

УДК 540.42:57.4(571.1)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

О.Г. Савичев, О.А. Камнева

Томский политехнический университет
E-mail: OSavichev@mail.ru

Приведены результаты оценки эколого-геохимического состояния подземных вод верхней гидродинамической зоны на территории Томской области по данным режимных наблюдений на 12 скважинах государственной наблюдательной сети. Приведено обоснование природного генезиса повышенных значений перманганатной окисляемости и концентраций соединений железа и иона аммония в подземных водах региона. Выполнен анализ пространственных изменений химического состава подземных вод неоген-четвертичного и палеогенового водоносных комплексов. Показано, что эти изменения имеют хорошо выраженный зональный характер и в плане коррелируют с пространственными изменениями интенсивности водообмена.

Ключевые слова:

Подземные воды, верхняя гидродинамическая зона, гидрохимия, Томская область.

Key words:

Groundwater, the upper hydrodynamic zone, water chemistry, Tomsk region.

Введение

В последние десятилетия все большее беспокойство вызывает состояние природных вод, которые не только являются важным источником водоснабжения населения и промышленности, но и определяют уклад жизни и здоровье населения. Загрязнение и истощение водных объектов стало важнейшей причиной возникновения кризисных водохозяйственных и экологических ситуаций во многих регионах мира и поставило ряд фундаментальных проблем перед современной геоэкологией, гидрологией, гидрогеологией, гидрохимией и гидробиологией. Одной из наиболее важных среди них является проблема оценки современного эколого-геохимического состояния подземных вод и выявления закономерностей его пространственных изменений. В рассматриваемой работе эта проблема рассмотрена на примере подземных вод верхней гидродинамической зоны на территории Томской области, расположенной в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины, в среднем течении р. Обь.

Исходной информацией послужили результаты режимных гидрогеологических наблюдений, выполняемых с середины 1960-х гг. до 1996 г. в Томской геолого-разведочной экспедицией (ТГРЭ), а после 1996 г. – ОАО «Томскгеомониторинг» в рамках государственного мониторинга геологической среды в Томской области, в частности, и Сибирском федеральном округе, в целом. Методика ведения наблюдений за уровнями подземных вод определялась нормативными документами бывшего Министерства геологии СССР, а затем Министерства природных ресурсов России и в течение всего периода принципиально не менялась. Определенные гидрохимических показателей выполнялось в аккредитованных лабораториях ТГРЭ и ОАО «Томскгеомониторинг» по аттестованным методикам. Выбор пунктов наблюдений выполнен, исхо-

дя из условия минимальной антропогенной нагрузки на окружающую среду в районе размещения скважин, приуроченности к наиболее характерным водоносным горизонтам и комплексам и наличия длительных наблюдений. Схема расположения пунктов наблюдений приведена на рис. 1, а краткое описание – в табл. 1.

Таблица 1. Общая характеристика объектов исследований

Номер пункта (рис. 1)	Номер скважины	Населенный пункт	Возраст водоносных комплексов	Средняя глубина, м	Количество наблюдений
1	124р	с. Александровское	Q _{III}	9,00	62
2	100р	г. Колпашево	Q _{IV}	4,30	80
3	118р	с. Усть-Озёрное	Q _{II} tb	16,45	61
4	113р	п. Белый Яр	N ₁ +Q _{II} +Q _{II} tb	6,85	76
5	114р	п. Белый Яр	P ₃ lg	6,58	78
6	130р	с. Пудино	P ₃ nm	7,70	65
7	104р	с. Каргасок	P ₃ nm	8,10	81
8	110р	с. Бакчар	Q _{II} tb	7,27	66
9	137р	с. Тегульдэт	Q _{IV}	1,33	65
10	12рк	Вне населённого пункта (у с. Кафтанчиково)	Q _{III}	1,57	11
11	12р	с. Малиновка	P ₃ nm	8,30	91
12	136р	п. Предтеченск	C ₁₋₂ bs	16,61	56

Общая характеристика химического состава подземных вод

Основными гидрогеологическими структурами первого порядка в пределах Томской области являются Западно-Сибирский артезианский бассейн и Саяно-Алтайская гидрогеологическая складчатая область, причём большая часть рассматриваемого региона расположена в пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна (скважины № 1–10; табл. 1). В разрезе мезозойско-кайнозойских отло-

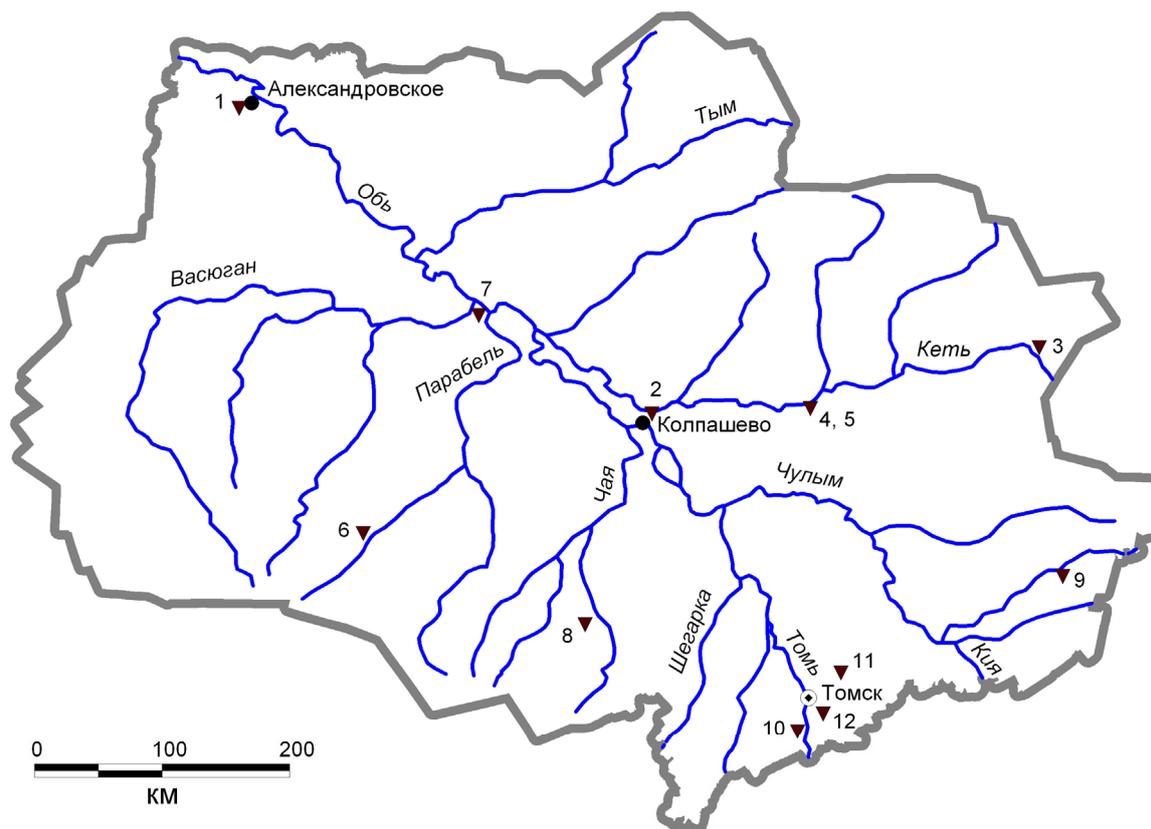


Рис. 1. Схема расположения пунктов гидрогеохимических наблюдений (описание пунктов наблюдений приведено в табл. 1)

жений данного бассейна выделяются два гидрогеологических этажа с резко различными условиями формирования подземных вод. Этажи разделены мощным региональным водоупором верхнемелового-палеогенового возраста, который выклинивается в краевой зоне бассейна, его восточной и юго-восточной части [1–4]. Верхний гидрогеологический этаж представляет собой многослойную фациально-изменчивую толщу, включающую ряд водоносных горизонтов, относимых к множеству местных стратиграфических подразделений, датируемых по возрасту от олигоценных до современных. Этаж сложен песками, глинами, алевролитами, песчано-гравийно-галечниковыми отложениями и в гидродинамическом отношении представляет единую водонасыщенную систему.

В границах Саяно-Алтайской гидрогеологической складчатой области расположена южная часть Томской области (скважины № 11–12; табл. 1). Здесь также выделяются два водоносных этажа, разделенных водоупорными глинами мел-палеогеновой коры выветривания. Верхний этаж сложен рыхлыми мезозойско-кайнозойскими отложениями. В нём распространены водоносные и слабоводоносные горизонты отложений разного возраста, вплоть до четвертичного [2–4].

По классификации О.А. Алёкина подземные воды палеогеновых и неоген-четвертичных отложений на территории Томской области обычно пресные со средней и реже повышенной минера-

лизацией, гидрокарбонатные кальциевые или гидрокарбонатные кальциево-магниевые, нейтральные, содержат значительное количество железа, азота аммонийного и нитритного, органических веществ по перманганатной окисляемости [5, 6]. В ряде случаев в подземных водах отмечены достаточно высокие концентрации веществ, идентифицируемых как «нефтепродукты» (табл. 2, 3).

Указанные факты объясняются преимущественно природными условиями формирования ресурсов подземных вод и их химического состава. В частности, заболоченность областей питания водоносных горизонтов обуславливает поступление в них болотных вод, содержащих образующиеся в процессе торфообразования органические вещества. В их состав обычно входят гуминовые и фульвокислоты, вероятно присутствие фенолов, углеводородов и ряда других веществ [7, 8]. Причём многие металлы образуют с гуминовыми кислотами малорастворимые соединения, а с фульвокислотами – напротив, вещества (преимущественно в виде коллоидов и взвеси), относительно легко накапливающиеся и мигрирующие в природных водах. Следствием этого двойного, имеющего вероятностный характер воздействия, является, например, возможность образования соединений фульвокислот и железа, благодаря чему часто наблюдается значительно большее содержание указанного металла, чем это следует из условий соблюдения химического равновесия [9].

Таблица 2. Среднеголетние значения pH, суммы главных ионов ($\Sigma_{и}$), концентрации макрокомпонентов и погрешности их определения в подземных водах верхней гидродинамической зоны на территории Томской области

№ п/п	pH	Концентрации макрокомпонентов, мг/дм ³						
		$\Sigma_{и}$	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
1	7,12±0,11	358,4±5,1	69,0±1,5	7,5±0,6	9,1±0,8	265,8±5,3	1,0±0,4	6,0±0,5
2	7,09±0,07	292,8±6,8	52,9±2,1	8,3±0,6	9,7±0,8	207,9±7,9	2,1±1,2	11,9±1,5
3	6,84±0,08	92,1±4,8	12,7±1,0	2,7±0,3	8,4±0,7	54,4±3,0	5,8±1,5	8,1±0,9
4	6,82±0,07	182,7±2,5	27,7±0,7	7,1±0,3	7,8±0,7	133,4±2,6	1,1±0,2	5,6±0,6
5	7,06±0,06	188,8±4,2	25,6±1,3	8,5±0,5	9,2±0,6	138,2±5,5	0,7±0,1	6,6±1,4
6	7,41±0,08	304,0±10,0	39,6±3,2	15,6±0,7	13,0±1,7	229,0±12,1	0,7±0,5	6,0±0,6
7	7,03±0,07	328,9±9,7	49,8±3,8	11,6±0,7	15,0±0,9	245,5±12,2	0,4±0,1	6,7±0,5
8	7,19±0,08	335,6±11,4	48,1±3,5	15,3±0,7	17,7±2,8	243,2±13,2	1,3±0,3	9,9±0,9
9	7,20±0,08	417,4±5,7	75,1±2,3	10,6±0,6	11,2±1,4	313,4±6,5	0,5±0,2	6,5±1,6
10	6,66±0,21	564,2±10,0	102,6±5,1	17,6±3,0	13,4±2,1	421,0±14,2	0,7±0,5	8,9±1,2
11	7,64±0,73	445,2±9,6	72,5±3,1	15,1±0,7	19,2±1,7	327,3±11,5	5,3±2,1	5,8±0,5
12	7,21±0,09	415,9±13,5	46,6±3,3	22,4±1,2	23,7±2,3	315,1±15,2	1,7±0,5	6,4±0,5
ПДК	6,5...8,5	1000	–	–	Na ⁺ 200	–	500	350

Примечания: здесь и далее номер соответствует номеру скважины в табл. 1; ПДК – предельно допустимая концентрация в водных объектах хозяйственно-питьевого назначения; погрешность определения среднего арифметического δ вычислена по формуле $\delta = \sigma / N^{0,5}$, где σ – среднее квадратическое отклонение, N – объём выборки.

Таблица 3. Среднеголетние концентрации биогенных и органических веществ и погрешности их определения в подземных водах верхней гидродинамической зоны на территории Томской области

№ п/п	Биогенные вещества				Органические вещества	
	NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	Fe ⁺ , мг/дм ³	Перманганатная окисляемость, мгO ₂ /дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
1	1,068±0,417	0,204±0,095	2,255±0,301	5,83±0,99	4,75±0,22	–
2	0,428±0,221	0,051±0,027	0,977±0,106	7,79±1,28	3,41±0,31	–
3	0,297±0,127	0,008±0,005	0,597±0,073	2,36±0,59	3,10±0,17	–
4	0,330±0,126	0,027±0,016	1,020±0,118	18,06±2,62	5,63±0,27	–
5	0,439±0,145	0,083±0,035	1,437±0,148	9,07±1,54	6,24±0,28	–
6	0,194±0,124	0,057±0,033	1,580±0,177	5,01±1,01	5,41±0,44	–
7	1,028±0,359	0,195±0,093	2,050±0,249	4,67±0,87	5,31±0,28	0,022±0,021
8	0,625±0,413	0,126±0,056	0,833±0,182	2,94±0,49	3,29±0,19	0,106±0,033
9	0,385±0,172	0,261±0,259	2,550±0,213	12,78±2,27	9,23±0,71	0,060±0,050
10	0,773±0,519	0,085±0,081	0,960±0,386	3,37±2,17	3,66±0,40	–
11	0,475±0,134	0,049±0,032	0,456±0,088	4,78±0,70	2,75±0,20	–
12	0,292±0,126	0,196±0,186	1,144±0,179	4,30±0,78	3,98±0,48	–
ПДК	45	3,3	–	0,3	5	0,3

*Валовое содержание без разделения на растворённую, коллоидную и взвешенные формы миграции; ПДК для растворённой формы.

Противоположный эффект – выпадение малорастворимых соединений гуминовых кислот с ионами кальция и магния даже при незначительных концентрациях последних – косвенно подтверждается результатами исследования состава пойменных почв [10] и при определённых обстоятельствах, наряду с карбонатным геохимическим барьером, может ограничивать рост не только ионов Ca²⁺ и Mg²⁺, но и минерализации поверхностных и грунтовых вод в целом [8]. Лишь при дальнейшем росте мине-

рализации подземных вод по мере удаления от земной поверхности и замедления водообмена, контролирующего скорость и время взаимодействий в системе «вода – порода» [5], геохимическая роль ионов кальция, магния и, следовательно, «гуматного» барьера, предположительно, будет снижаться.

Повышенное содержание в подземных водах органических веществ закономерно приводит к формированию высоких концентраций ионов аммония, образующихся при их частичном разложе-

нии в водной среде. В отсутствие необходимого количества растворённого кислорода дальнейшее окисление соединений азота протекает недостаточно интенсивно. Поэтому в подземных (как и поверхностных) водах региона достаточно часто наблюдаются концентрации ионов NO_2^- , превышающие установленные в России нормативы качества. Концентрации ионов NO_3^- по абсолютным значениям превышают содержание ионов NO_2^- (иногда и NH_4^+), но всё же не достигают предельно допустимых значений (табл. 3). На этом фоне, безусловно, может проявляться и антропогенное загрязнение. Но пока оно ограничено локальными участками в районе населённых пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий [3, 4].

Пространственные изменения химического состава подземных вод

Благодаря работам многих исследователей [1–7] установлено, что на территории бассейна р. Обь гидрохимическая зональность подземных вод верхней гидродинамической зоны в целом подчиняется характеру водно-теплогового баланса в виде закона географической зональности с севера на юг при переходе от гумидного климата к аридному. Однако количественная характеристика этих изменений, учитывающая современные гидрогеологические и гидроклиматические условия непосредственно в Томской области, в настоящее время отсутствует. Для получения подобной характеристики были использованы как материалы гидрогеохимических наблюдений на ре-

жимных скважинах государственной наблюдательной сети, так и данные о химическом составе средних рек в зимний период (с декабря по март), когда питание рек происходит преимущественно за счёт подземных вод (табл. 4). В последнем случае средние бассейновые значения минерализации подземных вод были рассчитаны по зависимостям, приведённым в [11]. Были использованы сведения только о средних реках с площадью водосбора от 2 до 50 тыс. км² [8, 11], сток которых отражает зональные особенности.

Таблица 4. Среднегодовое значение суммы главных ионов в водах средних рек в зимний период и подземных водах верхней гидродинамической зоны на территории Томской области, мг/дм³

Река – пункт	Речные воды		Подземные воды горизонта	
	в целом за год	в зимний период	неоген-четвертичного	палеогенового
р. Тым – с. Напас	65,6	143,6	60,3*	249,0*
р. Пайдугина – с. Берёзовка	61,3	150,6	64,2*	254,5*
Кеть – п. Максимкин Яр	111,9	276,1	137,4	290,6
р. Васюган – с. Ср. Васюган	137,8	383,5	122,4	412,0
р. Парабель – с. Новиково	232,9	418,2	229,0	430,6
р. Чая – с. Подгорное	411,0	551,5	335,6	610,5
р. Шегарка – с. Бабарыкино	444,9	653,9	346,1*	647,0*

*Значения вычислены по зависимостям от суммы ионов в речных водах в зимний период [11], в остальных случаях – средние арифметические, полученные по данным гидрогеохимических наблюдений.

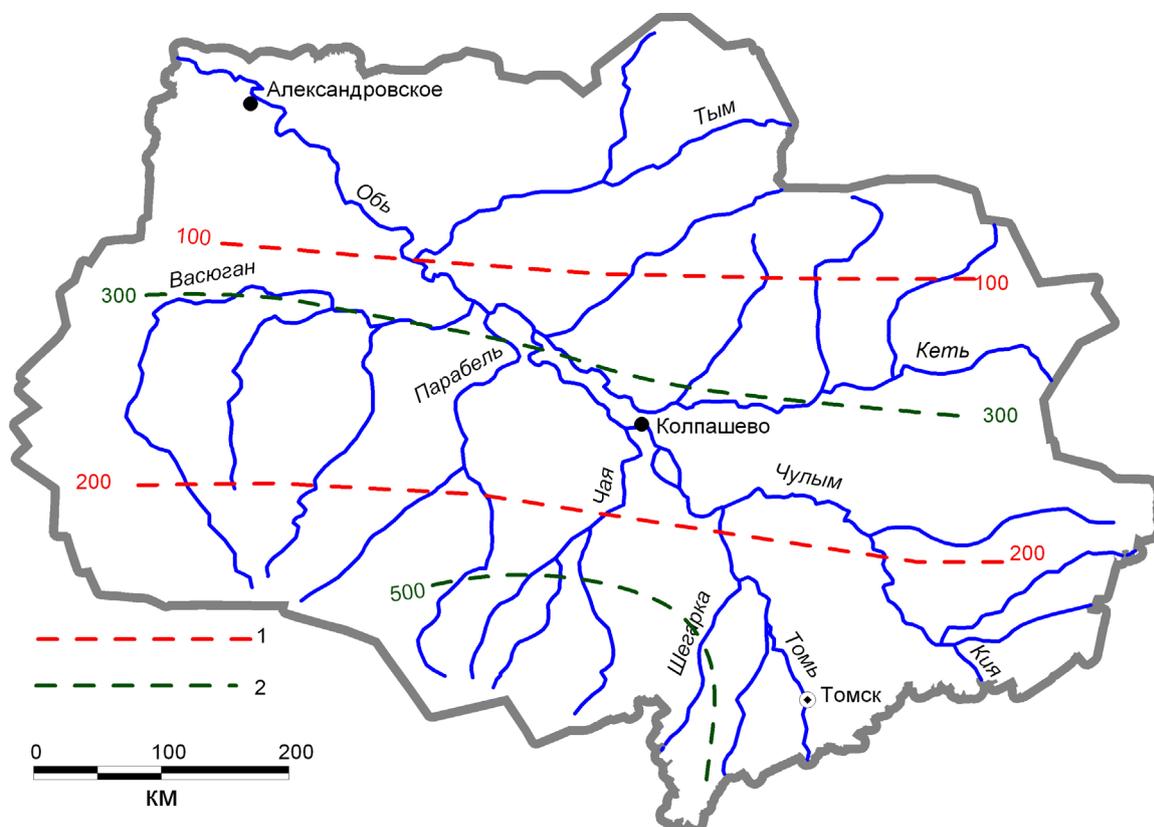


Рис. 2. Изолинии минерализации подземных вод неоген-четвертичного (1) и палеогенового (2) водоносных комплексов

В результате была получена карта изолиний минерализации подземных вод неоген-четвертичного и палеогенового водоносных комплексов (рис. 2). Ее анализ показал, что, *во-первых*, хорошо выраженный зональный характер изменения минерализации подземных вод свидетельствует о значительной роли в формировании их химического состава гидроклиматических условий.

Во-вторых, незагрязнённые грунтовые воды на сильно заболоченных территориях большей части региона в основном не превышают 200 мг/дм³ (по О.А. Алёкину – пресные воды с малой и очень малой минерализацией). И только на юго-западе Томской области участок с минерализацией грунтовых вод более 200 мг/дм³ совпадает со значительной заболоченностью (в районе Васюганского болотного комплекса). На этой же территории наблюдается и наибольшая минерализация подземных вод палеогенового водоносного комплекса (рис. 3), а также и наименьшие модули речного стока и его подземной составляющей [8].

В-третьих, общее изменение минерализации подземных вод в плане коррелирует с пространственными изменениями интенсивности водообмена – чем больше модули водного стока (соответственно, меньше время взаимодействия в системе «вода – порода»), тем меньше минерализация речных и подземных вод. Подобным образом изменяется минерализация подземных вод и в вертикальном разрезе. Причём можно предположить, что рост суммарного содержания макрокомпонентов в палеогеновых отложениях (по сравнению с четвертичными) обратно пропорционален соответствующему уменьшению подземного стока.

В изменении по территории перманганатной окисляемости подземных вод выделяются южная и юго-восточная части в пределах Саяно-Алтайской гидрогеологической складчатой области (табл. 3), характеризующаяся более низким содержанием органических веществ, значительно меньшей заболоченностью и более интенсивным водообменом. Наибольшая окисляемость, как правило, приурочена к подземным водам неоген-четвертичного водоносного комплекса в пределах заболоченных территорий, наименьшая – к разновозрастным отложениям в бассейнах рр. Томь и Чулым [3–5, 12].

Необходимо отметить, что болота распространены и на юге Томской области, особенно в пределах речных долин. Поэтому повышенные значения перманганатной окисляемости и высокие концентрации железа, азота аммонийного и нитритного могут отмечаться практически по всему региону [12].

Выводы

1. Подземные воды неоген-четвертичного и палеогенового водоносных комплексов Западно-Сибирского артезианского бассейна и Саяно-Алтайской гидрогеологической складчатой области в большинстве случаев не соответствуют установленным в России требованиям к качеству питьевой воды. Наиболее часто нарушения нормативов качества наблюдаются по содержанию соединений железа, а в северных районах и по содержанию аммонийного иона, а также органических веществ. Повышенные содержания данных компонентов по большей части имеют природный генезис.
2. Пространственные изменения химического состава подземных вод верхней гидродинамической зоны на территории Томской области имеют хорошо выраженный зональный характер и в плане коррелируют с пространственными изменениями интенсивности водообмена – чем больше модули водного стока, тем меньше минерализация подземных вод.
3. Составленная карта изолиний минерализации подземных вод неоген-четвертичного и палеогенового водоносных комплексов количественно характеризует пространственные изменения химического состава и отражает природные закономерности его формирования. В связи с отсутствием количественной характеристики изменений, учитывающей современные гидрогеологические и гидроклиматические условия непосредственно в Томской области, данная карта может быть использована для оценки фоновое состояния подземных вод в отсутствие данных наблюдений и антропогенного воздействия на подземные водные объекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология СССР. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина / под ред. В.А. Нуднера. – М.: Недра, 1970. – 368 с.
2. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна / под ред. Е.В. Пиннекера. – М.: Недра, 1991. – 262 с.
3. Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2007 г.: Информационный бюллетень / под ред. В.А. Льготина. – Вып. 4. – Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», 2008. – 194 с.
4. Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2008 г.: Информационный бюллетень / под ред. В.А. Льготина. – Вып. 5. – Томск: ОАО «Томскгеомониторинг», 2009. – 166 с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
6. Ермашова Н.А. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена Томской области в связи с решением вопросов водоснабжения и охраны: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Томск: Томск. политехн. ун-т, 1998. – 44 с.
7. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Сидоренко Т.Н., Здвижков М.А. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития: сб. статей / под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2002. – С. 139–149.
8. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, использование и охрана. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 202 с.
9. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.
10. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. – М.: Наука, 1996. – 256 с.

11. Савичев О.Г. Подземная составляющая стока рек бассейна Средней Оби // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 1. – С. 36–39.
12. Макушин Ю.В., Шинкаренко В.П., Савичев О.Г. Закономерности и особенности распределения химического состава подземных вод неоген-четвертичных отложений на территории

Томской области // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири. Труды научн. конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 89–91.

Поступила 29.04.2010 г.

УДК 550.42:574.58

ХИМИЧЕСКИЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД ВТОРИЧНЫХ ОЗЕР ИКСИНСКОГО БОЛОТА (ЮЖНАЯ ТАЙГА, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Н.А. Трифонова, М.А. Здвижков*, Ю.И. Прейс**

Томский политехнический университет

*Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН

E-mail: zdvzhkovma@yandex.ru

**Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

E-mail: preisyui@rambler.ru

Приведены результаты полевых и лабораторных химических и микробиологических исследований состава вод вторичных озер Иксинского болота Томской области в пределах олиготрофных комплексов различной стратиграфии в конце периода зимней межени. Установлено, что микробная вертикальная стратификация озерных вод проявляется, как правило, в уменьшении количества микроорганизмов в придонных водах и изменении межгруппового соотношения бактерий.

Ключевые слова:

Болотный ландшафт, вторичное озеро, химический состав вод, микробный ценоз.

Key words:

Marsh landscape, secondary lake, chemical composition of water, microbe cenosis.

Введение

По химическому составу воды болотных озер, как и другие ландшафтных образований, имеют генетическую связь с составом речных вод. В то же время морфологические особенности озер (площадь, глубина, конфигурация) создают специфические черты их химического состава, не свойственные рекам. От соотношения объема озера и величины притока зависит минерализация воды; от глубины – прогреваемость и аэрация, создающие вертикальную неоднородность физико-химических и биогенных параметров [1].

Болотные ландшафты обладают своеобразием экологического облика, обусловленным сочетанием благоприятных трофических условий и факторов (низкие значения рН, температуры, замедленная аэрация), сдерживающих интенсивность преобразования трофозначимых компонентов данных систем. В этом преобразовании преимущество получают микроорганизмы, которые, в отличие от других живых существ, обладая мобильностью и многообразием физиологических функций, более конкурентны в адаптации к неблагоприятным условиям окружающей среды. В этой связи, учитывая роль воды в динамике болотообразовательного процесса, актуально изучение водных болотных, в том числе, озерных экосистем, как среды обитания микроорганизмов, изучение их численности и

группового соотношения в зависимости от физико-химических условий окружающей среды [2, 3].

Комплексы с вторичными озерами являются одним из основных микроландшафтов олиготрофных болот лесной зоны Западной Сибири. В южной тайге максимальная заозеренность характерна для наиболее возвышенных участков Васюганского плато, занятых Большим Васюганским болотом, особенно в верховьях рек Васюгана, Чижипки, Чузика, Кенги. Сильно заозеренные участки встречаются и на водоразделах рек Шегарки, Иксы и Бакчара. Преобладают вторичные озера и озёрки, сформировавшиеся на торфяных отложениях. Вторичные озера различных элементов гидрологической сети болот различаются размерами (от нескольких десятков до сотен метров), формой, ориентацией (вдоль или поперек поверхностного стока), глубиной и генезисом.

На характерных для южной тайги верховых болотах Нарымского типа вторичные озера формируются в процессе их аутогенного развития на поздней олиготрофной стадии из-за недостаточного стока на уплощенных вершинах [4]. Озера мелкие, подстилаются верховыми торфами толщиной до 2...3 (5) м. Постепенный характер их формирования подтверждается возрастом в ботаническом составе торфов гидрофильных видов. Согласно [5] и данным геологической разведки, в Западной Си-