балхашской воды все микроэлементы и калий увлекаются осадками, выпавшими в карбонатную стадию. Для более глубокого понимания этого процесса на искусственных растворах С.С. Крученко и С.М. Романовой изучено влияние различных факторов на соосаждение бора и калия с карбонатами кальция и магния, поскольку последние составляют основную долю химического состава илов оз. Балхаш и прибалхашских соляных озер. В результате проведенных лабораторных исследований установлено, что количество поглощенных бора и калия зависит от концентрации ионов в растворе и не зависит от количества осадка. Максимум поглощения достигается в разбавленных растворах с содержанием ионов калия до 5 моль в одном литре и бора до 0,8 моль в литре. В растворах хлорида калия на карбонате кальция поглощается до 18,9 % иона калия; карбоната калия – до 18,5; сульфата калия – до 15,4 % иона калия. Растворы солей калия, соприкасающиеся с карбонатом магния, ведут себя несколько иначе. Из растворов сульфата калия в осадок увлекается в два раза больше ионов калия, чем из растворов хлорида калия, в то время как в системе карбонат калия – карбонат

магния – вода эффект поглощения вообще отсутствует. Поглощение борат – ионов наблюдалось независимо от характера твердой фазы. Причем из растворов борной кислоты поглощение бора идет интенсивнее, чем из растворов тетрабората натрия. Твердая фаза, состоящая из карбонатов кальция и магния, больше поглощала бора, чем сульфата кальция [5, 9, 10].

Проводимые работы будут полезны при составлении характеристики экологического состояния водоемов, познания процессов самоочищения, уточнении элементов солевого баланса оз. Балхаш и прилегающих озер в современных условиях, а также для познания генезиса месторождений и рационального использования рассолов и соляных отложений континентального происхождения.

Для выяснения экологической обстановки и характеристики загрязнения тяжелыми металлами компонентов водных экосистем водохранилищ – охладителей Экибастузской ГРЭС -1 и 2, а также канала Ертыс – Караганда, вода которого питает данные водохранилища, были проведены многолетние исследования (1979...1993 гг.) на этих объектах [11 – 13]. Водохранилища – охладители представляют собой водоемы особого типа. Они предназначены в основном для охлаждения конденсатов паровых турбин ГРЭС. Топливом станции являются дешевые бурые угли, дающие большой процент золы, которая содержит меди – 11; цинка – 32; кадмия – 1; свинца – 10; хрома – 0,14 мг/кг, железа – 35; марганца – 1,12 г/кг. Поэтому отличительной чертой их является необычный термический режим, который накладывает отпечаток на все элементы экосистемы «вода – почва – растения – животный мир».

Главными источниками поступления тяжелых металлов, нефтепродуктов и других загрязняющих веществ в водохранилища – охладители являются:

1. вода канала Ертыс – Караганда, содержащая в среднем меди – 2,1; цинка – 9,7; марганца – 33,6; свинца – 2,4; кадмия – 1,8 мкг/л, нефтепродуктов – 0,16 мг/л;
2. донные отложения;
3. водосборный бассейн;
4. атмосферные осадки;
5. выбросы золы ГРЭС в атмосферу, которая рассеивается и оседает по всей акватории водоемов.

В воде водохранилищ – охладителей Экибастузских ГРЭС -1 и 2 концентрация меди, цинка, марганца, свинца, кадмия, нитратов подверже-

на внутри – и межгодовым колебаниям. Формирование состава загрязняющих веществ – процесс сложный, многогранный, зависящий от комплекса разнообразных факторов, связанных как с функционированием водных экосистем, так и с природными условиями водосбора. На него оказывают влияние многие абиотические, биологические и антропогенные факторы [14]. В природных условиях они действуют в сложной взаимосвязи и взаимозависимости, определяя трансформацию основных химических ингредиентов, интенсивность и направленность процесса круговорота веществ, превращение тепла и энергии в водных экосистемах.

За исследуемый период (1980...1993 гг.) концентрация меди в воде водохранилища – охладителя ЭГРЭС -1 колебалась в пределах 3...10, цинка 12...56, марганца 23...59, свинца 1,6...3,0, кадмия 0,20...0,36 мкг/дм<sup>3</sup>. В распределении тяжелых металлов по акватории водохранилища отмечена пространственная неоднородность. Придонные слои отличаются от поверхностных повышенным их содержанием. Хотя основным источником поступления тяжелых металлов в водохранилище является вода канала Ертыс – Караганда, но концентрации их в канале ниже, чем в водохранилище. Все это указывает на то, что водохранилище – охладитель более подвержено антропогенному воздействию.

Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Большие количества их поступают в водоемы со сточными водами предприятий, хозяйственно-бытовыми водами. Некоторое количество углеводородов поступают в воду в результате прижизненных и посмертных выделений растительными и животными организмами. Содержание нефтепродуктов по акватории водоема за весь период исследования колебалось в пределах 0,04...0,79 мг/дм<sup>3</sup>, превышая ПДК для рыбохозяйственных водоемов в 2...16 раз. Особенно загрязнены нефтепродуктами придонные слои водохранилища и места сброса теплой воды с ГРЭС.

Для оценки экологического состояния водных объектов большое значение имеет состояние донных отложений. Как показали исследования, главную роль здесь играют накопление загрязняющих веществ в донных отложениях и интенсивность взаимодействия последних с водной массой. Исследование донных отложений водохранилища – охладителя ЭГРЭС – 1 и 2 на содержание тяжелых металлов показало, что в основном они локализуются в черных илах и в меньшей степени в заиленных песках. За исследуемый период в донных отложениях среднее содержание меди со-

ставляло 38,7...55,5 мг/кг, цинка 110...114 мг/кг, кадмия 0,4...1 мг/кг, свинца 12,8...17,7 мг/кг, марганца 820...1100 мг/кг сырой массы. Доля металлов, накопленных илами водохранилища, значительна, поэтому при повышении температуры в летний период возможны процессы вторичного загрязнения водных масс токсикантами. Кроме того, в донных отложениях металлы концентрируются в количествах, приближающихся к уровням загрязнения донных отложений водоемов, расположенных в промышленных зонах, а концентрация особо опасного токсиканта свинца здесь в 4...5 раз выше, чем в донных отложениях водоемов промышленных зон. Содержание тяжелых металлов в почве, прилегающей к ГРЭС, показало, что их концентрации близки к таковым в донных отложениях.

Известно, что водные растения активно участвуют в процессах детоксикации воды от тяжелых металлов. Сотрудниками Института зоологии НАН РК (Брагин Б.И., Стуге Т.С.) и КазНУ (Г.В. Таранина) выявлено, что все макрофиты кумулируют тяжелые металлы, причем в большей степени рдесты, в меньшей – рогоз и тростник. По убывающей степени поглощения металлов для макрофитов, обитающих в водохранилище – охладителе, можно составить следующий ряд: Zn > Cu > Pb > Cd [12].

Исследование планктонных ракообразных и представителей донной фауны показало, что эти виды гидробионтов кумулируют тяжелые металлы во все сезоны года. Планктонные фильтраты содержали цинка 0,6...34,5; меди 0,9...15,7; кадмия следы – 1,6; свинца следы – 1,1 мг/кг.

Токсикологическая оценка загрязнения рыб (судак, лещ, плотва, щука, окунь) тяжелыми металлами свидетельствует о том, что мышечные ткани особей в той или иной мере содержали исследованную группу металлов: до 0,3 ПДК цинка, 0,1 ПДК меди, 5 ПДК кадмия, 0,4 ПДК свинца (согласно нормативам для рыбных продуктов).

Установлено, что средние концентрации тяжелых металлов в воде водохранилища ЭГРЭС–2 несколько ниже, чем у воды водохранилища ЭГРЭС–1, поскольку оно начало функционировать с осени 1988 г. Однако, следует отметить, что в донных отложениях и почвах береговой зоны водохранилища ЭГРЭС–2 идет накопление тяжелых металлов, которые служат дополнительным источником поступления их в воду.

Оценка токсикологической ситуации накопления тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в воде, донных отложениях, почве и биоценозах Экибастузского топливно-энергетического комплекса говорит о том, что наблюдается загрязнение всех компонентов среды [8].

Таким образом, проведенные исследования подтверждают факт загрязнения тяжелыми металлами и другими веществами всех элементов экосистем Или-Балхашского и Ертыского бассейнов. На границе вода – дно устанавливается определенное динамическое равновесие, связанное в значительной мере с сорбционно-десорбционными процессами, приводящими в ряде случаев к возможности вторичного загрязнения водных масс, идущих на различные нужды народного хозяйства. Современное состояние качества воды водоемов и водотоков Казахстана и выявленные тенденции его дальнейшего развития свидетельствует о наличии серьезной угрозы необратимых изменений уникальных биоценозов и недопустимого ухудшения условий жизни населения Прибалхашья и Прииртышья в результате загрязнения водоемов тяжелыми металлами и другими токсикантами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беремжанов Б.А., Романова С.М., Крученко С.С., Токсеитов К.К. Физико – химическое исследование процессов солеобразования в воде некоторых водоемов Казахстана – В сб.: Физ. – хим. основы переработки минер. сырья РК, Алма – Ата, 1986. – С. 12-33.
2. Беремжанов Б.А., Ибрагимова М.А., Романова С.М. Формирование гидрохим. режима водохранилища – охладителя ЭГРЭС–1 – В сб: Гидрохим. мат, Л, 1986, т. 96, С. 142-154.
3. Богдашкина В.И., Петросян В.С. Экологические аспекты загрязнения водной среды нефтяными углеводородами, пестицидами и фенолами. – В кн.: Мат. 2 Всес. школы по экологической химии. Ереван, 1988. – С. 62-77.
4. Коротких А.Г., Ибрагимова М.А., Романова С.М. Диффузия солей из грунтов дна водохранилища – охладителя Экибастузской ГРЭС. – В сб. Гидрохим. материалы, Л:, 1988, т. С IV, С. 137-148.
5. Крученко С.С. Солеобразование, распределение микрокомпонентов в карбонатно-сульфатных системах и природных водах: Автореф. дис. канд. хим. наук. - Алматы, 1993. – 18 с.
6. Материалы наблюдений за загрязнением поверхностных вод Казахской ССР, 1987 г. // Гидрохимический бюллетень, Алма-Ата, 1988.
7. Нурахметов Н.Н., Романова С.М. и др. Экологические аспекты загрязнения токсичными веществами поверхностных вод Казахстана. В кн. Вестник КазГУ, сер. хим, №5-6, 1996. – С. 7-8.
8. Романова С.М., Таранина Г.В., Ибрагимова М.А., Беремжанов Б.А. Оценка качества воды водохранилища – охладителя ЭГРЭС – 1 в период эксплуатации. – Деп. рук. Каз НИИ НТИ, №1968, Алма – ата, 1987. – 9 с.

9. Романова С.М., Крученко С.С., Батаева К.О. Сорбция фосфора карбонатами кальция, магния и сульфатом кальция // Библ. указ. Каз. Гос. ИНТИ, № 4407, 1993.- 6 с.

10. Романова С.М., Крученко С.С., Батаева К.О. Распределение фосфора в воде оз. Балхаш и поглощение его некоторыми неорганическими солями // Материалы конф. «Наука и технология –93»:Шымкент, 1993.- 102 с.

11. Таранина Г.В., Кунанбаева Г.С., Брагин Б.И., Рига Н.В. Тяжелые материалы в экосистеме Экибастузского водохранилища – охладителя. – Тез. докл. Методология экологического нормирования. Харьков, 1992. 141 с.

12. Таранина Г.В., Стуге Т.С. Роль тяжелых металлов в усилении токсикологии в водоеме. – Изв. АН КазССР, сер. биолог. т. 3, 1988. С. 7-9.

13. Romanova S.M. Monitoring of pollution in water ecosystems of Kazakhstan. – Mat. of 33<sup>th</sup> Congress IUPAC, Budapest, 1991.

14. Rovinsky F.A., Wierama G.B. Procedures and methods for integrated Global Background monitoring of Environment pollution. WMO Technical Document №178, OF MS Information Series №5, August, 1987, 137 p.

### **ҚАЗАҚСТАННЫҢ СУ ЖҰЙЕЛЕРІНІҢ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЖҰЕ БАСҚА ДАТОКСИКАНТТАРМЕН ЛАСТАНУЫНЫҢ ЭКОЛОГО – ХИМИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ**

Геогр. ғылымд. канд. С.М. Романова

*Іле – Балхаш ж.,не Ертіс бассейндерінің су-ил-топырақ-  
тісімдік экожүйесіндегі микроэлементтердің (мыс, мырыш,  
марганец, жоржасын),бейметалдардың (фтор, бор, бром, иод),  
биогенді элементтердің (азот, фосфор, кремний, темір), мұнай  
тінімдері мен гербицидтердің динамикасы мен режимінің  
құбылудың жүйелін зерттеулерінің нәтижелері жарастырылған.  
Олардың жалыптасуының негізгі факторлары ж.,не судың  
химиялық құрамымен „рекеттесуі анықталған. Құрастелген  
компоненттер ландшафтының супераквальды фациясында  
заттардың биологиялық айналымына белсенділігі айқындалды.  
Орталық барлық компоненттерінің ластануы байқалды.*