

Исследования химического состава вод показали, что, атмосферные осадки на рассматриваемой территории характеризуются как кислые и слабокислые (рН от 4,9 до 6,4), ультрапресные с общей минерализацией от 4,3 до 7,7 мг/л. По анионному составу, в основном, гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные, реже гидрокарбонатно-хлоридные, по катионному – кальциево-магниевые, реже кальциево-натриевые и натриево-калиевые.

Концентрации $Fe_{общ}$ и Si относительно низкие, содержание $Fe_{общ}$ варьирует в пределах от 0,1 до 0,5 мг/л, среднее значение 0,3 мг/л. Содержание Si варьирует в пределах от 0,2 до 1,8 мг/л.

Болотные воды изменяются от кислых до слабощелочных (рН от 3,06 до 7,63), ультрапресные с общей минерализацией в среднем 25 мг/л, мягкие (общая жесткость равна 0,34 мг-экв/л). По анионному составу преобладают гидрокарбонатно-хлоридные и хлоридно-гидрокарбонатные воды, реже сульфатные, а по катионному составу, в основном, кальциево-магниевые, иногда натриевые.

Нужно отметить, что в болотных водах повышено содержание CO_2 (67 мг/л), $Fe_{общ}$ (4,9 мг/л), $C_{орг}$ (56 мг/л), фульво- (93 мг/л) и гуминовых кислот (12 мг/л), относительно атмосферных, речных и подземных вод.

Речные воды на рассматриваемой территории ультрапресные и пресные с общей минерализацией от 15 до 500 мг/л, в среднем 90 мг/л, нейтральные (среднее значение рН в водах составляет 6,8). По анионному составу воды в основном гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатно-хлоридные, а по катионному составу преобладают кальциевые и кальциево-магниевые. Среднее содержание $Fe_{общ}$ в речных водах составляет 8,9 мг/л, значения Si изменяются от 0,8 до 13,2 мг/л, в среднем составляя 5,7 мг/л.

Анализ химического состава подземных вод показал, что воды ультрапресные и пресные с общей минерализацией от 26 до 750 мг/л, средняя минерализация составляет 270 мг/л, по показателю рН воды нейтральные, (среднее значение рН составляет 7,3), реже встречаются воды слабокислые и слабощелочные. По химическому составу, в основном, воды являются гидрокарбонатными кальциевыми, реже гидрокарбонатно-хлоридными кальциево-натриевыми или кальциево-магниевыми.

Содержание $Fe_{общ}$ в подземных водах составляет в среднем 2,8 мг/л, что превышает значения предельно допустимых концентраций для питьевых вод, хотя данные значения гораздо ниже, чем в болотных и речных водах. То же касается и содержания $C_{орг}$, значение которого в среднем составляет 8,8 мг/л.

В целом, изученные природные воды, включая подземные, являются ультрапресными и пресными, слабокислыми и околонеutralными, реже кислыми и слабощелочными. По анионно-катионному составу воды в основном гидрокарбонатные магниево-кальциевые, или хлоридные магниево-кальциевые, реже натриево-кальциевые, иногда хлоридно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые. В водах очень высоки содержания $Fe_{общ}$, количество которого составляет от 0,3 в атмосферных осадках до 5 в болотах и даже 9 мг/л в речных водах.

Кроме того, природные воды района исследований богаты органическим веществом, содержания которого в пересчете на Сорг в подземных водах составляют 9, в речных – 26, достигая максимальных значений в болотных водах – 56 мг/л. С глубиной соленость воды и значения рН растут. Так, наиболее пресными являются атмосферные осадки, средняя минерализация которых составляет всего 6 мг/л. Наиболее минерализованными являются подземные воды, средняя соленость которых составляет 270, а максимальная превышает 700 мг/л. Болотные и речные воды занимают промежуточное положение, что естественно, так как они в меньшей степени, чем подземные, взаимодействуют с горными породами,

Литература

1. Дюкарев А.Г. Ландшафтно-динамические аспекты таежного почвообразования в Западной Сибири. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 284 с.
2. Евсеева Н.С. География Томской области. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2001. – 222 с.
3. Шварцев С.Л., Серебренникова О.В., Здвизжков М.А., Савичев О.Г., Наймушина О.С. Геохимия болотных вод нижней части бассейна Томи (юг Томской области) // Геохимия, 2012. – Т.50. – №4. – С. 367–380.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЕРХОВЫХ И НИЗИННЫХ БОЛОТ ОРЛОВСКОГО УЧАСТКА (ТОМСКИЙ РАЙОН)

К.В. Сесь

Научный руководитель ассистент О.С. Наймушина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Природные и климатические условия, геоморфология и рельеф, геологическое строение, литологический состав пород, а также гидрогеологические особенности территории Томского района в совокупности оказывают влияние на характер заболачивания данной территории и скорость заторфовывания водоемов [3]. Безусловно, способность болотообразования и торфонакопления является основным фактором формирования химического состава поверхностных и подземных вод региона [3]. Однако механизмы и закономерности влияния болот на гидрогеохимический состав природных вод пока изучены слабо [4, 6]. Особый интерес с этой точки зрения представляет изучение органической составляющей гидрогеохимической среды образования болотного процесса. Поэтому целью проводимых исследований является комплексное изучение химического состава болотных вод Орловского участка, как одного из основных факторов, формирующих болотную среду. Для достижения поставленной цели необходимо определить средние содержания макро- и микрокомпонентов, тяжелых металлов, биогенных и органических веществ в болотных водах, входящих в состав болотных экосистем таежной зоны Западной Сибири.

Объектом исследования являются болотные воды правобережной части долины нижнего течения р. Томи в 20 – 25 км от впадения ее в реку Обь в пределах второй надпойменной террасы (рис.). В пределах исследуемой территории находятся преимущественно низинные болота «Клюквенное» и «Темное», общей площадью 44,9 и 18,9 км², соответственно, мощностью до 3 м и более. Глубина залегания болотных вод на повышенных участках достигает 0,3 м, на пониженных – болотные воды заливают пространства между кочками или образуют мелкие озера площадью до первых десятков м². Значения коэффициентов фильтрации болотных отложений колеблются в широких пределах, чаще всего 0,1 – 3,0 м/сут [7]. Участок болота верховой торфяной залежи находится на берегу озера Мурашка и образован олиготрофной шейхцириево-осоково-сфагновой сплавиной озера. Залежь торфа имеет озерный генезис.

Отложения, подстилающие озерно-болотные осадки представлены олигоцен-четвертичными глинисто-песчаными образованиями, кровля которых сложена маломощными (2 – 3 м) слабопроницаемыми суглинками, которые являются слабым водоупором для болотных вод, образующих верховодку [1].

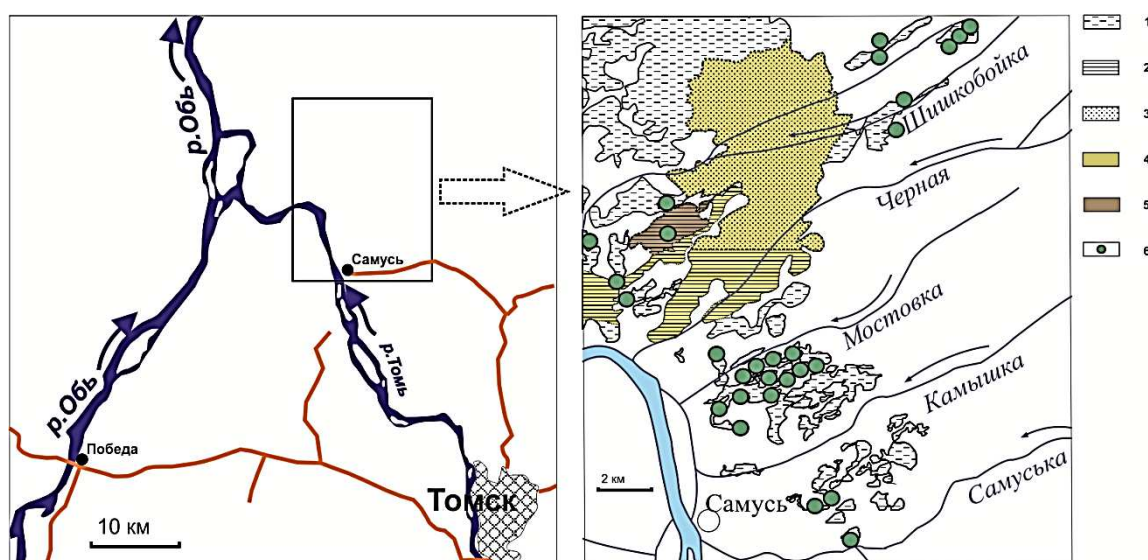


Рис. Схема расположения точек отбора проб болотных вод с 2008 по 2013 гг.

1 – заболоченный участок; 2 – болото «Темное»; 3 – болото «Клюквенное»; 4 – низинная торфяная залежь; 5 – верховая торфяная залежь; 6 – пункт отбора проб воды.

Исследования включали в себя отбор проб болотных вод, последующее определение их химического состава и органо-минеральных соединений, обобщение и статистический анализ полученных материалов и фондовых данных Томского политехнического университета и Томского филиала Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН с 2008 по 2013 гг. Результаты обобщенных данных по химическому составу болотных вод представлены в табл.

Полевое определение содержаний неустойчивых компонентов и консервация проб выполнялись непосредственно на точке в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб». Общий анализ химического состава болотных вод осуществлялся в аккредитованной Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Научно-образовательного центра «Вода» ТПУ.

Природные воды верховых болот с учетом средних многолетних значений классифицируются: по показателю кислотности как кислые, реже слабокислые и околонеутральные (рН варьирует от 3,1 до 7,2, составляя в среднем 4,4); по значению общей минерализации ультрапресные (среднее значение минерализации составляет 18 мг/л); по жесткости очень мягкие. По химическому составу воды участка олиготрофных болот являются гидрокарбонатными кальциево-магниевыми, реже сульфатными кальциево-магниевыми либо кальциево-натриевыми. Согласно классификации О.А. Алёкина [2] воды гидрокарбонатные кальциевые или сульфатные кальциевые III типа.

Природные воды низинных болот с учетом средних многолетних значений классифицируются: по показателю кислотности как слабокислые, реже кислые и околонеутральные (рН варьирует от 4,0 до 7,6, составляя в среднем 5,5); по значению общей минерализации ультрапресные (среднее значение минерализации составляет 38 мг/л); по жесткости мягкие. По химическому составу воды являются гидрокарбонатными кальциево-магниевыми, реже сульфатными либо хлоридными кальциево-магниевыми. Согласно классификации О.А. Алёкина воды гидрокарбонатные кальциевые реже магниевые III типа.

Болотные воды рассматриваемой территории характеризуются высоким содержанием органических веществ, значительно превышающим суммарное содержание растворенных солей. В целом болотные воды низинных болот более минерализованные, чем верховые. Общее содержание органических веществ в водах эвтрофных болот в пересчете на $C_{орг}$ составляет от 7 до 110 мг/л, что значительно ниже их содержания в водах

олиготрофной торфяной залежи, где $C_{орг}$ варьирует в пределах от 20 до 290 мг/л. Среднее многолетние значения концентраций органических веществ вод олиготрофных болот в сравнении с эвтрофными выше почти в два раза.

Как видно из таблицы, во всех болотных водах Орловского участка наблюдается высокое содержание гуминовых и фульвокислот. Средние многолетние значения содержаний фульвокислот в болотных водах олиготрофного участка значительно выше, чем в водах эвтрофного болотного участка.

Известно, что азот аммонийный образуется при частичном разложении органических остатков в водной среде [5], поэтому высокие содержания органических веществ в болотных водах исследуемых участков верховых и низинных болот способствуют концентрированию ионов аммония в значительных количествах. Средняя концентрация NH_4^+ в водах верховых болот составляет 4,1 мг/л, а в низинных – 2,3 мг/л.

Максимальные содержания Fe, Zn, Pb и Al могут свидетельствовать о возможности их связывания в комплексные соединения с органическим веществом, которым исследуемые болотные воды крайне богаты. Железо выступает главным элементом в конкуренции за связывание в органические комплексы, что способствует его удержанию и накоплению в воде, в связи с чем, болотные воды характеризуются высокими содержаниями железа.

Таблица

Средние многолетние концентрации растворенных веществ и значения физико-химических показателей болотных вод

Параметр	Ед. изм.	Верховые болота				Низинные болота			
		Среднее	Мин.	Макс.	N*	Среднее	Мин.	Макс.	N*
Электропроводность	мкс/см	55,9	16,0	408,0	38	63,7	25,0	382,0	32
pH	ед. pH	4,4	3,1	7,2	38	5,5	4,0	7,6	30
CO ₂ св.	мг/л	72,1	2,6	141,0	37	57,2	3,5	154,0	30
HCO ₃ ⁻		5,0	3,0	238,0	38	17,9	0,0	159,0	28
SO ₄ ²⁻		4,3	0	16,5	38	2,5	1,5	11,3	32
Cl ⁻		2,0	0,4	5,8	38	3,4	0,8	20,6	30
Общая жесткость	мг-экв/л	0,3	0,1	1,0	38	0,5	0,1	3,1	30
Ca ²⁺	мг/л	4,3	0,5	13,8	38	6,4	1,6	46,0	30
Mg ²⁺		0,9	0,2	8,4	38	3,0	0,5	8,5	30
Na ⁺		1,4	0,2	11,5	38	2,5	0,3	8,5	32
K ⁺		0,88	0,2	4,0	38	2,1	0,1	5,2	32
Минерализация		17,8	3,4	414,0	38	37,6	5,5	214,0	32
O ₂	мг/л	2,6	0,6	8,4	7	3,8	0,5	7,7	27
Сорг.		79,6	19,9	285,6	26	46,9	7,5	108,0	29
Фульвокислоты		107,9	15,3	209,6	25	78,7	3,0	196,0	32
Гуминовые кислоты		24,2	1,1	61,5	25	13,2	0,3	46,1	31
Окисляемость перм.	мгО ₂ /л	99,5	14,0	176,8	11	43,1	3,6	264,0	29
NH ₄ ⁺	мг/л	4,1	0,2	87,0	38	2,3	0,4	10,5	32
NO ₂ ⁻		0,03	0,01	0,28	38	0,02	0,01	0,73	32
NO ₃ ⁻		0,8	0,05	2,7	38	1,2	0,5	4,3	32
PO ₄ ³⁻		0,2	0,01	58,8	38	0,9	0,1	3,4	32
Fe _{общ}		2,8	0,4	18,3	38	9,3	0,4	85,2	32
Mn		0,03	0,01	0,7	16	0,2	0,01	5,9	24
Si		4,2	0,3	11,6	38	5,0	0,9	10,2	32
F		0,1	0,02	0,3	28	0,1	0,1	0,2	32
Al		0,2	0,04	1,2	26	0,5	0,3	0,8	6
Нефтепродукты		2,9	0,1	16,1	6	0,05	0,01	0,4	25
Zn	мкг/л	49,5	8,0	250,0	26	24,4	0,03	267,0	28
Cd		0,2	0,2	0,2	26	0,2	0,2	0,7	32
Pb		1,8	0,2	265,0	26	2,1	0,6	19,0	28
Cu		2,5	0,7	25,0	26	3,6	0,6	706,0	28
As		1,8	0,3	5,0	10	5,7	5,0	54,0	19
Li		7,1	1,0	30,0	16	2,7	0,01	46,0	29
Sr		6,4	3,0	124,0	10	1,3	1,0	18,6	19

N*- количество анализов

Анализ данных о химическом составе болотных вод Орловского участка указывает на различия генетических типов болотных массивов, что, безусловно, свидетельствуют о взаимосвязи состава с условиями формирования, водного питания, интенсивностью водообмена территории и особенностями геохимической обстановки, и предопределяет дальнейшие исследования.

Литература

1. Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шинави Эль Хайес. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия нижней части бассейна реки томи (Томская область): Автореферат Дис. канд. геол. минер. наук. – Томск, 2012. – 23 с.
2. Алёкин О. А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 443 с.
3. Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2010. – 248 с.
4. Савичев О.Г. Химический состав болотных вод на территории Томской области (Западная Сибирь) и их взаимодействие с минеральными и органогенными соединениями // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – №1 – С. 72 – 77.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
6. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Савичев О.Г. Состав и формы миграции микрокомпонентов в подземных водах бассейна среднего течения р. Томи // Геология и геофизика. – Новосибирск, 1997. – № 12. – С. 1953 – 1959.
7. Шварцев С.Л., Серебренникова О. В., Здвизжков М.А., Савичев О.Г., Наймушина О.С. Геохимия болотных вод нижней части бассейна реки Томи (Юг Томской области) // Геохимия. – Москва, 2012. – № 4. – С. 403-417.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**М.В. Скородулина**

Научный руководитель заведующая лабораторией Т.Н. Силкина

Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск, Россия

В процессе разработки нефтегазовых месторождений добыча нефти и газа обычно сопровождается отбором из продуктивных пластов значительных объемов попутной воды. Сведения о химическом составе пластовых вод, закачиваемых для поддержания пластового давления и попутно-добываемых вод несут в себе информацию о протекающих в пластах процессах [2].

Подземные воды нефтегазонасыщенных и водонасыщенных горизонтов, закачиваемые в скважины воды для поддержания пластового давления, технические воды, используемые при различных ремонтных работах на скважинах, обладают уникальным геохимическим составом и различаются по геохимическим показателям среды. Интенсивная разработка нефтяных и газовых месторождений приводит к увеличению скоростей фильтрации подземных вод, а при формировании систем поддержания пластового давления – к цикличности процесса дренирования вод и их смешиванию в пласте. Увеличение скорости дренирования и разбавление вод новыми порциями закачиваемой воды приводят к смене гидрогеохимической обстановки относительно исходной неизменной среды, что определяется равновесно-неравновесным состоянием в системе вода-порода-органическое вещество.

На нефтяных и газовых месторождениях ОАО «Томскнефть» ВНК», воды которых являются солеными с минерализацией в пределах от 15 до 40 г/дм³, при увеличении скоростей фильтрации наблюдается различная тенденция изменения величины минерализации вод и их химического состава. Так для нефтяных месторождений отмечено увеличение минерализации и обогащение вод макрокомпонентами, а в пределах газовых месторождений – уменьшение минерализации, снижение содержания макрокомпонентов и в то же время увеличение содержания микрокомпонентов [3].

Обогащение компонентами (катионов) попутных вод обеспечивается неравновесным состоянием соленых вод водонефтенасыщенных горизонтов к алюмосиликатным породам, за счет реакций гидролиза, обеспечивая замещение элементов в первичных породах и выщелачивание. Обогащение водного раствора различными компонентами происходит в соответствии с геологической эволюцией, на каждом этапе которой пластовые воды водонефтенасыщенных и водонасыщенных горизонтов достигают равновесия с определенными минералами вмещающих пород. На нефтегазовых месторождениях Томской области отмечено равновесие попутных вод с глинистыми минералами, преимущественно с монтмориллонитами (рис.).

В процессе разработки нефтегазовых месторождений в результате интенсивного взаимодействия соленых вод с вмещающими породами и водами иной природы происходит изменение активностей компонентов кальция, магния и натрия в растворе. Эти изменения приводят к смене состава попутных вод в процессе эксплуатации месторождений (хлоридно-натриевый тип вод с магниевым-кальциевым оттенком сменяется тем же типом вод, но с кальциево-магниевым оттенком из-за увеличения активности магния относительно кальция) и смещению равновесия к глинистым минералам – монтмориллонитам. При достижении равновесного состояния с монтмориллонитами возможно переотложение минералов в виде осадка в поровом пространстве продуктивных пластов, вследствие чего происходит ухудшение коллекторских свойств пласта и снижение уровня добычи углеводородов. Отмечено уменьшение коэффициента продуктивности скважин, где воды исходного состава претерпели изменения и стали преимущественно хлоридно-натриевого типа с кальциево-магниевым оттенком с низкой ионной силой и низкими активностями магния и кальция в растворе. Изменение в соотношениях основных катионов в соленых водах приводит также к уменьшению насыщенности к Mg-монтмориллонитам и Са-монтмориллонитам и сдвигу равновесия к насыщению каолинитом. Вместе с тем и по нагнетательным скважинам установлена зависимость коэффициента приемистости от химического состава закачиваемых вод. Полученные данные о корреляции коэффициентов продуктивности и приемистости с химическим составом попутно-добываемых и закачиваемых вод позволяет регулировать системы разработки нефтегазовых месторождений, определять требования к качеству закачиваемых вод в системе поддержания пластового давления.