

Физическая география и геоэкология

УДК 627 + 556

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНЫХ МАСС АКВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ

О.А. Тихомиров

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Рассматриваются основные особенности формирования водных масс и гидрохимического режима аквальных комплексов водохранилищ. Оценивается экологическое состояние аквальных геосистем Верхней Волги, сформированное под антропогенным воздействием.

Ключевые слова: *аквальные комплексы, изменение, водохранилище*

Водная масса – основной компонент аквального комплекса. Вода является активным химическим веществом, которое обеспечивает разнообразие жизненно важные процессы и является связующим звеном с другими природными компонентами геосистем. Химический состав водной массы зависит от разнообразных процессов взаимодействия этих компонентов. Различные сочетания и свойства природных компонентов определяют химические свойства воды, которые, в свою очередь, оказывают влияние на развитие жизни в водных объектах. В ходе исследований водохранилищ Верхней Волги выявлены особенности формирования физико-химических свойств и состава химических элементов водных масс аквальных комплексов разных типов [1,2].

В работе использована классификация аквальных комплексов водохранилищ, предложенная нами ранее [1]. По выделенным речным аквальным ландшафтам Иваньковского водохранилища (выше г. Твери – естественные условия, ниже Твери до с. Городня – условия водохранилища) имеются подробные сведения: результаты химических анализов поверхностного и придонного слоев воды у берегов (литоральные комплексы) и в русле (профундальные комплексы).

Гидрокарбонатные ионы, кальций + магний. Среднее многолетнее содержание гидрокарбонатных ионов и суммы ионов Са и Mg в воде условно-естественных речных аквакомплексов за последние несколько десятилетий колеблется в летний период с 38 до 57 мг-экв/л. От правого к левому берегу концентрация этих ионов практически не изменяется. В речном ландшафте водохранилища в поверхностном слое воды ам-

плитуда колебаний суммы кальция, магния и гидрокарбонатных ионов несколько больше, чем в поверхностном и придонном слоях воды комплексов природного типа. Содержание гидрокарбонатов и суммы кальция и магния в водах зависят от гидрологических условий. В природном участке среднеголетние изменения содержания гидрокарбонатных ионов составляют 150–200 мг/л, а суммы Ca^{+2} и Mg^{+2} – 65–75 мг/л. В природно-антропогенном речном участке наблюдается снижение содержания гидрокарбонатов (130–190 мг/л) и ионов кальция и магния (60–70 мг/л).

Максимальные показатели щелочности и жесткости приходится на зимнюю межень и связаны с максимальной сработкой уровня воды. Минимальные значения наблюдаются в период наполнения водохранилища (в половодье). Приток грунтовых вод в литоральную зону приводит к некоторому повышению показателей жесткости (суммы Ca и Mg) и концентрации гидрокарбонатов.

В летнее время минерализация возрастает на 30% и более, по сравнению с весной, с увеличением содержания всех ионов. Осенью рост минерализации составляет 10–25 % от летних показателей.

Понижение суммы солей от верховьев к приплотинным частям водохранилищ Волги части закономерно и объясняется меньшим участием грунтовых вод в питании нижних участков водных объектов.

Хлориды и сульфаты. Соединения хлора и сульфатов в воде обычно антропогенного происхождения, поэтому рассматриваются как загрязняющие вещества. В речных аквальных комплексах природного типа хлор не встречается или появляется в местах сброса сточных вод. Обычно здесь концентрация хлора ниже, чем в аналогичных участках водохранилища. Среднее многолетнее значение содержания иона Cl в воде выше г. Твери — 5,9 мг/л против 7,8 мг/л в речных природно-антропогенных комплексах.

В природно-антропогенных реокомплексах водохранилища отмечено значительное содержание хлора в поверхностном слое воды (максимальное значение – 8,1 мг/л).

Средние многолетние концентрации сульфатов в реоаквакомплексах природного типа – 15,1 мг/л; в природно-антропогенных – 25,1 мг/л. Амплитуда колебаний концентрации сульфатов в речных участках значительна – до 11,0 мг/л. Наибольшая амплитуда колебаний содержания сульфатов наблюдается в поверхностном слое воды природно-антропогенных речных комплексах. Объяснить это можно влиянием сточных вод г. Твери и других населенных пунктов, расположенных по берегам водохранилища, повышающих концентрацию сульфатов.

Увеличение концентрации хлоридов и сульфатов наблюдается в зимнюю межень, а также в периоды половодья и паводков. Наиболее значительные подъемы содержания этих ионов в природно-

антропогенном комплексе связаны с антропогенными причинами, при этом концентрации могут изменяться в несколько раз. Концентрации соединений уменьшаются в воде озеровидных участков приплотинного плеса, что связывается с удалением от основного источника загрязнения (г. Твери).

Биогенные элементы

Нитраты. Как известно, нитраты являются конечным продуктом процесса минерализации органического вещества. В речных природных и природно-антропогенных комплексах водохранилища средняя многолетняя концентрация нитратов составляет 0,05 и 0,08 мг/л, что почти на порядок ниже концентрации ионов аммония. Минимальная концентрация нитратов наблюдается в речных аквальных комплексах природного типа – 0,05 мг/л, максимальная – в придонных и поверхностных слоях воды в речном ландшафте водохранилища — 0,1 мг/л. Прослеживается уменьшение содержания нитратов с увеличением глубины в речных аквакомплексах обоих типов.

Нитриты. Ионы нитритов являются «промежуточным» звеном в процессе разложения органического вещества, поэтому их содержание в воде аквальных комплексов измеряется тысячными долями миллиграммов на литр. В речных геосистемах природного типа среднее многолетнее содержание нитритов в поверхностных и придонных слоях воды составляет 0,005 мг/л, в речных участках природно-антропогенного типа – 0,006 мг/л. От правого к левому берегу и с изменением глубины концентрация нитритов изменяется незначительно (в пределах 0,003 мг/л).

Ионы аммония. Среднее многолетнее содержание ионов аммония в воде речных геосистем природного типа – 0,45 мг/л; в воде водохранилища – 0,58 мг/л. Минимальное содержание ионов аммония наблюдается в поверхностном слое воды реки – 0,33 мг/л, максимальное – в поверхностном слое воды водохранилища – 0,79 мг/л. В поверхностных и придонных слоях воды во всех комплексах наблюдается резкое снижение концентрации ионов аммония с удалением от берегов и увеличением глубины (амплитуда колебаний составляет 0,21 мг/л).

Фосфаты. В водные объекты фосфаты поступают, в основном, вместе с поверхностным стоком. Средняя многолетняя концентрация фосфатов в воде речных аквакомплексов природного типа – 0,030 мг/л, в воде речных участков водохранилищного типа – 0,035 мг/л. Минимальная концентрация фосфатов наблюдается в поверхностном слое воды речных геосистем водохранилищного типа – 0,016 мг/л, максимальная у дна – 0,049 мг/л. Наибольшая амплитуда колебаний отмечена в придонном слое воды в природно-антропогенных комплексах – 0,025 мг/л.

Калий и натрий. Средняя многолетняя величина содержания ионов калия в воде в условиях реки колеблется незначительно. Минимальная концентрация отмечена в речных комплексах природного типа – 1,5 мг/л, максимальная – в придонном слое воды речных природно-антропогенных геосистем – 2,4 мг/л. Средняя многолетняя концентрация ионов натрия в речных участках водохранилища – 7,9 мг/л, в речных комплексах природного типа – 5,2 мг/л. Минимальная концентрация ионов натрия наблюдается в придонном слое воды природных реоаквакомплексов – 4,2 мг/л, максимальная – в придонном слое воды речных участков водохранилищ – 8,4 мг/л.

Кислород. В аквальных комплексах естественного происхождения содержание кислорода в водной массе более высокое по сравнению с речными природно-антропогенными комплексами – средние многолетние значения содержания кислорода в воде равны 10,1 мг/л и 8,4 мг/л соответственно. Минимальные концентрации кислорода наблюдаются в придонных слоях воды речных участков водохранилища – 7,5 мгО₂/л, максимальные – в поверхностном слое воды реки – 11,4 мгО₂/л. Амплитуда колебаний содержания кислорода в пределах створов составляет 1,40 мг О₂/л (природный тип) и 1,35 мгО₂/л (водохранилище). В поверхностных слоях воды содержание кислорода выше на русловых участках (в обоих случаях); в придонных слоях воды концентрация кислорода с глубиной уменьшается (также в обоих случаях).

Содержание кислорода в природных речных ландшафтах за многолетний период выше, чем в природно-антропогенных аквальных комплексах. Среднегодовые показатели за многолетний период в условно неизменном русловом комплексе составили 7,7–10,2 мг/л, а в водохранилище 7,5–9,7 мг/л.

Цветность. Средняя многолетняя величина цветности в речных природных комплексах – 45°, в природно-антропогенных геосистемах – 51° по платиново-кобальтовой шкале. Амплитуда колебаний значения цветности в пределах створа невелика (1–3°). Придонные слои воды отличаются более стабильной величиной цветности. С изменением глубины цветность практически не изменяется.

Цветность воды в комплексах природно-антропогенного типа, зависящая прежде всего от содержания гумусовых соединений и трехвалентного железа, характеризуется более высокими показателями в течение всего года (среднегодовые значения – 57–65⁰), с максимумом в мае после полного наполнения водохранилища (до 70°) и в периоды паводков.

pH. Средние многолетние показатели pH колеблются около отметки 7,5. Среднегодовая кислотность воды в природных и природно-антропогенных речных комплексах практически идентичны (7,6–8,2).

Однако амплитуды колебаний показателей выше в условиях водохранилища.

Мутность. Среднее многолетнее значение мутности в речных природно-антропогенных геосистемах – 12,7 мг/л, природного типа – 7,8 мг/л. Минимальное значение мутности за многолетний период отмечается в придонном слое воды в реке – 7,2 мг/л, максимальное – в реокомплексах водохранилища – 17,2 мг/л. Амплитуда колебаний величины мутности в пределах створа довольно значительна (5,8 мг/л). Увеличение мутности связано с затоплением части поймы водохранилищем и образованием литоральных фаций, поставляющих взвешенные вещества в результате размыва берегов и дна [1].

Металлы

Марганец. Средняя многолетняя концентрация марганца в воде реокомплексов природного типа составляет 21 мкг/л, в воде водохранилищ – 59 мкг/л. Минимальное содержание Mn отмечено в поверхностном слое воды в естественных условиях (выше г. Твери) – 12,9 мкг/л, максимальное – в глубинных слоях воды водохранилищ – 106,7 мкг/л. В аквальных комплексах природного типа прослеживается уменьшение концентрации Mn от литоральных к русловым аквафациям в поверхностном и в придонном слоях воды. В природно-антропогенных комплексах речного типа наблюдается резкое увеличение концентрации с увеличением глубины в придонном слое воды.

Железо. Среднее многолетнее содержание Fe в воде в природных условиях – 219 мкг/л; в воде речных комплексов водохранилища – 340 мкг/л, что превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК= 300 мкг/л) Fe для водоемов хозяйственно-питьевого использования. Минимальная концентрация Fe наблюдалась в поверхностном слое воды речных участков выше Твери – 160 мкг/л, максимальная – в придонном слое воды створа ниже Твери – 604 мкг/л. Во всех типах речных комплексов отмечается уменьшение величины растворенного железа с удалением от литорали в поверхностном слое воды и увеличение в придонном слое от литоральных к профундальным аквафациям.

Цинк. Средняя многолетняя концентрация цинка в воде природных речных участков составляет 25 мкг/л, в воде природно-антропогенных комплексов – 34 мкг/л. Минимальная концентрация цинка наблюдалась в поверхностном слое воды речных аквакомплексов природного типа – 21,0 мкг/л, максимальная – в глубоководных слоях воды природно-атропогенных аквафаций – 50,8 мкг/л. В реокомплексах природного типа концентрация цинка в поверхностном слое воды уменьшается с удалением от литорали; в придонном – возрастает от правого к левому берегу. В реокомплексах водохранилища концентра-

ция цинка с удалением от литорали увеличивается в придонном слое (возрастает с увеличением глубины).

Медь. Средняя многолетняя концентрация меди в воде природных речных аквакомплексов – 4,2 мкг/л, в аквафациях водохранилищ – 5,5 мкг/л, что превышает ПДК меди (3 мкг/л) для водоемов хозяйственно-питьевого использования в 1,4 и 1,8 раза соответственно. Минимальная концентрация меди наблюдалась в речных комплексах природного типа – 3,7 мкг/л, максимальная – в придонном слое воды водохранилища – 6,0 мкг/л. Закономерное изменение концентрации меди связано с изменением глубины и с удалением от берегов. Литоаквакомплексы характеризуются большим содержанием меди в воде в поверхностных слоях и несколько меньшим в придонных по сравнению с пелагиально-профундальными аквафациями.

Выводы

Таким образом, проведенный анализ показывает, что водные массы речных аквакомплексов природно-антропогенного типа характеризуется более высокими значениями содержания главных ионов (гидрокарбонатов, кальция, магния, калия, хлора, сульфатов, натрия, фосфатов), а также ионов металлов – меди, цинка, марганца и железа; пониженным содержанием кислорода и повышенными значениями мутности по сравнению с речными аквакомплексами природного типа. Такое положение можно объяснить меньшей проточностью аквакомплексов водохранилищ, значительно большими глубинами (по сравнению с реокомплексами), а также влиянием сточных загрязненных вод с территорий населенных пунктов и промышленных зон. Все эти причины создают условия заиления грунтов водохранилищ, накопления в илах солей тяжелых металлов и, как следствие, развитие вторичного загрязнения воды этих аквакомплексов.

Как в природном, так и в природно-антропогенном ландшафте содержание биогенных элементов тесно связано с гидрологическими условиями и имеет сезонный характер. В литоральных участках соединений азота и фосфора в воде несколько больше, чем пелагиальных.

Состав основной массы воды (русловая пелагиаль) зависит от природного стока с водосбора. В литоральной зоне поверхностный и грунтовый стоки определяют несколько большие концентрации биогенных веществ, прежде всего в вегетационный период. Литоральные аквакомплексы характеризуются лучшими показателями качества воды по сравнению с профундальными. Качество воды речных аквакомплексов водохранилищного типа уступает качеству воды речных геосистем природного типа по ряду показателей.

Список литературы

1. Тихомиров О.А. Классификация и оценка экологического состояния аквальных геозкосистем Верхней Волги // Проблемы региональной экологии. М., 2005. №2. С.28–38.
2. Тихомиров О.А. Динамика аквальных комплексов равнинных водохранилищ. Монография. Тверь, изд-во ТвГУ, 2008. 308 с.

PECULIARITIES TO OF HYDROCHEMICAL REGIME OF AQVATIC COMPLEXEC OF RESERVOIRS STATE IN THE UPPER VOLGA REGION

O.A.Tikhomirov

The main peculiarities to of the reservoirs resource and hydrochemical regime of aquatic complexec of reservoirs are considered. Distinctions in the extent of anthropogenic change of aquatic complexec are considered, complex of aquatic geosystems ecological state in the Upper Volga region is set.

Keywords: aquatic complexec, transformation, reservoir

Об авторе:

ТИХОМИРОВ Олег Алексеевич – доктор географических наук, заведующий кафедрой физической географии и экологии Тверского государственного университета.

TIKHOMIROV Oleg Alekseevich – Dr. of geography, Prof., head of the Department of physical geography and ecology of the Tver state University.