

УДК 541.123.11:502.51

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗАПОВЕДНИКА «БОЛЬШАЯ КОКШАГА»

Н.М. Мингазова, Л.Р. Павлова, О.В. Палагушкина,
О.Ю. Деревенская, В.И. Стрюков

Физико-химические исследования водных объектов заповедника «Большая Кокшага» проводились лабораторией оптимизации водных экосистем экологического факультета Казанского государственного университета в летне-осенние периоды 1996-2000 гг. Вода реки Большая Кокшага и восьми озер заповедника и охранной зоны изучалась по 3 гидрофизическим и 14 гидрохимическим показателям с последующей оценкой качества воды и определением трофического статуса. Также проводились исследования содержания тяжелых металлов в воде и донных отложениях озер заповедника.

Введение

Физико-химические исследования водных объектов Государственного природного заповедника «Большая Кокшага» проводились лабораторией оптимизации водных экосистем (ЛОВЭ) экологического факультета Казанского государственного университета в летне-осенние периоды 1996-2000 гг. На территории заповедника исследования проводились на реке Большая Кокшага и трех озерах – Шушьер, Кошеер и Капсино, в охранной зоне исследовались озера Изьер и Шундоер, и на прилегающей к заповеднику территории озера – Соленое, Паленое и Мазарское.

Вода реки Большая Кокшага и восьми озер заповедника и охранной зоны изучалась по 3 гидрофизическим и 14 гидрохимическим показателям с последующей оценкой качества воды и определением трофического статуса. Оценка качества воды проводилась по эколого-санитарной классификации качества поверхностных вод [12] с использованием интегрального рангового показателя (РП). Проводились также исследования содержания тяжелых металлов в воде и донных отложениях озер заповедника.

Объекты исследований

Физико-географическая характеристика. Заповедник «Большая Кокшага» расположен в среднем течении реки Большая Кокшага на территории Медведевского и Килемарского административных районов Республики Марий Эл (РМЭ) на расстоянии 40 км от ее столицы г.

Йошкар-Ола. Координаты крайних точек территории заповедника: северной – 56- 46 градусов с.ш., южной – 56-37 с.ш., западной – 47-09 восточной долготы, восточной – 47-26 градусов восточной долготы [9].

Территория заповедника, согласно физико-географическому районированию Среднего Поволжья, расположена в пределах лесной зоны Русской равнины подзоны хвойно-широколиственных лесов Ветлужско-Унженской географической провинции Ветлужско-Кокшагского района Оршано-Кокшагской флювиогляциальной равнины. По ботанико-географическому районированию Марий Эл она входит в Ветлужско-Юшутский район. Согласно климатическому районированию, заповедник находится в умеренном климатическом поясе атлантико-континентальной области. В отношении агроклиматических ресурсов в пределах Марий Эл он расположен в центральном агроклиматическом районе [9].

По территории заповедника, согласно имеющимся картографическим материалам, протекает 20 рек, речек и ручьев общей протяженностью около 100 км. Наибольшим крупным водотоком является р. Большая Кокшага – левый приток р. Волги. В пределах территории заповедника река имеет величину 5-го порядка по восходящей системе. Густота гидрографической сети, которая относится к древовидно-дендрическому типу, составляет $0,46 \text{ км/км}^2$, что в целом соответствует нормативу для зоны хвойно-широколиственных лесов [9]. Часть рек, особенно Большая Кокшага, берут свое начало за пределами заповедника. На его территорию приходится около 26% общей длины всех водотоков и 81% длины притоков Большой Кокшаги. На водотоки 1-3 порядков приходится 72% от общей протяженности гидрографической сети [9].

Русло реки Большая Кокшага извилистое, шириной в пределах заповедника от 15 до 65 м (в среднем 30-35 м), местами засорено стволами деревьев, упавшими в результате подмывания берегов во время половодья. Глубина на плесах достигает 3-3,5 м, а на перекатах уменьшается до 0,5-0,8 м. Продольный уклон верхнего течения реки до дер. Шушер очень маленький и составляет 0,07 м/км, и скорость течения возрастает. Пойма пересечена множеством стариц, местами сильно заболочена. Начало ледостава на р. Большая Кокшага по данным 1929-1960 гг. гидрометеопоста Аргамач, отмечается в среднем 14 ноября. Ледовый режим продолжается в среднем 105 дней. Толщина льда к концу зимы, по данным бывшего Марийского заповедника [7], достигает 40-50 см [9].

Весенний паводок очень бурный, завершающийся за 20-30 дней. Во-да во время паводка может подниматься в ряде случаев на 313 см над

летним меженным уровнем. В отдельные годы отмечаются летне-осенние дождевые паводки, происходящие в августе-октябре. Подъем воды во время них достигает 116 см над меженным уровнем. Тип питания р. Большая Кокшага – снегово-дождевой. Сток талых вод является преобладающим. Доля питания грунтовыми водами составляет от 17 до 31% объема годового стока [9].

Кроме рек, речек и ручьев на территории заповедника находятся и озера, в основном карстового происхождения. Карстовые озера РМЭ территориально разделяются на две большие группы: озера Вятского Увала и озера Марийского Полесья. Озера заповедника относятся ко второй категории. По облику, морфологическим показателям и по размещению рельефа озера Марийского Полесья заметно отличаются от озер Вятского Увала. Озера в основном расположены в плоской заболоченной местности, сильно зарастают с берегов и часто имеют малопрозрачную болотную воду. Если озера Вятского Увала в основном приурочены к речным долинам, то в Марийском Полесье карстовые озера перемещаются на междуречные пространства [3].

На территории заповедника в 1996-2000 гг. исследования проводились на трех озерах – Шушьер, Кошеер и Капсино, в охранной зоне исследовались озера Изьер и Шундоер, и на прилегающей к заповеднику территории озера – Соленое, Паленое и Мазарское.

Озеро Шушьер – самое крупное озеро заповедника, карстовый водоем, расположенный в пойме р. Большая Кокшага, весной заливаемый талыми водами, является проточным. По данным исследований Н.Н. Лаптевой и А.В.Ступишина [3] в 1967 г. длина озера составляла 1400 м, ширина – 600 м, глубина максимальная составляла 12,2 (15) м, средняя глубина – 6 м, площадь озера составляла 80 га. Длина озера составляет 1250 м, ширина – 600, площадь (по данным лесоустройства 1983 г.) – 55 га. По данным исследований ЛОВЭ КГУ в 1996-1998 гг., длина озера составляет 1150 м, максимальная ширина – 565 м, средняя – 457 м, наибольшая обнаруженная глубина составляла 12,2 м, средняя – 4 м, площадь озера составляет 52,5 га. В прошлом озеро активно использовалось для рыболовства [9].

Второе карстовое озеро, расположенное на территории заповедника – **озеро Кошеер**. Площадь озера (по данным 1967 г.) достигала 1 га. Форма зеркала озера близка к овалу, вытянутому с запада на восток, длина составляла 190 м, ширина 140 м. Со всех сторон водная поверхность бессточного озера окружена верховым моховым болотом с клюквой и сплавинной, растущей с берегов. Сплавина надвинулась на озеро так, что у ее края глубины достигают 10-17 м, а ее площадь заняла око-

ло 42% исходной площади озера. На сплаvine произрастают сосны 120-летнего возраста, что может свидетельствовать о древности самой сплавины, а, следовательно, и озера. Само озеро окружено сосновым лесом. Питание водоема осуществляется за счет поступления болотных вод (о чем свидетельствует коричневый цвет воды) и атмосферных осадков. Дно котловины имеет сложную форму. В южной части озера находится воронкообразное углубление глубиной 16 м. К северо-западу от этой воронки находится вторая глубиной 18 м – это наибольшая глубина озера. Характер первоначальной котловины озера затушеван наступавшей с берегов сплавиной [2]. По данным исследований лаборатории оптимизации водных экосистем КГУ за 1996-1998 гг., длина озера составляла 195 м, ширина 134 м, максимальная глубина – 19 м, средняя – 10 м, площадь озера – 2,1 га [9].

Озеро Капсино имеет пойменное происхождение, заливается водами р. Большая Кокшага как во время весенних, так и летне-осенних паводков. По данным «Летописи природы» Марийского заповедника [7] длина оз. Капсино составляла 360 м, ширина – 200 м, средняя глубина – 2 м, площадь – 6 га. По данным исследований ЛОВЭ КГУ, в 1996 г. наибольшая обнаруженная глубина составляла 2,5 м. Озеро интенсивно зарастало высшей водной растительностью (доминирующий вид – кубышка желтая), площадь зарастания составляла примерно 80% от площади водного зеркала [9].

Карстовое (или междюнно-карстовое) **озеро Соленое** расположено в левобережной пойме р. Большая Кокшага, в сосновом лесу со значительной примесью ели и ольхи по заболоченному северному берегу. Озеро относится к уникальным для Среднего Поволжья водным объектам, так как является стратифицированным полигалинным озером. В административном отношении располагается в 2 км восточнее п. Старожильск и заповедника «Большая Кокшага». В 1970-х гг. входило в состав Марийского государственного заповедника, прекратившего существование вследствие пожаров. Озеро по разному описано в литературных источниках. По Н.Н. Лаптевой [6] озеро имело площадь в 4 га, для 1950-х гг. указывалась площадь в 12,5 га [7], по картам лесничества – 7 га. Глубина озера в 1964 г. указывалась 16 м, в 1996 г. – 18 м [5].

Озеро имеет овальную форму и вытянуто с запада на восток, длина озера, по данным исследований ЛОВЭ КГУ, составляет 380 м, ширина максимальная – 250 м, средняя – 184 м, максимальная глубина составляла 18 м, средняя – 8,5 м, площадь – 7 га, длина береговой линии – 1150 м, объем воды – 918,5 тыс. м³ [5]. Подпитка этого бессточного водоема происходит за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. Кот-

ловина озера имеет форму плавно углубляющейся ложбины с пологим восточным и крутым западным, симметричными южным и северным склонами, в западной части воронкообразно углубляется.

Дно озера покрыто слоем сапропеля темно-коричневого цвета с зеленоватым оттенком, студнеобразной полужидкой консистенции с примесью плохо разложившихся растительных организмов. В качестве минеральных примесей встречаются песчано-глинистые частицы. С глубиной озера мощность сапропеля увеличивается, у берегов озера – 2,5 м, в центре озера – до 6,5 м. Подстиляется сапропель глиной серовато-желтой с зеленоватым оттенком, вязкой, с запахом сероводорода. Сероводород в водоеме органического происхождения, так как идут восстановительные процессы, возможно, что часть сероводорода образуется за счет разгрузки сульфатных вод (озеро относится к сульфатно-кальциевой гидрохимической фации). Однородность слоя сапропеля озера Соленого указывает на однообразие условий, существовавших в озере [3].

Сейсмоакустическими исследованиями геологов КГУ в 2001 г. был выявлен древний, вероятно, послеледниковый возраст озера (около 10 тысяч лет), глубина котловины около 47 м и ее заполнение илами имеет гораздо большую мощность [1], чем было известно ранее.

Озеро Паленое находится в междуречье Рутки и Большой Кокшаги, является по своему происхождению междюнным с карстовым провалом. Озеро бессточное, питание осуществляется за счет подземных вод и атмосферных осадков. Длина озера в 1970-х гг. составляет 0,6 км, ширина – 0,4 км, максимальная глубина – 5,4 м, площадь – 24 га [8]. По данным ЛОВЭ КГУ, длина озера составляет 725 м, максимальная ширина – 325 м, средняя – 205 м, максимальная глубина – 7,5 м, средняя – 3,7 м, площадь озера – 14,9 га [9].

Озеро Мазарское приурочено к междуречью Большой Кокшаги и Малой Кокшаги, располагается в пойме р. Большая Кокшага. Озеро входит в список водоемов РМЭ, приводимый в монографии «Озера Среднего Поволжья» [8], но считается неизученным. По исследованиям 1996 г., была уточнена физико-географическая характеристика оз. Мазарское. Озеро расположено примерно в 20 км от одноименного села и в 1 км от населенного пункта Кужинский конопляник. Водоем пойменный (примерно в 1 км от р. Большая Кокшага), соединяется с оз. Луговым. Длина озера составляет около 900 м, ширина – 600 м, площадь озера – 54 га, наибольшая глубина – 6 м, средняя глубина – 2 м [9].

Озеро Изьер находится на левом берегу р. Большая Кокшага в пределах южной охранной зоны заповедника и окружено со всех сторон сосновым лесом и сплавиной (глубина у берегов – 4 м). Происхождение озера, вероятнее всего, карстовое, форма приближена к кругу с диаметром 100 м, его максимальная глубина находится в северо-западном конце и составляет 7 м [9].

Озеро Шундоер находится в пределах северной охранной зоны заповедника в левобережье реки Большая Кокшага. Водоем окружен хвойным лесом и сплавиной, форма его также близка к кругу с диаметром 150 м (соответственно, площадь около 1,8 га) и максимальной глубиной 3 м. Небольшая средняя глубина озера позволяет предположить либо пойменное, либо междюнное происхождение [9].

Антропогенное воздействие на озера. Антропогенное воздействие на озера небольшое, за исключением озера Соленое, испытавшего сильное антропогенное воздействие в прошлом.

Для реки Большая Кокшага современное антропогенное воздействие выражается в поступлении загрязняющих веществ с верхних участков, от понтонного моста на входе, а также в браконьерстве. Для озер, расположенных непосредственно в заповеднике (Кошеер, Шушьер, Капсино) отмечаются отдельные факты браконьерства. Озеро Шушьер, как один из наиболее крупных водоемов не только заповедника, но и республики, в 19-20 веках активно использовалось для рыболовства. Озеро Капсино в конце 1990-х гг. заилилось в результате гидротехнического воздействия в пойме р. Большая Кокшага (при строительстве нефтетрассы Сургут-Полоцк произошел смыв грунта в реку), поэтому в настоящее время озеро имеет меньшие глубины по сравнению с прежними.

Озеро Соленое является урочищем Марийского общества охотников и рыболовов, поэтому для него характерно рыболовство. В 1960-х гг. озеро использовалось для разведения водоплавающей птицы [3], поступление отходов птицефабрики привело к сильному загрязнению придонных слоев воды, сохраняющемуся до настоящего времени. Экосистема озера деградирована, характерны сильное загрязнение и гетеротрофный путь развития [4].

Для озер Паленое и Мазарское характерным антропогенным воздействием является рыболовство и рекреация. Озера Соленое и Паленое в 1970-х гг. испытали также воздействие пожаров в прибрежной лесной зоне.

Материалы и методы

Исследования проводились в летний период 1996-2000 гг. Физико-химические показатели исследовались по общепринятым методикам по 3 гидрофизическим и 14 гидрохимическим показателям, с привлечением специализированных научно-исследовательских ведомственных лабораторий. В последующем проводилась оценка качества воды и определение трофического статуса [10, 11].

Оценка качества воды проводилась по эколого-санитарной классификации качества поверхностных вод [12] с использованием интегрального рангового показателя (РП). Для сравнения использовались также ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Проводились исследования содержания тяжелых металлов в воде и донных отложениях озер заповедника методом атомно-адсорбционной спектроскопии [10, 11].

Результаты исследований

Река Большая Кокшага. Пробы воды в реке отбирались у мостов на входе в заповедник, у кордона в центре заповедника перед железнодорожным мостом и на выходе из заповедника. Прозрачность воды на первой станции достигала 2,0 м. Содержание в воде кислорода измерялось только на выходе и составляло 124%; pH воды изменялось от 8,4 до 7,6 (табл. 1). Тип воды – гидрокарбонатно-кальциевый. Сумма ионов изменялась в пределах 198-268 мг/л, что соответствует «малой» и «средней» минерализации. В соответствии с изменениями минерализации изменялись и значения удельной электропроводности воды (от 250 до 362 мкС/см). Общая жесткость изменялась в пределах 2,2-2,3 мг.экв/л («мягкая» вода).

Формула Курлова отражает химический состав воды поверхностного слоя озера следующим образом:

$$\text{M} \frac{\text{HCO}_3 \text{ 80 } \text{SO}_4 \text{ 13 } \text{Cl} \text{ 7}}{0,26 \text{ Ca } 62 \text{ Na } 30 \text{ Mg } 8}.$$

Концентрация аммония колебалась в пределах 0,08-0,16 мг/л (от «очень» до «вполне чистой»), нитритов от 0,00 до 0,01 мг/л (от «предельно» до «очень чистой»), нитратов от 3,91 до 5,67 мг/л (от «достаточно чистой» до «слабо загрязненной»), ортофосфатов от 0,09 до 0,12 мг/л (от «вполне» до «достаточно чистой»). Река характеризовалась повышенной окисляемостью, составлявшей 10,4-14,4 мгО/л, что соответствовало разрядам «слабо»-«умеренно загрязненной» (табл.2). РП на

Таблица 1

Физико-химические показатели водных объектов

Название водного объекта, глубина	Дата	Прозрачность, м	Цвет	Т, С°	pH	Содержание кислорода		БПК ₅ мгО/л	Взвешенные вещества, мг/л	SO ₄ , мг/л
						%	мг/л			
Оз. Солёное, поверхность	1998-2000	<u>0,3-0,92</u> 0,5	Зел.-кор.	<u>15,7-25,4</u> 20,7	<u>7,0-8,8</u> 7,6	<u>108-200</u> 136	<u>9,9-20,4</u> 13,3	<u>1,2-4329</u> 1446		<u>921-1289</u> 1070
Оз. Солёное, 18 м	1998-2000			<u>6,4-6,7</u> 6,5	<u>6,9-7,7</u> 7,4	0	<u>0,0-1,0</u> 0,3	<u>14-2617</u> 881,8		<u>3594-5643</u> 4575
Сток из оз.Солёное	1998-2000	-	-	-	7,2	-	-	-		366
Оз. Палёное	1996	-	Желт.	25,0	7,3	136	11,1	-		123
Оз. Мазарское	1996	0,18	Зелён	22,0	11,3	>200	>17,3	-		14
Оз. Шундоер	02.10.99	30		-	7,07		11,7	2,44	2,9	11,8
Оз. Капсино	1996-99	<u>30-70</u> 35		22,0	<u>7,3-9,3</u> 8,3	100->200	<u>9,3-17,3</u> 13,3	2,79	4,4	<u>9,8-23</u> 5,9
Оз. Капсино, 2,5 м	1996			22,0	9,0	176	15,3	-	-	28
Оз. Кошеер, поверхность	1996	3,00	Желт.	23,0	6,6	140	11,9	-	-	2
Оз. Кошеер, 19 м	1996			4,5	6,6	48	6,2	-	-	9
Оз. Шушьер, поверхность	1996	0,40	Желт.	22,8	9,7	192	16,4	-	-	23
Оз. Шушьер, 11,7 м	1996			7,0	6,9	48	5,8	-	-	-
Р. Б.Кокшага вход, выход, у кордона	1996	-	Зелен	21,0	<u>7,6-8,4</u> 8,0	124	10,9	-	-	<u>10-26</u> 18,7

Окончание таблицы 1

Название водного объекта, глубина	Cl, мг/л	NH ₄ , мг/л	NO ₂ , мг/л	NO ₃ , мг/л	PO ₄ , мг/л	Удельная электро-ть, мкС/см	HCO ₃ , мг/л	F, мг/л	Na+K, мг/л
Оз. Солёное, по- верхность	<u>188-880</u> 428	<u>0-1,6</u> 0,7	<u>0-0,005</u> 0,0022	<u>0-6,2</u> 3,2	<u>0-0,56</u> 0,14	<u>1069-2750</u> 1956	<u>84-263</u> 135		<u>268-737</u> 575
Оз. Солёное, 18 м	<u>52-1961</u> 1206	<u>2,8-133</u> 72,1	<u>0-0,005</u> 0,0025	<u>0,22-90</u> 35,4	<u>6,90-9,90</u> 8,30	<u>5800-9700</u> 8167	<u>671-1061</u> 896		<u>1525-3279</u> 1744
Сток из оз. Солёное	155	0,005	0,00	0,18	0,00	1121	123		225
Оз. Палёное	123	1,64	0,01	27,1	0,33	450	69,1		146
Оз. Мазарское	8,5	0,00	0,00	5,67	0,00	285	37		34
Оз. Шундоер	4,8	0,68	<0,005	0,31	0,028		73,2	<0,1	0,14
Оз. Капсино	<u>5,4-7,1</u> 6,3	<u>0,16-0,46</u> 0,31	<0,005	<u>1,4-4,9</u> 3,2	<u>0,03-0,09</u> 0,6	345	<u>122-158</u> 140	<0,1	<u>5-23</u> 14
Оз. Капсино, 2,5 м	7,1	0,18	0,00	4,1	0,10	350	131,6		27
Оз. Кошеер, поверх- ность	1,1	0,08	0,00	23,6	0,00	19,5	4,7		0
Оз. Кошеер, 19 м	1,1	0,75	0,03	14,9	0,43	29,0	6,3		0
Оз. Шушьер, по- верхность	2,5	0,05	0,00	4,92	0,00	180	72,3		16,9
Оз. Шушьер, 11,7 м	3,5	4,25	0,00	7,79	2,41	230	119,4		-
Р. Б. Кокшага	<u>2,5-7,7</u> 4,0	<u>0,08-0,16</u> 0,12	<u>0,00-0,01</u> 0,00	<u>3,9-5,7</u> 4,6	<u>0,09-0,12</u> 0,10	<u>250-362</u> 324	<u>135-165</u> 153		<u>6,8-27,8</u> 19,6

Таблица 2

Оценка качества воды водных объектов

Название водного объекта, глубина	Перманганатная окисляемость, мг О/л	Жесткость, мг*экв/л	Класс качества воды	Ранговый показатель эколого-санитарной классификации
Оз. Солёное, поверхность	<u>33,3-54,8</u> 45,3	<u>4,8-15,0</u> 6,5	Загрязненная	4,1
Оз. Солёное, 18 м	<u>180,4-354,2</u> 240	<u>34,9-58,7</u> 46,2	Очень грязная	6,3
Сток из оз. Солёное	45,4	4,9	Чистая	2,1
Оз. Палёное	16,8	1,4	Загрязненная	4,9
Оз. Мазарское	33,6	1,9	Загрязненная	4,3
Оз. Шундоер		1,9	Очень грязная	6,0
Оз. Капсино	20,0	<u>2,2-2,8</u> 2,5	Загрязненная	3,8
Оз. Капсино, 2,5 м	20,8	2,1	Загрязненная	3,7
Оз. Кошеер, поверхность	11,2	0,3	Чистая	2,6
Оз. Кошеер, 19 м	11,2	1,7	Очень грязная	5,6
Оз. Шушьер, поверхность	20,8	1,4	Загрязненная	3,9
Оз. Шушьер, 11,7 м	36,8	1,6	Очень грязная	6,4
Р. Б.Кокшага	<u>10,4-14,4</u> 12,3	<u>2,2-2,3</u> 2,2	Загрязненная	<u>3,0-3,6</u> 3,3

входе составил 3,6 («достаточно чистая», эвтрофный тип), у кордона 3,4 («достаточно чистая», эвтрофный тип), на выходе 3,0 («вполне чистая, мезотрофный тип»). Учитывая, что р. Б.Кокшага на входе в заповедник имеет большее значение РП (3,6), чем на выходе (3,0), можно говорить о процессе самоочищения реки при прохождении через территорию заповедника. В излучинах и заводях реки, по-видимому, происходит накопление биогенных и органических веществ и самоочищение за счет макрофитов, что визуально подтверждается массовым развитием крупных форм макрофитов на участках со «спокойным» течением, в том числе таких показателей природных эвтрофных вод, как кубышка желтая, кувшинка белая, рдесты и др.

Озеро Шушьер в период исследований характеризовалось невысокой прозрачностью, равной 0,4 м; значение рН воды на поверхности достигало 9,7, у дна – 6,9. Насыщение воды поверхностного слоя кислородом достигало 192%, придонного – 48%. Высокие значения рН и содержания кислорода в поверхностном слое свидетельствуют об интенсивном процессе фотосинтеза. Тип воды (в поверхностном слое) был определен как гидрокарбонатный, среди катионов преобладали ионы кальция. Сумма ионов составляла 159 мг/л («малая» минерализация). Общая жесткость составила 1,4-1,6 мг.экв/л («очень мягкая»-«мягкая» вода).

Формула Курлова отражает химический состав воды поверхностного слоя озера следующим образом:

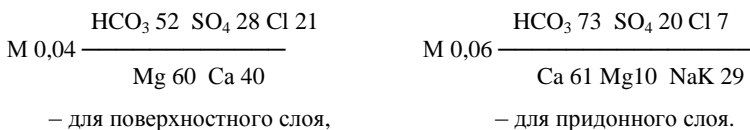
$$M\ 0,16 \frac{HCO_3\ 68\ SO_4\ 28\ Cl\ 4}{Ca\ 65\ Mg\ 27\ Na\ 8}.$$

Содержание аммония составляло 0,05 и 4,25 мг/л (1,8 ПДК) на поверхности и у дна, соответственно, нитриты не были обнаружены, концентрация нитратов составляла 4,92 и 7,79 мг/л, содержание ортофосфатов – 0,00 и 2,41 мг/л, значения окисляемости достигали 20,8 и 36,8 мгО/л (высокая и очень высокая окисляемость). По содержанию нитритов, а также ортофосфатов, аммония и растворенного кислорода в поверхностном слое водоем можно отнести к разряду «предельно чистых»; по величине прозрачности и содержанию нитратов на поверхности он характеризовался как «слабо загрязненный»; по содержанию растворенного кислорода в придонном слое – как «сильно загрязненный»; по содержанию аммония, нитритов, ортофосфатов в придонном слое и значениям перманганатной окисляемости – как «весьма» и «предельно грязный» (табл. 1, 2). Средний РП на поверхности составил 3,9 («достаточно чистая» вода, эвтрофный тип), у дна – 6,4 («умеренно загрязнен-

ная» вода, политрофный тип). Превышений ПДК по содержанию тяжелых металлов в компонентах среды не обнаружено (табл. 3).

Озеро Кошеер. Сплавинное озеро Кошеер в период исследований характеризовалось высокой прозрачностью вод, равной 3,0 м, очень низкой удельной электропроводностью, составляющей на поверхности 19,5 мкС/см, а у дна (18 м) – 29,0 мкС/см. Тип воды поверхностного слоя определялся как гидрокарбонатный, придонного (19 м) – как сульфатный. Среди катионов преобладал магний. Сумма ионов составляла в поверхностном слое 36,8 мг/л, а в придонном – 59,8 мг/л: обе величины соответствуют очень малой минерализации. Содержание растворенного кислорода достигало у поверхности 140%, у дна – 48%, активная реакция среды равнялась 6,6. Общая жесткость воды поверхностного слоя составляла 0,3 мг.экв/л («очень мягкая»), придонного слоя – 1,7 мг.экв/л («мягкая»). Содержание кальция составляло 4,2 и 16,8 мг/л, магния – 1,1 и 10,5 мг/л, гидрокарбонатов – 4,7 и 6,3, сульфатов – 2 и 9 мг/л, хлоридов – 1,12 мг/л на поверхности и у дна соответственно (табл. 1).

Формула Курлова по химическому составу озера:



Содержание аммония равнялось 0,08 и 0,75 мг/л; содержание нитритов – 0,00 и 0,03 мг/л; нитратов – 23,6 и 14,9 мг/л; ортофосфатов – 0,00 и 0,43 мг/л у поверхности и у дна, соответственно. Водоем характеризовался повышенной окисляемостью, составляющей 11,2-42,0 мгО /л. Прозрачность, pH и содержание аммония, нитритов, растворенного кислорода и ортофосфатов в поверхностном слое характеризовали водоем как «предельно чистый» и «очень чистый»; значения перманганатной окисляемости и содержание аммония, ортофосфатов и растворенного кислорода в придонном слое соответствовали разрядам «умеренно» и «сильно загрязненной» воды; содержание нитратов соответствовало разрядам «весьма» и «предельно грязной» воды. Средний РП (табл. 2), рассчитанный для поверхностного слоя, составлял 2,8 (разряд «вполне чистая», мезотрофная); для придонного слоя – 5,6 («умеренно загрязненная» вода, политрофный тип). Превышений ПДК по содержанию тяжелых металлов в компонентах среды не обнаружено (табл. 3).

Озеро Капсина. Небольшое озеро Капсина характеризуется небольшой прозрачностью воды, равной 0,7-0,8 м и желтовато-коричневым

Таблица 3

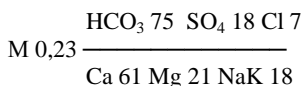
Содержание загрязняющих веществ в воде водных объектов

Название водного объекта, глубина	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Fe, мг/л	Cr, мг/л	Cu мг/л	Zn мг/л	Mn мг/л	Pb мг/л
Оз. Солёное, поверхность	<u>51-140</u> 116	<u>4-97</u> 36	0,029	0,076	0,0006	0,001	0,003	<0,002
Оз. Солёное, 18 м	<u>340-674</u> 513	<u>218-304</u> 251						
Сток из оз. Солёное	32	41						
Оз. Палёное	23,6	2,7	0,019	<0,001	0,0003	0,005	0,032	<0,002
Оз. Мазарское	31,9	3,7	0,026	<0,001	0,0009	0,062	0,016	<0,002
Оз. Шундоер	28,1	6,1		0,003	0,025	<0,0050	<0,01	0,124
Оз. Капсино	<u>33-38</u> 35	<u>3,8-10,9</u> 7,4	0,110	<0,002	0,006	0,028	<0,01	0,004
Оз. Капсино, 2,5 м	36	3,6						
Оз. Кошеер, поверхность	4,2	1,1	0,033	<0,001	<0,0001	0,031	0,042	<0,002
Оз. Кошеер, 19 м	16,8	10,5						
Оз. Шушьер, поверхность	22,7	5,7		0,003	0,0001	<0,001	0,004	<0,002
Оз. Шушьер, 11,7 м	27,8	2,6						
Р. Б.Кокшага	<u>29,5-40,4</u> 36,5	<u>2,7-8,9</u> 5,0	<u>0,011-</u> <u>0,051</u> 0,036	<0,001	0,0002	0,001	0,001	<0,002

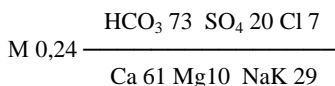
Окончание таблицы 3

Название водного объекта, глубина	Дата	Al, мг/л	Нефтепродукты мг/л	Р об. мг/л	Фенолы мг/л	H ₂ S мг/л	СПАВ мг/л	Минерализация, мг/л	CO ₂ , мг/л
Оз. Солёное, по- верхность	1998-2000							<u>2032-2873</u> 2367	920
Оз. Солёное, 18 м	1998-2000							<u>6921-13124</u> 9683	8708
Сток из оз. Солёное	1998-2000							942	-
Оз. Палёное	1996							525	146
Оз. Мазарское	1996							134	34
Оз. Шундоер	1999	0,128	0,03	0,042	<0,001	<0,05	<0,01	126,4	11,54
Оз. Капсино	1996-99	0,065	0,03	0,049	<0,001	<0,05	<0,01	<u>229-233</u> 231	<u>15-23</u> 19
Оз. Капсино, 2,5 м	1996							240	27
Оз. Кошеер, по- верхность	1996							37	0
Оз. Кошеер, 19 м	1996							60	0
Оз. Шушьер, по- верхность	1996							159	16,9
Оз. Шушьер, 11,7 м	1996							-	-
Р. Б.Кокшага	1996							<u>198-268</u> 242	<u>6,8-27,8</u> 19,6

цветом воды (табл. 1). Ранее озеро подвергалось заилению в результате гидротехнических работ в пойме р. Б.Кокшага. Возможно, что невысокая прозрачность воды и повышенные значения окисляемости, равные у дна и у поверхности 20 мгО/л, связаны с этим воздействием. Содержание кислорода в толще воды составляло 176-200%. Тип воды – гидрокарбонатно-кальциевый, вода характеризуется как мягкая. По сумме ионов, равной 233,9 мг/л, минерализацию можно определить как «среднюю». Содержание сульфатов и хлоридов незначительно. Формула Курлова отражает химический состав воды озера следующим образом:



– для поверхностного слоя,



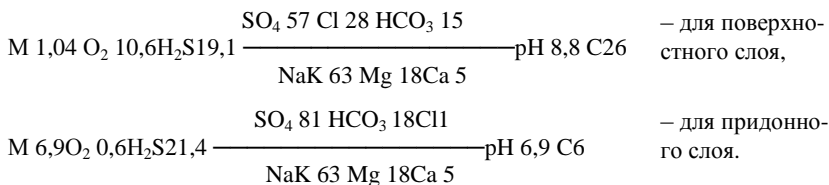
– для придонного слоя.

Аммонийный азот в воде озера находился в концентрации 0,46 мг/л, что превышает ПДК для рыбохозяйственных целей в 1,2 раза и относит качество воды к классу «удовлетворительной чистоты», разряду «слабо загрязненной». Содержание нитритов, меньше 0,005 мг/л, не превышает ПДК и относит качество воды ко второму классу чистоты – «чистая», разряду 2 «б» – «вполне чистая». Содержание нитратов и фосфатов ПДК также не превышало ПДК. При оценке качества воды средний РП составил 3,7, что соответствует классу «чистая» вода, разряду «вполне чистая». Трофический статус озера по гидрохимическим показателям – мезотрофный (табл. 2). За период исследования (1996-1999 гг.) качество воды в озере колебалось от класса «чистая», мезотрофного состояния до класса «удовлетворительной чистоты» и эвтрофного состояния. Отрицательных тенденций в физико-химическом состоянии воды озера не обнаружено.

В отношении загрязняющих веществ укажем, что анализы на присутствие в воде озера нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, сероводорода отметили концентрации, не превышающие предельно допустимых. Анализ воды на содержание тяжелых металлов (ТМ) дал следующие результаты: по хрому, марганцу и свинцу превышений значений ПДК не отмечалось, а по меди и цинку наблюдалось превышение ПДК в 6 и 2,8 раз, соответственно (табл. 3). Превышение ПДК по ТМ отмечалось для биогенных элементов, присутствие в воде которых в большей мере обусловлено жизнедеятельностью гидробионтов и прибрежной растительности. В целом, концентрации ТМ в воде озера значительно ниже данных по региону.

Озеро Соленое резко отличается по своим гидрохимическим показателям от всех остальных исследованных озёр. Название этого уникального водоема весьма точно отражает ионный состав, совсем не характерный для вод региона. Отсутствие перемешивания в период летней стратификации привело к тому, что основные характеристики и тип воды в поверхностном слое резко отличались от таковых в придонном (глубина 18 м) слое (табл. 1). На поверхности удельная электропроводность составляла 1069-2750 мкС/см, в придонном слое – 5800-9700 мкС/см, т.е. озеро относится к стратифицированным полигалинным водоемам.

Эти значения согласуются с величинами общей минерализации воды, которая для поверхностного слоя составляет 2-2,8 г/л, для придонного – 6,9-13,1 г/л. При этом концентрация сульфатов на поверхности невелика: в среднем 1070 мг/л при концентрации у дна до 4575 мг/л. Содержание гидрокарбонатов очень различно – от 135 мг/л на поверхности до 896 мг/л в среднем у дна. Концентрация хлорид-ионов на порядок выше таковых значений в других водоёмах: до 429 мг/л у поверхности и 1206 мг/л – у дна. Химический состав воды соответствует сульфатно-натриевому. Вода озера характеризуется как жёсткая в поверхностном слое и очень жёсткая в придонном слое. Полная формула Курлова отражает химический состав воды озера следующим образом:



Следует отметить, что в 1970-х гг. для озера отмечались меньшие значения минерализации, не наблюдалась такая резкая стратификация [8], что указывает на последствия антропогенного воздействия.

Вода озера характеризовалась небольшой прозрачностью, равной 0,8 м. Крайне неблагоприятен газовый режим озера. У поверхности содержание кислорода составляло в среднем 136%, у дна наблюдался его дефицит. Содержание углекислого газа в воде поверхностного слоя составляло 14,3 мг/л, на глубине 18 м – 257 мг/л (1996 г.). Такое высокое содержание углекислого газа может быть следствием не только процессов гниения и брожения (об интенсивности которых свидетельствует чрезвычайно высокая окисляемость воды), но и геохимических процес-

сов. Следствием такого высокого содержания углекислого газа является концентрация гидрокарбонатов, достигающая в придонном слое 1070 мг/л. В воде озера отмечалось крайне высокое содержание сероводорода – до 248 мг/л у дна. Огромное количество сероводорода связано с интенсивными процессами разложения органического вещества, накопившегося в водоёме во время его использования в птицеводческих целях. Разложение органических веществ, по-видимому, сопровождается биохимическими процессами, связанными с восстановлением сульфатных вод.

Вода озера характеризуется высоким содержанием соединений биогенных элементов (табл. 1). Так, например, отмечалось содержание ионов аммония в придонном слое, равное 93,6 мг/л (187 ПДК), при этом на поверхности концентрация аммония составляла 1,15 мг/л (2,3 ПДК). Содержание нитратов составляло 12,4 и 89,5 мг/л (2,2 ПДК) на поверхности и на дне, соответственно; содержание ортофосфатов, равное на поверхности 0,01 мг/л, в придонном слое достигало 12,45 мг/л. Перманганатная окисляемость составляла на поверхности 27,2 мгО /л (высокая), у дна – 324 мгО /л (очень высокая), что свидетельствует об очень большой концентрации в воде органических веществ. ХПК придонного слоя воды составляло до 137 мгО/л, БПК₅ – от 14,0 до 4329 мгО/л (4,5-1200 ПДК). Содержание общего фосфора составляет 0,18 мг/л у поверхности и 2,5 мг/л у дна, в то время как значение в 0,3 мг/л для глубоководных озёр считается уже критическим при эвтрофировании. Прозрачность воды, pH и содержание нитритов характеризовали воду как «предельно чистую» и «очень чистую», содержание в придонном слое аммония, нитратов, ортофосфатов и значения перманганатной окисляемости на поверхности и у дна характеризовали воду как «предельно грязную». Отмечалось содержание сульфатов, равное 1272 мг/л (12,7 ПДК) и 8211 мг/л (82 ПДК), хлоридов – 587 мг/л (2 ПДК) и 7060 мг/л (23 ПДК) на поверхности и у дна соответственно (табл. 1). Средние РП в поверхностном слое составляли 3,9-6,3 (табл. 2) от «достаточно чистой» до «загрязнённой», эвтрофный тип). Придонный слой по ряду показателей соответствует разряду «предельно грязных вод», представляя собой мёртвую сероводородную зону.

Необходимо напомнить, что озеро подвергалось таким видам антропогенного воздействия как зарыбление и птицеводство. Именно с этим, а также с процессами естественного старения и заболачивания озера, связано накопление такого большого количества органических веществ и гетеротрофный путь развития экосистемы этого уникального солоноватоводного водоема [4, 6].

Озеро Паленое, расположенное в нескольких километрах от оз. Соленое, резко отличается по физико-химическим показателям от предшествующего водоема. Вода его в период исследований относилась к хлоридному типу, среди катионов преобладал натрий в сумме с калием. Сумма ионов составляла 520 мг/л, что по классификации О.А. Алекина соответствует повышенной минерализации. Общая жесткость составляла 1,4 мг.экв/л, характеризуя воду как «очень мягкую». Содержание растворенного кислорода составляло 136%, величина pH – 7,3, содержание углекислого газа – 14,3 мг/л, сульфатов – 127 мг/л (1,3 ПДК), хлоридов – 123 мг/л (табл. 1). Формула Курлова отражает химический состав воды поверхностного слоя озера следующим образом:

$$\text{M } 0,53 \quad \frac{\text{Cl } 48 \text{ SO}_4 \text{ 37 HCO}_3 \text{ 15}}{\text{NaK } 81 \text{ Ca } 16 \text{ Mg } 3}.$$

Концентрация аммония составляла 1,64 мг/л (3,3 ПДК, разряд «сильно загрязненной»), концентрация нитритов – 0,01 мг/л («очень чистая»), нитратов – 27,1 мг/л («предельно грязная»), ортофосфатов – 0,33 мг/л («умеренно загрязненная»), значение окисляемости составляло 16,8-42,0 мгО/л («повышенная»; разряд «сильно загрязненной»). Средний РП был равен 4,9, что соответствует разряду «слабо загрязненной» воды, эвтрофному типу (табл. 2). Хозяйственное воздействие на водоем, выражающееся в виде интенсивного рыболовства, не оказывает заметного влияния на водоем.

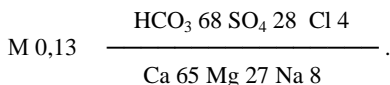
Озеро Мазарское. Мелководное, расположенное в пойме р. Б.Кокшага характеризовалось в период исследований очень низкой прозрачностью воды, равной всего 0,18 м, большой насыщенностью кислородом поверхностного слоя, превышающей 200%; очень высоким значением pH, достигающим 11,3. Указанные факты свидетельствуют о «цветении» воды, что определялось и визуально. Тип воды – сульфатно-магнийевый. Сумма ионов составляла 134 мг/л, что соответствует малой минерализации. Общая жесткость равнялась 1,9 мг.экв/л («мягкая» вода). Формула Курлова отражает химический состав воды поверхностного слоя озера следующим образом:

$$\text{M } 0,33 \quad \frac{\text{SO}_4 \text{ 55 Cl } 45}{\text{Mg } 57 \text{ Ca } 43}.$$

Аммоний, нитриты и ортофосфаты не были обнаружены, и по этим показателям воду озера можно было охарактеризовать как «предельно чистую», содержание нитратов составляло 5,67 мг/л, что соответствует

разряду «слабо загрязненных». Величины окисляемости достигали 33,6-42,0 мгО/л («очень высокая»), что характеризовало водоем как «предельно грязный». Высокое содержание органических веществ в воде при отсутствии минеральных соединений азота и фосфора свидетельствуют об интенсивности процессов фотосинтеза, сопровождающихся поглощением из воды соединений биогенных элементов. Средний РП был равен 4,3, что соответствует «достаточно чистой» воде, тип водоема – эвтрофный (табл. 1, 2).

Озеро Шундоер. Вода озера характеризовалась прозрачностью, равной 0,8 м, и желтовато-коричневым цветом воды (табл. 1). Содержание растворенного кислорода в поверхностном горизонте составляло 11,71 мг/л. Тип воды озера – гидрокарбонатный, среди катионов преобладают магний и кальций. Сумма ионов составляет 126,4 мг/л, что соответствует очень малой минерализации. Общая жесткость воды составляла всего 1,9 мг.экв./л, что характеризует воду озера как «мягкую». Формула Курлова по химическому составу воды поверхностного слоя озера следующая:



Содержание нитритов и нитратов в воде озера значений ПДК не превышало. Содержание ортофосфатов, равное 0,028 мг/л, характеризует качество воды 2 классом («чистая» 0, разрядом 2 «б» – «вполне чистая»). Содержание аммонийного азота составляло 0,68 мг/л, что превышало значения ПДК в 1,7 раз (табл. 2). Оценка качества воды озера по ранговому показателю (средний РП составил 3,17) дает 2 класс «чистая» и разряд 2 «б» «вполне чистая». Трофический тип водоема – мезотрофный.

За период исследования качество воды в озере менялось от класса «чистая» разряда «вполне чистая» до класса «удовлетворительной чистоты» разряда «достаточно чистая». По физико-химическим показателям уровень трофности озера находится в переходном состоянии от мезо- к эвтрофному. Отрицательных тенденций в состоянии воды озера Шундоер не обнаружено.

Анализ на присутствие в воде озера нефти, нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, сероводорода отметил концентрации, не превышающие предельно допустимых. Анализ на содержание в воде озера ТМ показал отсутствие превышений ПДК по марганцу, цинку и хрому, а по содержанию свинца и меди отмечаются превышения таковых в 4,13 и 25 раз, соответственно. Превышение ПДК по ТМ отмечалось для биогенных

элементов, присутствие в воде которых в большей мере обусловлено жизнедеятельностью гидробионтов и растительности. В целом, концентрации ТМ в воде озера Шундоер (табл. 3) также значительно ниже данных по региону.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования можно проанализировать с точки зрения общей характеристики физико-химических показателей, оценки качества воды и содержания загрязняющих веществ.

В отношении гидрофизических показателей выявлено, что вода р. Б.Кокшага характеризовалась цветом вод от светло-зеленого до желтоватого, а вода всех исследованных озер имела желтоватый оттенок. Исключением являлось озеро Мозарское, вода которого по причине сильного цветения имела зеленый цвет. Вода поверхностного слоя оз. Соленое имела интенсивный желтый цвет; на глубине она приобретает темно-коричневый цвет. Таким же цветом характеризовалась вода этого озера и в 1964 г., что объяснялось поступлением болотных вод и разложением растительных остатков [3].

Прозрачность воды в озерах колебалась от 0,18 м (оз. Мазарское) до 3,0 м (оз. Кошаер), но на большинстве водоемов не превышала 1,0 м.

Все изученные озера стратифицированы. Цвет и прозрачность воды определенным образом влияют на нагревание водной массы. Н.И. Воробьев, установивший связь температурного скачка с прозрачностью воды для озер РМЭ, выделял три группы озер: с прозрачностью менее 1 м; с прозрачностью от 1 до 3 м; с прозрачностью более 3 м [2]. У озер с прозрачностью менее 1 м температура воды плавно понижается с глубиной, что было характерно для озер Соленое и Шушьер. Для озер с прозрачностью от 1 до 3 м температурный скачок выражен очень отчетливо и, как правило, приурочен к границе прозрачности, что было характерно для температурного режима оз. Кошеер.

В отношении биогенных элементов следует иметь в виду, что их содержание в воде может претерпевать значительные сезонные колебания, связанные с изменением гидрохимического и гидрологического режимов, периодом вегетации растений; для более детальной оценки нужны сезонные исследования.

В отношении качества воды выявлено, что наиболее чистыми из исследованных озер можно признать озера Кошеер и Капсино, наиболее загрязненными – озера Соленое и Шушьер, для которых было характерно значительное антропогенное воздействие в прошлом.

Содержание тяжелых металлов в воде изучаемых водоемов в целом не превышают ПДК (табл. 3) и колеблются в пределах: железо – от 0,011 мг/л на реке Б. Кокшага у кордона Шимаево до 0,11 мг/л, в оз. Капсино; цинк – от 0,0005 мг/л на р. Б. Кокшага на входе в заповедник, у кордона и на оз. Шушер до 0,062 мг/л в воде оз. Мазарское; хром – от 0,0005 мг/л на оз. Паленое, на р. Б.Кокшага на выходе из заповедника, до 0,004 мг/л на р. Б.Кокшага на входе в заповедник; свинец – от 0,001 мг/л до 0,002 мг/л; стронций – от 0,0005 мг/л на р. Б.Кокшага до 0,005 мг/л на оз. Паленое; никель – от 0,0005 мг/л на р. Б.Кокшага на выходе из заповедника до 0,01 мг/л на оз. Паленое; медь – от 0,0005 мг/л на оз. Кошеер до 0,0008 мг/л на оз. Мазарское; марганец – от 0,0005 мг/л на р. Б.Кокшага на входе и на выходе из заповедника до 0,042 мг/л на оз. Кошеер.

В целом ситуация по водным объектам в заповеднике «Большая Кокшага» и его охранной зоне неоднородная.

Река Большая Кокшага по химическому составу воды относится к гидрокарбонатному типу кальциевой группы. Вода реки обладает малой и средней минерализацией, мягкая. Свойственна повышенная окисляемость. Анализ проб из разных мест позволяет говорить об идущих процессах самоочищения при прохождении реки по территории заповедника (на входе качество воды «достаточно чистая», эвтрофного типа, на выходе – «вполне чистая», мезотрофного типа).

Озеро Шушьер имеет типичный для водоемов Среднего Поволжья состав воды и относится к гидрокарбонатному типу кальциевой группы. Вода озера отличается малой минерализацией, является очень мягкой на поверхности и мягкой на дне. Превышение ПДК отмечено только по содержанию аммонийного азота, а также на поверхности и в придонных слоях; вода озера отличалась высокой и очень высокой окисляемостью. Качество воды отличается на поверхности («достаточно чистая», эвтрофная) и в придонном слое («умеренно-загрязненная», водоем политрофного типа). Превышений ПДК по содержанию ТМ не обнаружено.

Озеро Кошеер по химическому составу воды является неоднородным на поверхности (гидрокарбонатного типа кальциевой группы) и в придонных слоях (сульфатного типа магниевой группы). Вода отличается очень малой минерализацией, относится к категории очень мягких и мягких в придонном слое. Наблюдалось превышение ПДК по аммонийному азоту в 1,5 раза, были свойственны повышенные значения окисляемости. Превышений ПДК по ТМ не выявлено.

Озеро Капсино имеет гидрокарбонатный тип воды кальциевой группы средней минерализации, характеризуется мягкой водой. Свойствен-

ны высокие значения окисляемости. Качество воды относит воду озера к разряду «достаточно чистая», эвтрофного типа. Превышений ПДК по загрязняющим веществам не обнаружено.

Говоря об озере Соленое, следует подчеркнуть его уникальность, прежде всего по ионному составу, который не характерен для водоемов изучаемого региона. Так, вода поверхностного слоя относится к сульфатному, а придонного – к хлоридному типам. Сумма ионов поверхностного слоя характеризует водоем как солоноватоводный, а сумма ионов придонного слоя – как соленый. На поверхности вода жесткая, а в придонном слое – очень жесткая. В озере отмечено высокое содержание углекислого газа в придонном слое вследствие идущих процессов гниения, брожения, а также геохимических процессов. Так как озеро имеет уникальный ионный состав, то применение пресноводных рыбохозяйственных нормативов для данного водоема в отношении ионного состава некорректно, так как по ним отмечается превышение ПДК по сульфатам в 12,7-82 раза (соответственно, дно и поверхность), по хлоридам в 2-23 раза, по содержанию ионов кальция – в 2,7 раз (на дне), магний – в 4,5 раз (также на дне). С другой стороны, по загрязняющим, органическим и биогенным веществам также отмечаются превышения, но последнее связано не с уникальными особенностями, а с последствиями прошлого антропогенного воздействия. Так, выявлены превышения ПДК по аммонийному азоту в 2,3-187 раз, по нитратному азоту в 2,2 раза (на дне). Кроме того, в воде озера отмечаются высокие концентрации ортофосфатов на дне, высокая окисляемость на поверхности и очень высокая – в придонных слоях. Оценка качества воды неоднозначна, в среднем, качество воды в поверхностном слое соответствует качеству «достаточно чистая», эвтрофному типу, а в придонном слое – качеству «сильно загрязненная», полиэвтрофного типа.

В озере Паленое тип воды также является не характерным для озер изучаемого региона, и соответствует хлоридному, натриево-калиевой подгруппы. Водоему свойственна повышенная минерализация, превышение ПДК по сульфатам (в 1,3 раза) и аммонийному азоту (в 3,3 раза). Вода озера является очень мягкой, с повышенной окисляемостью. Общая характеристика качества воды – «слабо загрязненная», тип водоема – эвтрофный. Превышение ПДК по тяжелым металлам в воде не обнаружено.

Озеро Мазарское имеет гидрокарбонатный тип воды кальциевой группы, обладает малой минерализацией, мягкой водой. Превышений ПДК по определяемым химическим элементам обнаружено не было, но в воде озера свойственна очень высокая окисляемость. Качество воды в

озере – «достаточно чистая», тип водоема – эвтрофный. Превышений по тяжелым металлам в компонентах водной среды (как в воде, так и в донных отложениях) отмечено не было.

Выводы

1. Физико-химическое исследование выявило, что водные объекты заповедника и его охранной зоны можно условно разделить на две группы: высокоминерализованные и с характерным для Среднего Поволжья типом воды.

2. Высокоминерализованные водоемы (озера Соленое и Паленое) обладают хлоридным типом воды натриево-калиевой группы или сульфатным типом, вода может быть от «очень жесткой» до «очень мягкой».

3. Другая группа водоемов – озера Кошеер, Шушьер, Капсино, Мазарское, а также р. Большая Кокшага, обладают гидрокарбонатным типом воды кальциевой группы, и вода в них может быть от «очень мягкой» до «мягкой».

4. Общим для всех водоемов являются высокие значения окисляемости – от повышенной до очень высокой, что свидетельствует о наличии больших концентраций органических веществ (преимущественно автохтонного происхождения) и идущих процессах эвтрофирования (в основном, естественного) в водных объектах заповедника.

5. Исследования цвета, прозрачности и температурного режима (оз. Кошеер, Шушьер и Соленое) позволили разделить водоемы на две группы: 1) с прозрачностью менее 1 м, в которых температура воды плавно понижается с глубиной (оз. Соленое и Шушьер); 2) с прозрачностью от 1 до 3 м с четко выраженным температурным скачком, приуроченным к границе прозрачности (оз. Кошеер).

6. По качеству воды наиболее чистыми из исследованных озер можно назвать Кошеер и Капсино, а наиболее загрязненными – озера Соленое и Шушьер.

Библиографический список

1. Борисов А.С., Нигметзянова А.Р., Нургалиев Д.К. Озерные котловины и мощность донных отложений по данным сейсмоакустических исследований // Уникальные экосистемы солончатоводных карстовых озер Среднего Поволжья. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 2001, с. 73-76.
2. Лаптева Н.Н. Некоторые морфометрические показатели для одиннадцати озер Западной части МАССР // Вопросы географии Среднего Поволжья. – Казань, 1964, с. 102-110.

3. Лаптева Н.Н., Ступишин А.В. Карстовые озера Марийской АССР // Вопросы геоморфологии Среднего Поволжья. Вып. 5-6. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 1968, с. 20-40.
4. Мингазова Н.М. Особенности структурно-функциональной организации и развития экосистем уникальных солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья // Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 2001, с. 233-241.
5. Мингазова Н.М., Аладин Н.В. Гидрологический режим и уникальные свойства солоноватоводных карстовых озер // Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 2001, с. 25-39.
6. Мингазова Н.М., Унковская Е.Н., Павлова Л.Р. Минерализация, ионный состав и химические показатели воды солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья // Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья. – Казань: изд-во Казан. ун-та, 2001, с. 44-69.
7. Летопись природы / Марийский государственный заповедник. Книга 4, 1972.
8. Озера Среднего Поволжья. – Л.: Наука. 1976. 236 с.
9. Отчет о НИР: Оценка состояния водных объектов заповедника «Большая Кокшага» / Экологический факультет КГУ. Научный руководитель Мингазова Н.М. – Казань, 1997. 295 с.
10. Отчет о НИР: Оценка состояния водных объектов заповедника «Большая Кокшага» (по результатам изучения за 1997 год) / Экологический факультет КГУ. Научный руководитель Мингазова Н.М. – Казань, 1997. 102 с.
11. Отчет о НИР: Оценка состояния водных объектов заповедника «Большая Кокшага» (по результатам изучения за 1999 год) / Экологический факультет КГУ. Научный руководитель Мингазова Н.М. – Казань, 2000. 85 с.
12. Романенко В.Д., Окснюк О.А., Жуинский В.Н., Стольберг В.Ф., Лаврик В.И. и др. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты. – Киев: Наукова думка, 1990. 295 с.

PHYSICOCHEMICAL INVESTIGATION OF WATER BODIES IN THE «BOLSHAYA KOKSHAGA» RESERVE

N.M. Mingazova, L.R. Pavlova, O.V. Palagushkina,
O.Yu. Derevenskaya, V.I. Stryukov

Physicochemical investigation of water bodies in the «Bolshaya Kokshaga» reserve were carried out by the Laboratory for Water Ecosystems Optimization of the Ecological Faculty in Kazan State University in the spring and autumn in seasons 1996-2000. The waters of the Bolshaya Kokshaga and eight lakes of the reserve and its conservation zone were examined according to 3 hydrophysical and 14 hydrochemical characteristics, followed by water quality assessment and trophic level estimation. The presence of heavy metals in the water and bottom sediment were also a part of investigation.