

УДК 550.46

О.Г. Савичев, В.А. Домаренко

E-mail: osavichev@mail.ru, viktor_domarenko@mail.ru

Ключевые слова: химический состав вод; взаимодействие подземных и поверхностных вод; Западная Сибирь; река Мура.

Дата поступления: 30.10.2024. Принята к печати: 16.12.2024

41

В процессе исследований получены значимые научные материалы, в частности, показано, что, во-первых, процессы заболачивания взаимосвязаны с противоположно направленными процессами водной эрозии; минеральные вещества с поверхности водосборов поступают в речную сеть и накапливаются на участках речных русел, вызывая постепенное изменение условий взаимодействия речных и подземных вод с тенденцией роста уровней последних. Но по мере олиготрофизации болот и сокращения доли низинных болот уменьшается водообмен между болотами и подземными водоносными горизонтами, а уровни подземных вод возрастают и в ряде случаев могут «подпирать» подстилающие болота минеральные грунты с низкими фильтрационными свойствами [Савичев, 2024]. Во-вторых, взаимодействие подземных и поверхностных вод на заболоченных территориях в таежной зоне Западной Сибири (с учетом указанных выше процессов) минимально на участках распространения верховых болот или их участков и приурочено преимущественно к речным долинам, в том числе к участкам распространения низинных болот. В долинах изученных рек наблюдается примерное соответствие нисходящего и подпорного режимов взаимодействия речных и подземных вод [Савичев и др., 2023].

Тем не менее, достоверной количественной информации о характере и степени взаимодействия поверхностных и подземных вод на заболоченных водоразделах пока крайне недостаточно вследствие того, что большая часть гидрогеологических скважин расположена именно в речных долинах или на прилегающих к ним территориях. Это

и определило соответствующую цель рассматриваемой работы – оценку (количественную) влияния болот на химический состав речных и напорных подземных вод в водосборе малой реки Мура в Шегарском административном районе Томской области.

Материалы и методы

Достижение указанной выше цели предполагалось путем выявления внутри-годовых изменений химического состава речных и напорных подземных вод в водосборе реки Мура, которая является элементом речной сети «Мура – Шегарка – Обь» (водохозяйственный код: КАР/ОБЬ/2605/112) и имеет протяженность 22 км (рис. 1). Истоки реки Мура приурочены к восточной части Васюганского болота, а выраженное в рельефе русло практически начинается у пересечения с автодорогой Томск – Бакчар на участке 51 км (от г. Томска), где и был размещен пункт наблюдений I.

Площадь речного водосбора в этом створе оценивается в размере 40 км², а заболоченность – 75%. Пункт наблюдений II расположен на участке с уже однозначно заметными очертаниями русла и долины р. Мура в с. Вороновка выше сброса очищенных сточных вод. Площадь водосбора реки в этом створе составляет уже 150 км², а общая заболоченность – 40% (площади и заболоченность водосборов определены Савичевым О.Г. с использованием данных дистанционного зондирования Земли; методика дешифрирования и общая характеристика полученных результатов приведены в [Bazanov et al., 2009]). Там же (в с. Вороновка) расположена и эксплуатационная скважина, вскрывающая отложения палеогена (Новомихайловская свита; рис. 1, III).

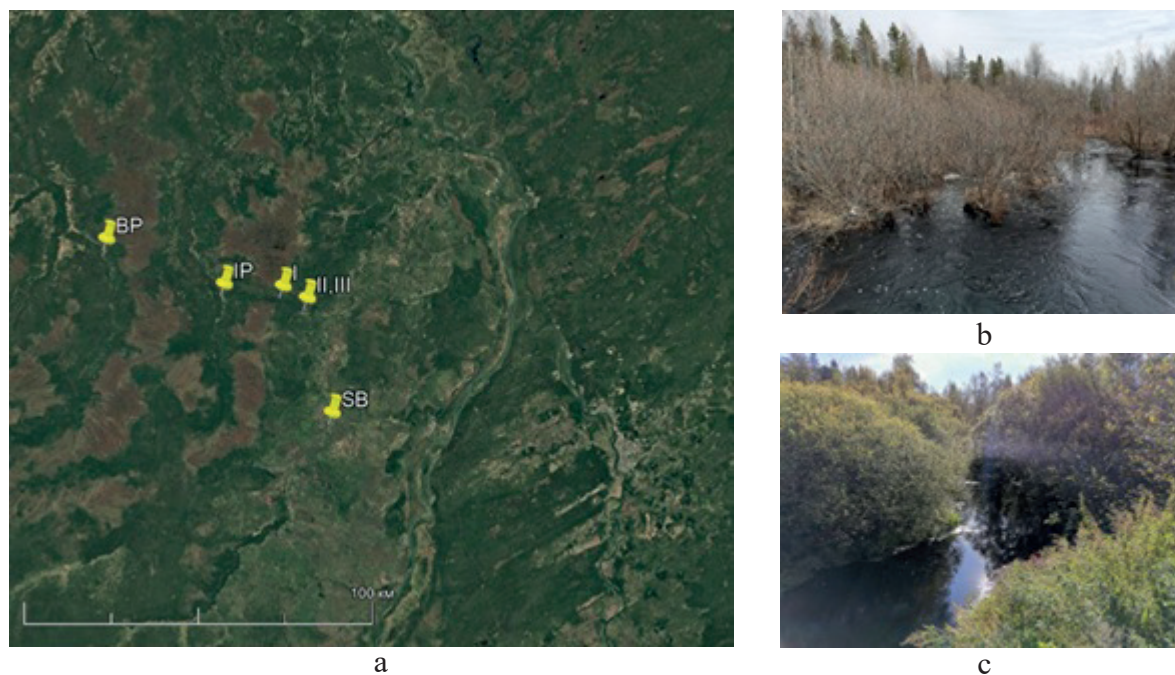


Рис. 1. Схема расположения пунктов наблюдений (а) в водосборе р. Мура (I – р. Мура, 51 км трассы Томск – Бакчар; II – р. Мура, с. Вороновка; III – скважина, с. Вороновка) и на прилегающих территориях (BP – р. Бакчар у с. Полянйянка; IP – р. Икса у с. Плотниково; SB – р. Шегарка у с. Бабарыкино); фото участка р. Мура у с. Вороновка, пункт II: б) 05.05.2024 г.; в) 19.08.2024 г.

Fig. 1. Layout of observation points (a) in the Mura River catchment area (I – the Mura river, 51 km of the Tomsk – Bakchar road; II – the Mura river at Voronovka; III – well, Voronovka village) and in adjacent territories (BP – the Bakchar river at Polynyanka; IP – the Iksa river at Plotnikovo; SB – the Shegarka river at Babarykino village); photo of the Mura river section at Voronovka, point II: b) 05.05.2024; c) 19.08.2024

Методика исследования в целом основана на предположении, что в истоках реки Мура (пункт I) связь болотных и речных вод с подземными должна быть существенно слабее, чем на участке среднего течения (пункт II). Соответственно, синхронные, хорошо заметные изменения гидрогеохимических показателей могут указывать на: 1) существенный приток болотных вод в речную сеть (при сопоставимых изменениях химического состава вод р. Мура в пунктах I и II; доступ непосредственно на болото существенно осложнен вследствие переобводненности территории, но ранее был выполнен комплекс соответствующих исследований на рядом расположенном участке Васюганского болота в пределах водосбора реки Ключ [Савичев, Мазуров, 2018]),

либо его отсутствие (незначимое влияние); 2) поступление болотных вод в глубокие водоносные горизонты (на глубины более 50–100 м), перекрытые водоупорными отложениями (рис. 2), либо его отсутствие (незначительность).

Обе гипотезы (особенно вторая) играют значительную роль в обосновании механизмов формирования геохимических аномалий вплоть до условий формирования проявлений осадочных железных руд в южной части Западно-Сибирской равнины [Домаренко и др., 2024]).

Отбор проб речных (на глубине 0.3 м от поверхности) и подземных вод проводился в 2024 г. в основные фазы водного режима: в зимнюю межень (9 марта); весенне-летнее половодье (5 мая); летне-осеннюю межень (19 августа).

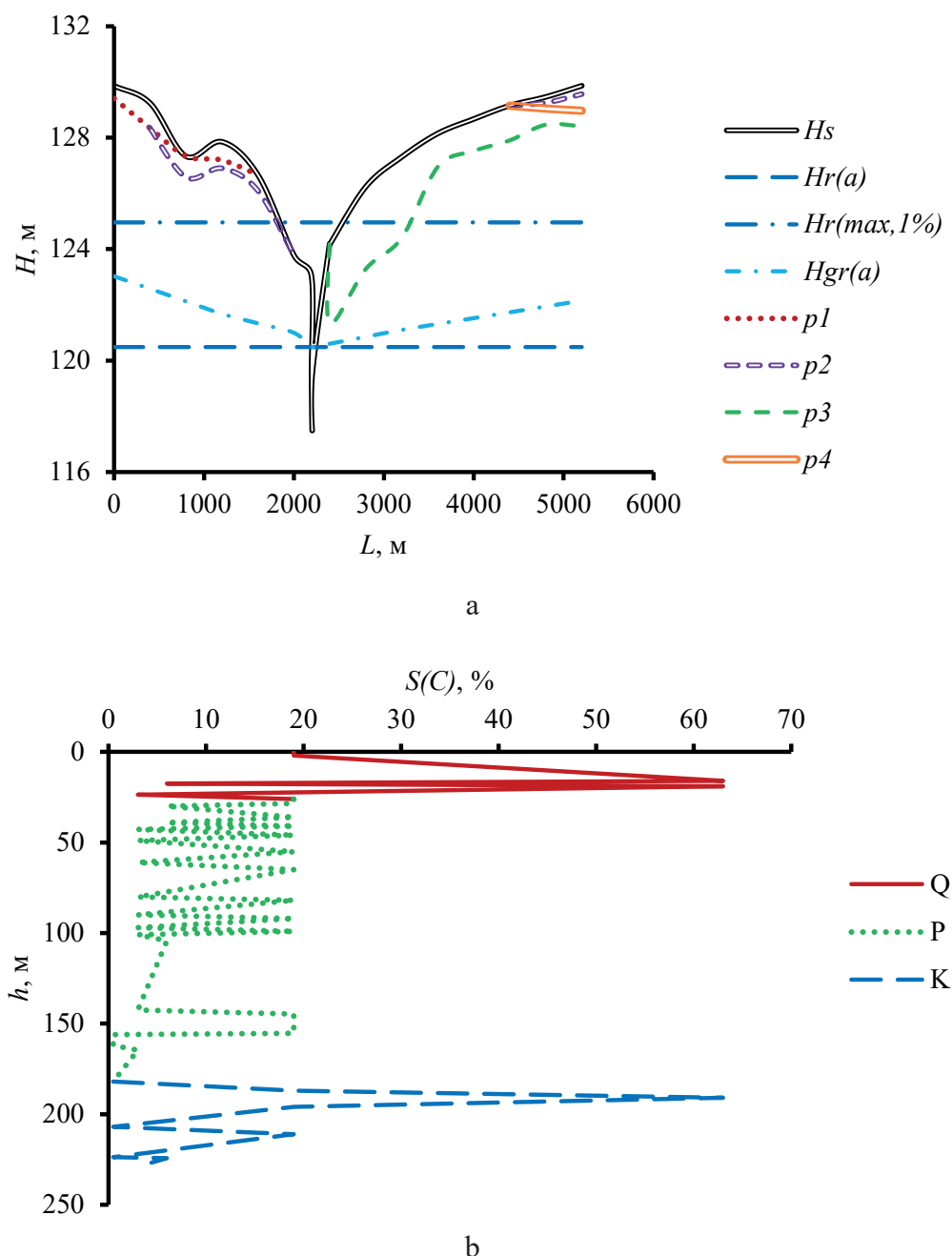


Рис. 2. Условия взаимодействия поверхностных и подземных вод в районе исследования (в водосборе р. Бакчар): а) поперечный профиль долины р. Бакчар в 87 км от истока [Савичев, 2024]; L – расстояние от условной точки; H – высотная отметка; H_s – высотная отметка поверхности водосбора или дна реки; $H_r(a)$ и $H_r(max, 1\%)$ – средний годовой и максимальный с обеспеченностью 1% уровни воды в р. Бакчар; $H_{gr}(a)$ – средний годовой уровень грунтовых вод; p – высотная отметка нижней поверхности слоя торфяной залежи с преобладанием торфов верхового сфагново-мочажинного ($p1$) и низинных осокового ($p2$), травяного ($p3$) и березового ($p4$); б) изменение по глубине h среднего содержания глинистых частиц $S(C)$ по данным поисковой скважины № 124 южнее с. Бакчар [Савичев и др., 2023]

Fig. 2. Conditions of interaction between surface and groundwater in the study area (in the Bakchar River catchment area): a) cross-section of the Bakchar river valley 87 km from the source [Savichev, 2024]; L is the distance from the conditional point; H is the elevation; H_s is the elevation of the catchment surface or river bottom; $H_r(a)$ and $H_r(max, 1\%)$ are the average annual and maximum water levels with a probability of 1% in the Bakchar river; $H_{gr}(a)$ is the average annual groundwater level; p – elevation of the lower surface of the peat deposit layer with a predominance of high-moor sphagnum-hollow peat ($p1$) and low-moor sedge ($p2$), grass ($p3$) and birch ($p4$) peat; b) change in depth h of the average content of clay particles $S(C)$ according to data from exploration well No. 124 south at Bakchar [Savichev et al., 2023]

В пробах воды в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории ТПУ под руководством А.А. Хвощевской были определены значения pH (потенциометрический метод), удельная электропроводность УЭП (кондуктометрический), перманганатная окисляемость РО, валовые содержания Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , CO_2 (титриметрический), SO_4^{2-} (турбидиметрический), NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- (фотометрический), Na^+ , K^+ (пламенно-эмиссионная спектрометрия) и более 30 микроэлементов (масс-спектрометрический с индуктивно-связанной плазмой МС-ИСП с использованием масс-спектрометра NexION 300D). Одновременно с отбором проб воды в р. Мура в пункте I определены расходы воды Q гидравлическим способом (по глубине потока в дорожной трубе), а в пункте II – расчетом по модулю стока.

Полученные данные о химическом составе речных и подземных вод сопоставлялись между собой с учетом фаз водного режима (в верхнем течении изученной реки 9 марта сток и жидкая вода в русле отсутствовали) с проверкой условия:

$$Kr = \frac{\sqrt{\sum (k_{1,t} - k_{2,t})^2}}{\sigma_{k1}} \leq 0.8,$$

где $k_{1,t}$ и $k_{2,t}$ – модульные коэффициенты (отношение значения гидрохимического показателя в момент времени t к среднему значению) в пунктах 1 и 2; σ_{k1} – среднее квадратическое отклонение модульного коэффициента в пункте 1. В случаях, когда $Kr > 0.8$, наиболее вероятно отсутствие синхронных колебаний исследуемого гидрохимического показателя. Кроме того, был выполнен расчет индексов насыщения SI (на основе метода констант с использова-

нием уравнения Дэвиса для определения коэффициентов активности заряженных частиц) относительно ряда минералов и органо-минеральных соединений:

$$SI = \lg PA - \lg K_{neq},$$

где PA – произведение активностей группы веществ; K_{neq} – константа неустойчивости (отрицательные значения индекса SI свидетельствуют о потенциальном недосыщении, а положительные – о пресыщении раствора относительно рассматриваемого минерала). Методика расчетов приведена в [Савичев и др., 2003]).

Результаты и обсуждение

В марте 2024 г. в русле р. Мура в пункте I водный сток отсутствовал (в дорожной трубе вода отсутствовала и в жидком, и в твердом виде), что само по себе уже позволяет предположить, что в зимнюю межень взаимодействие болотных, речных и, тем более, подземных вод если и не отсутствует вовсе, то существенно затруднено. В остальных случаях изученные воды в целом характеризуются как пресные, гидрокарбонатные кальциевые (табл.), близки к равновесию с кварцем и глинистыми минералами, особенно каолинитом (рис. 3), но в течение гидрологического года минерализация речных вод увеличивается от весны к зиме примерно в 10 раз, в то время как минерализация подземных вод находится практически в пределах погрешности определения среднего с уровнем значимости 5% (среднее арифметическое для трех проб $A = 906.2 \text{ мг/дм}^3$, погрешность определения среднего $\sigma_A \approx \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 19.4 \text{ мг/дм}^3$; то есть ми-

нерализация находится в пределах от 873.5 sev, 2008] представлениям о связи минера- до 938.9 мг/дм³, что в целом соответствует лизации подземных вод с интенсивностью изложенным в [Шварцев и др.. 2007; Shvart- водообмена в условиях таежной зоны).

Таблица

Химический состав речных и подземных вод в водосборе р. Мура в 2024 г.

Table

Chemical composition of river and groundwater in the Mura river basin in 2024

Показатель	Предел обнаружения	р. Мура					Подземные воды, горизонт Р _{nm}		
		51 км а/д, пункт I		с. Вороновка, пункт II			с. Вороновка, пункт III		
		05.05	19.08	09.03	05.05	19.08	09.03	05.05	19.08
Q, м ³ /с	–	0.98	0.01	0.02	3.68	0.03	нд	нд	Нд
pH, ед. pH	1	6.10	6.30	7.40	6.80	7.60	7.40	7.50	7.50
ПО, мгО/дм ³	0.25	40.0	60.0	8.8	44.0	33.0	4.6	4.0	4.3
УЭП, мкС/см	5	46	63	690	74	244	1026	960	968
CO ₂ , мг/дм ³	4	12.7	21.0	нд	5.6	7.0	нд	9.3	17.6
Σ _{mi} , мг/дм ³	–	33.1	62.9	650.6	65.3	229.8	927.3	917.3	874.0
Ca ²⁺ , мг/дм ³	1.0	8.0	12.5	109.0	13.4	39.0	118.0	115.0	135.0
Mg ²⁺ , мг/дм ³	0.04	1.4	2.2	28.0	2.4	10.0	25.0	25.3	12.0
Na ⁺ , мг/дм ³	0.1	1.9	1.3	13.0	1.8	3.7	81.0	83.0	74.0
K ⁺ , мг/дм ³	0.05	1.1	0.7	1.8	1.6	1.0	2.3	1.9	1.8
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	3	14.6	35.0	481.0	39.0	171.0	669.0	659.0	622.0
Cl ⁻ , мг/дм ³	0.5	2.9	9.6	8.2	3.1	5.0	27.0	26.0	26.2
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	2.0	3.2	1.7	9.6	4.0	0.1	5.0	7.1	3.0
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	0.1	0.19	0.01	9.40	0.34	0.05	6.80	0.10	0.01
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	1.00	0.01	0.04
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0.05	1.30	0.39	1.40	1.30	0.11	0.07	2.00	1.49
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0.01	0.12	0.28	0.11	0.12	0.26	0.17	0.21	0.04
F, мг/дм ³	0.1	0.1	<0.1	0.5	0.1	0.1	0.6	0.4	0.3
Si, мг/дм ³	0.2	0.74	6.36	9.39	1.58	9.12	14.62	12.40	27.79
Fe, мг/дм ³	0.05	0.35	5.21	2.36	0.37	2.29	2.09	0.01	3.59
Li, мкг/дм ³	0.01	1.40	3.41	3.81	1.50	4.13	4.29	5.10	7.07
Al, мкг/дм ³	1	200	1322	8	140	63	<1	23	1
Ti, мкг/дм ³	0.1	1.4	15.0	1.6	1.1	3.0	1.7	1.1	7.2
V, мкг/дм ³	0.1	1.1	2.9	0.2	0.4	0.6	<0.1	75.0	0.2
Mn, мкг/дм ³	0.1	2	712	5337	3	814	367	5	354
Co, мкг/дм ³	0.1	0.5	5.6	5.8	<0.1	1.7	0.3	<0.1	0.8
Ni, мкг/дм ³	0.1	0.5	2.2	1.0	<0.1	2.0	0.2	<0.1	<0.1
Cu, мкг/дм ³	0.1	0.0	1.9	0.0	<0.1	0.4	3.0	<0.1	79.7
Zn, мкг/дм ³	0.1	4.9	20.3	0.1	2.1	2.2	5.4	2.5	132.7
Rb, мкг/дм ³	0.1	<0.1	1.9	0.1	<0.1	2.0	4.6	<0.1	6.2
Sr, мкг/дм ³	2	67	85	568	130	371	1176	1870	1652
Ba, мкг/дм ³	2	4	21	107	9	30	554	240	352

Примечание: Q – расход воды (погрешность определения 5%); ПО – перманганатная окисляемость; УЭП – удельная электропроводность; Σmi – сумма главных ионов (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, SO₄²⁻), определяется расчетом; «нд» – нет данных

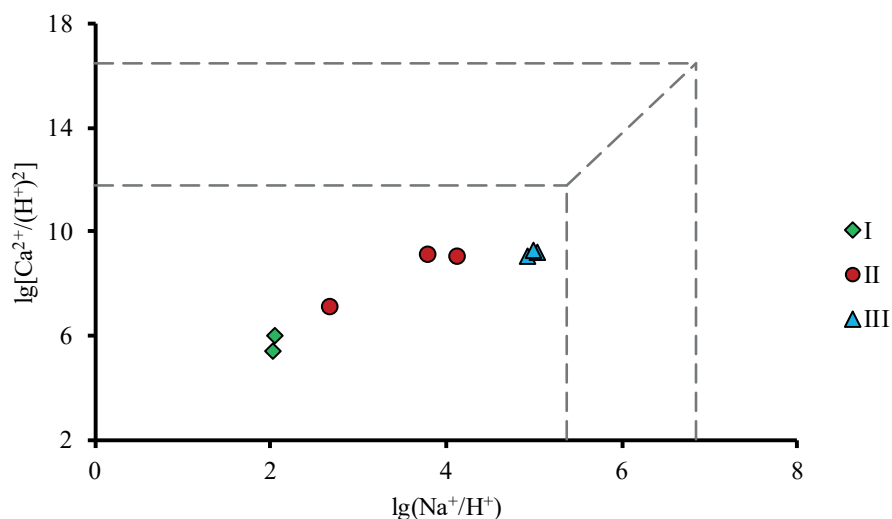


Рис. 3. Система $\text{HCl-H}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CO}_2\text{-CaO-SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$ при 25 °C, $\lg[\text{H}_4\text{SiO}_4] = -3.5$ и $P_{\text{CO}_2} = 101.5$ Па с нанесением данных по составу вод изученных водных объектов в 2024 г.:

I – р. Мура, верхнее течение; *II* – р. Мура, среднее течение, с. Вороновка; *III* – подземные воды отложений палеогенового возраста, с. Вороновка (табл.); $\lg[\text{Ca}^{2+}/(\text{H}^+)^2] = (1.17 \pm 0.16) \cdot \lg[\text{Na}^+/\text{H}^+] + (3.73 \pm 0.64)$; квадрат корреляционного отношения $R^2 = 0.90$

Fig. 3. The $\text{HCl-H}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CO}_2\text{-CaO-SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$ system at 25 °C, $\lg[\text{H}_4\text{SiO}_4] = -3.5$ and $P_{\text{CO}_2} = 101.5$ Pa with the plotted data on the composition of the waters of the studied water bodies in 2024:

I – the Mura river, upper reaches; *II* – the Mura river, middle reaches, Voronovka village; *III* – groundwater of Paleogene sediments, Voronovka village (table); $\lg[\text{Ca}^{2+}/(\text{H}^+)^2] = (1.17 \pm 0.16) \cdot \lg[\text{Na}^+/\text{H}^+] + (3.73 \pm 0.64)$; the square of the correlation ratio $R^2 = 0.90$

Также следует отметить асинхронное изменение суммы главных ионов Σ_{mi} (как показатель минерализации) в подземных (пункт III) и речных водах: величина $Kr(\Sigma: \text{II-III})$ в подземных водах и в р. Мура у с. Вороновка (пункт II) составляет 0.81 (по трем датам); в подземных водах и в пункте I (2 даты) $Kr(\Sigma: \text{I-III}) = 3.72$. Очень слабая взаимосвязь подземных и поверхностных вод отмечена и по перманганатной окисляемости (ПО): $Kr(\text{ПО}: \text{II-III}) = 0.90$; $Kr(\text{ПО}: \text{I-III}) = 5.61$. Для р. Мура в пунктах I и II наблюдается сопоставимое изменение в течение годы суммы главных ионов (величина $Kr(\Sigma: \text{I-II}) = 0.56$), но разнонаправленные колебания перманганатной окисляемости ($Kr(\text{ПО}: \text{I-II}) = 1.21$). Это, видимо, связано с тем, что в пункте I еще существенно прослеживается влияние на содержание органических веществ

болотных процессов, в то время как в пункте II уже больше проявляется режим, характерный для реки с устойчивым подземным питанием. Данный вывод подтверждается и результатами расчета значений Kr для содержаний железа, косвенно свидетельствующими о отсутствии связи болотно-речных вод в верховьях р. Мура с напорными подземными водами ($Kr(\text{Fe}: \text{I-III}) = 2.21$) и о влиянии на речные воды в среднем течении р. Мура как болотных $Kr(\text{Fe}: \text{I-II}) = 0.12$, так и подземных вод ($Kr(\text{Fe}: \text{II-III}) = 0.55$).

Различные для поверхностных и подземных вод тенденции внутригодовых изменений отмечены и при изучении условий взаимодействий в системе «вода – порода» (рис. 4). В частности, отмечено, что подземные напорные воды в течение всего года пересыщены относительно

кварца и ряда карбонатных минералов, в то время как поверхностные воды недонасыщены или близки к равновесию в отсутствие ледового покрова.

Таким образом, полученные результаты в целом подтверждают результаты ранее выполненных исследований [Савичев и др., 2023; Савичев, 2024] с применением методов косвенных оценок (воднобалансовые расчеты и анализ обобщенных материалов о химическом

составе поверхностных и подземных вод региона) о том, что взаимодействие подземных и поверхностных вод на заболоченных территориях в подзоне южной тайги Западной Сибири минимально на участках распространения верховых болот и приурочено преимущественно к заболоченным долинам, а сами взаимодействия поверхностных и подземных вод имеют сложный, нелинейный характер.

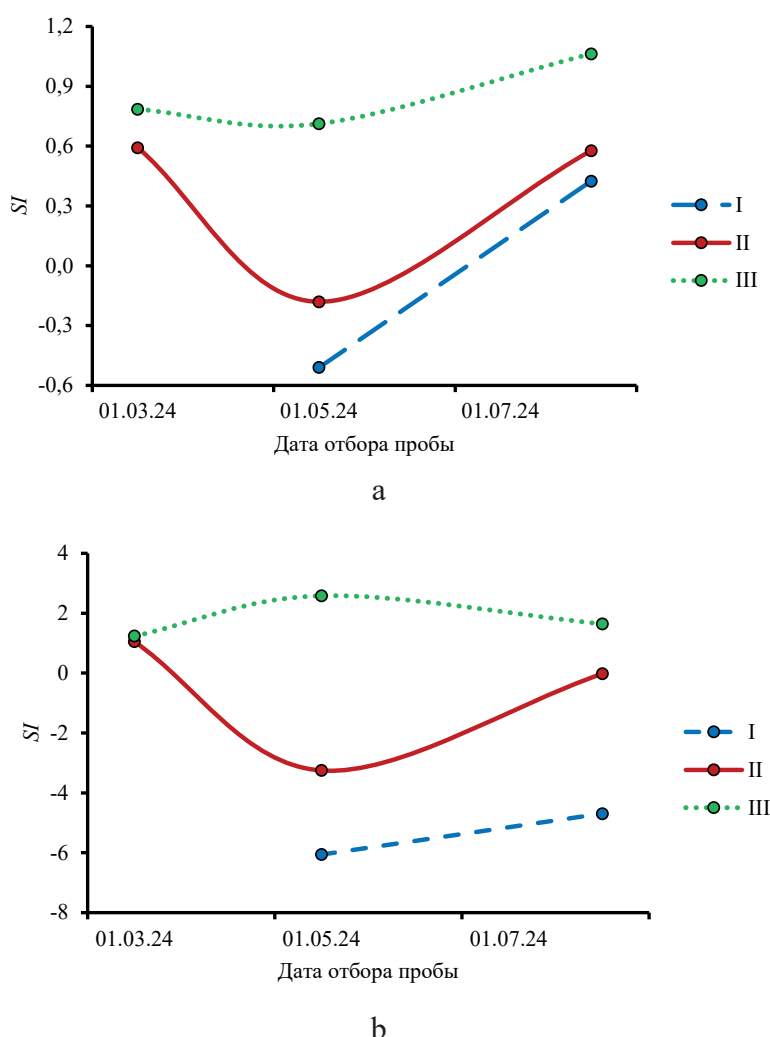


Рис. 4. Внутригодовые изменения индекса насыщения поверхностных и подземных вод относительно кварца (а: $\text{SiO}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4^0$) и доломита (б: $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2 + 2\cdot\text{CO}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 4\cdot\text{HCO}_3^-$) в 2024 г.: I – р. Мура, верхнее течение; II – р. Мура, среднее течение, с. Вороновка; III – подземные воды отложений палеогенового возраста, с. Вороновка (табл.)

Fig. 4. Intra-annual changes in the saturation index of surface and groundwater relative to quartz (a: $\text{SiO}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4^0$) and dolomite (b: $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2 + 2\cdot\text{CO}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 4\cdot\text{HCO}_3^-$) in 2024: I – the Mura river, upper reaches; II – the Mura river, middle reaches, Voronovka village; III – groundwater of Paleogene sediments, Voronovka village (table)

Заключение

Исследование, выполненное в сильно заболоченном водосборе малой реки Мура – элементе речной системы «Мура – Шегарка – Обь» (Томская область, юго-восток Западно-Сибирской равнины), показало, что значимая связь между показателями подземных напорных вод в отложениях палеогена и болотно-речных вод на водоразделе рек Шегарка и Чая практически отсутствовала в период наблюдений в 2024 г. Наибольшие различия в динамике внутригодовых изменений отмечены для суммы главных ионов – характеристике общей минерализации вод и ключевом показателе водообмена между поверхностными и подземными водами (обычно наблюдается хорошо выраженная обратная зависимость между суммой главных ионов и расходом воды).

Безусловно, подземные напорные воды испытывают влияние заболоченности, что заметно по повышенным концентрациям органических веществ, азота аммонийного и железа. Но, судя по различным тенденциям изменений других гидрохимических показателей, эта связь определяется палеогидрологическими и гидрогеологическими условиями (включая формирование и деградацию болот в меловом периоде и в палеогене), величиной и направлением водообмена между водоносными горизонтами в четвертичных отложениях, отложениях палеогена и мела, а также условиями взаимодействий в системе «вода – порода» в соответствии с положениями, развиваемыми в Сибирской гидрогеохимической школе [Шварцев и др., 2007; Shvartsev, 2008].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interests.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 23-27-00039).

Список литературы

Болота Западной Сибири. Их строение и гидрологический режим / Ред. К.Е. Иванов, С.М. Новиков. Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. 447 с.

Домаренко В.А., Пшеничкин А.Я., Дмитриенко В.П., Перегудина Е.В., Кенесбаев Б.К. Западно-Сибирский железорудный пояс: проблемы и перспективы. Томск: Изд-во ООО «СТТ», 2024. 180 с.

Зиновьев А.Т., Винокуров Ю.И., Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Трошкин Д.Н., Ельчиногова О.А., Ермолаева Н.И., Кириллов В.В., Кошелев К.Б., Краснаярова Б.А., Рождественская Т.А., Романов А.Н., Рыбкина И.Д., Папина Т.С., Яныгина Л.В. ИВЭП СО РАН: на пути решения водных и экологических проблем Сибири (к 300-летию Российской Академии наук) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2024. № 1 (72). С. 86–102. doi: 10.24412/2410-1192-2023-17207

Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Ермолаева Н.И., Зиновьев А.Т., Кошелева Е.Д., Краснаярова Б.А., Ловцкая О.В., Папина Т.С., Рыбкина И.Д., Трошкин Д.Н., Шарабарина С.Н., Яныгина Л.В. Современные водохозяйственные и экологические проблемы бассейна Оби и прогноз состояния до 2030 года // Водное хозяйство России: проблемы, техно-

логии, управление. 2022. № 6. С. 45–58. doi: 10.35567/19994508_2022_6_3.

Савичев О.Г. Изменения условий взаимодействия подземных, речных и болотных вод при заболачивании Западно-Сибирской равнины в голоцене // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2024. Т. 335, № 2. С. 170–186. doi: 10.18799/24131830/2024/2/4535

Савичев О.Г., Домаренко В.А., Владимирова О.Н., Перегудина Е.В., Кенесбаев Б.К. Условия взаимодействия природных вод в пределах Бакчарского рудного узла (Западная Сибирь) // Разведка и охрана недр. 2023. №10. С. 61–67. doi: 10.53085/0034-026X_2023_10_61

Савичев О.Г., Колоколова О.В., Жуковская Е.А. Состав и равновесие донных отложений р. Томь с речными водами // Геоэкология. 2003. № 2. С.108–119.

Савичев О.Г., Мазуров А.К. Временные изменения химического состава вод в восточной части Васюганского болота (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, №2. С. 38–48.

Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А., Дутова Е.М., Кондратьева И.А., Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода–порода: в 5 т. Т. 2. Система вода–порода в условиях зоны гипергенеза. Новосибирск: СО РАН, 2007. 389 с.

Bazanov V.A., Berezin A.E, Savichev O.G., Skugarev A.A. The phytoindication method for mapping peatlands in the taiga zone of the West-Siberian Plain // International Journal of Environmental Studies. 2009. Vol. 66, no. 4. P. 473–484. doi: 10.1080/00207230903303729

Guseva N., Savichev O. Paths to Clean Water Under Rapidly Changing Environment // BRICS Countries: Sustainable Water Resource Management and Pollution Control. Eds. Li Y., Chaudhuri H., Corrêa Rotunno Filho O., Guseva N., Bux F. Springer, Singapore, 2024. doi: 10.1007/978-981-99-9581-3_2

Shvartsev S.L. Geochemistry of fresh groundwater in the main landscape zones of the Earth // Geochemistry International. 2008. Vol. 46, no 13. P. 1285–1398.

Zemtsov V.A., Savichev O.G. Resources, regime and quality of surface waters in the Ob River basin: history, current state and problems of research // International Journal of Environmental Studies. 2015. Vol. 72, no. 3. P. 386–396. <http://dx.doi.org/10.1080/00207233.2015.1019299>

References

Bolota Zapadnoy Sibiri. Ikh stroyeniye i gidrologicheskiy rezhim [Western Siberian Swamps. Their Structure and Hydrological Regime] / Eds. K.E. Ivanov, S.M. Novikov. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1976. 447 p. (in Russian).

Domarenko V.A., Pshenichkin A.Ya., Dmitrienko V.P., Peregudina E.V., Kenesbaev B.K. Razvedka i okhrana neдр [West Siberian Iron Ore Belt: Problems and Prospects]. Tomsk: Publishing House ООО “СТТ”, 2024. 180 p. (in Russian).

Zinoviev A.T., Vinokurov Yu.I., Puzanov A.V., Bezmaternykh D.M., Troshkin D.N., Elchinina O.A., Ermolaeva N.I., Kirillov V.V., Koshelev K.B., Krasnoyarova B.A., Rozhdestvenskaya

T.A., Romanov A.N., Rybkina I.D., Papina T.S., L.V. IWEP SO RAN: na puti resheniya vodnykh i ekologicheskikh problem Sibiri (k 300-letiyu Rossiyskoy Akademii nauk) [Institute for Water and Environmental Problems SB RAS: Towards solving water and environmental problems of Siberia (to the 300th anniversary of the Russian Academy of sciences)] // *Izvestiya Altayskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]. 2024. No. 1 (72). P. 86–102. doi: 10.24412/2410-1192-2023-17207. (in Russian).

Puzanov A.V., Bezmaternykh D.M., Ermolaeva N.I., Zinoviev A.T., Kosheleva E.D., Krasnoyarova B.A., Lovtskaya O.V., Papina T.S., Rybkina I.D., Troshkin D.N., Sharabarina S.N., Yanygina L.V. Sovremennyye vodokhozyaystvennyye i ekologicheskiye problemy basseyna Obi i prognoz sostoyaniya do 2030 goda [Modern Water Management and Environmental Problems of the Ob Basin and the Forecast of the State until 2030] // *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye* [Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management]. 2022. No. 6. P. 45–58. doi: 10.35567/19994508_2022_6_3. (in Russian).

Savichev O.G. Changes in the conditions of interaction of groundwater, river and marsh waters during swamping of the West Siberian Plain in the Holocene // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2024. Vol. 335, no 2. P. 170–186. doi: 10.18799/24131830/2024/2/4535. (in Russian).

Savichev O.G., Domarenko V.A., Vladimirova O.N., Peregudina E.V., Kenesbaev B.K. Usloviya vzaimodeystviya prirodnykh vod v predelakh Bakcharskogo rudnogo uzla (Zapadnaya Sibir') [Conditions of interaction of natural waters within the Bakchar ore cluster (Western Siberia)] // *Razvedka i okhrana neдр* [Exploration and protection of mineral resources]. 2023. No. 10. P. 61–67. doi: 10.53085/0034-026X_2023_10_61. (in Russian).

Savichev O.G., Kolokolova O.V., Zhukovskaya E.A. Sostav i ravnovesiye donnykh otlozheniy r. Tom' s rechnymi vodami [Composition and Equilibrium of Bottom Sediments of the Tom River with River Waters] // *Geoekologiya* [Geoecology]. 2003. No. 2. P. 108–119. (in Russian).

Savichev O.G., Mazurov A.K. Temporal changes in the chemical composition of waters in the eastern part of the Vasyugan swamp (Western Siberia) // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2018. Vol. 329. No. 2. P. 38–48. (in Russian).

Shvartsev S.L., Ryzhenko B.N., Alekseev V.A., Dutova E.M., Kondratieva I.A., Kopylova Yu.G., Lepokurova O.E. Geologicheskaya evolyutsiya i samoorganizatsiya sistemy voda–poroda [Geological evolution and self-organization of the water-rock system]: in 5 volumes. Volume 2. Sistema voda–poroda v usloviyakh zony gipergeneza [Water-rock system under conditions of the hypergenesis zone]. Novosibirsk: SB RAS, 2007. 389 p. (in Russian).

Bazanov V.A., Berezin A.E., Savichev O.G., Skugarev A.A. The phytoindication method for mapping peatlands in the taiga zone of the West-Siberian Plain // *International Journal of Environmental Studies*. 2009. Vol. 66, no. 4. P. 473–484. doi: 10.1080/00207230903303729

Guseva N., Savichev O. Paths to Clean Water Under Rapidly Changing Environment // *BRICS Countries: Sustainable Water Resource Management and Pollution Control*. Eds. Li Y., Chaudhuri H., Corrêa Rotunno Filho O., Guseva N., Bux F. Springer, Singapore, 2024.

doi:10.1007/978-981-99-9581-3_2

Shvartsev S.L. Geochemistry of fresh groundwater in the main landscape zones of the Earth // Geochemistry International. 2008. Vol. 46, no 13. P. 1285–1398.

Zemtsov V.A., Savichev O.G. Resources, regime and quality of surface waters in the Ob River basin: history, current state and problems of research // International Journal of Environmental Studies. 2015. Vol. 72, no. 3. P. 386–396. doi: 10.1080/00207233.2015.1019299

FEATURES OF THE FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF SURFACE AND GROUND WATERS IN THE CATCHMENT SITES OF THE VASYUGAN BOG MASSIF IN THE MURA RIVER CATCHMENT (TOMSK REGION)

O.G. Savichev, V.A. Domarenko

Tomsk polytechnic university, Tomsk,

E-mail: osavichev@mail.ru, viktor_domarenko@mail.ru

A study of intra-annual changes in the chemical composition of surface and groundwater in the Mura River catchment area (Mura-Shegarka-Ob) in 2024 was carried out, including the use of the inductively coupled plasma mass spectrometric method and thermodynamic calculations. No significant relationship was found between the parameters of groundwater (Paleogene deposits) and swamp-river waters. The indirect influence of swamp waters is manifested, but it is associated not with the direct flow of substances into groundwater from swamps, but with paleohydrological conditions and water exchange between aquifers.

Keywords: chemical composition of waters; interaction of groundwater and surface waters; Western Siberia; the Mura river.

Received October 30, 2024. Accepted: December 16, 2024

Сведения об авторах

Савичев Олег Геннадьевич – доктор географических наук, профессор отделения геологии Томского политехнического университета. Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. ORCID: 0000-0002-9561-953X. E-mail: osavichev@mail.ru.

Домаренко Виктор Алексеевич – кандидат геолого-минералогических наук, член-корреспондент РАН, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: viktor_domarenko@mail.ru.

Information about the authors

Savichev Oleg Gennadievich – Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Geology Department of Tomsk Polytechnic University. Russia, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 30. ORCID: 0000-0002-9561-953X. E-mail: osavichev@mail.ru.

Domarenko Viktor Alekseevich – PhD of Geological and Mineralogical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Russia, 634050, Tomsk, Lenin Ave., 30. E-mail: viktor_domarenko@mail.ru.