

нисходящим перетеканием. Водоносный комплекс средне-верхнесармат-мэотис-понтических отложений подвергается поверхностному загрязнению в меньшей степени и локально. Основными факторами, определяющими защищенность от загрязнения, являются гидродинамические условия, геологическое строение, литологический состав пород разреза и их мощность.

#### Литература

1. Батанина Е.В. Дефицит пресной воды на полуострове Крым: проблемы и способы решения//Эпоха науки. – Ачинск, 2016. – №6. – С. 1–2.
2. Гидрогеология СССР. Том VIII. Крым / Под ред. Е.В. Рипский, Е.А. Ришес, В.Г. Ткачук, Н.И. Толстихин. – М.: Недра, 1971. – 364 с.
3. Тарасова М.В. Водная блокада Крыма как инструмент геополитического влияния на Россию//Научный вестник Крыма. – 2020. – №6 (29). – С. 1-9.
4. Тихоненков Ю.Э. Эколого-гидрогеологические условия северной части Перекопского перешейка: Автореферат. Дис. ... канд. геол.-минер. наук. – М., 1999г. – 200 с.
5. Leonteva, E., Grebneva, A., Erzova, V. The analysis of changing hydrodynamic conditions aiming to validate geo-migration model with insufficient benchmark data//International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2019. – 19(1.2). – P. 523–530.
6. Leonteva, E., Grebneva, A. Intensive groundwater exploitation in the North of Crimea – Study of quality trends//International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2018. – V. 18(1.2). – P. 401–408.

### **ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОСТАВЕ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ПЕЧИЩЕНСКОЙ ПЛОЩАДИ**

**Шеходанов В.О.**

Научный руководитель - профессор Дутова Е.М.

**ООО «ТЦ «Эвенкиягеомониторинг», г. Красноярск, Россия**

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Печищенская площадь расположена в Шарыповском районе Красноярского края на границе с республикой Хакассией с абсолютными отметками высот от 410 до 760 м. Актуальность выбора данного объекта исследования, связана с тем, что площадь изучения с давних времен привлекала внимание наличием оруденения благородными металлами [2, 7]. Внедрение гидрогеохимического метода в практику разведочных работ способствует повышению их эффективности [6]. Однако само по себе гидрогеохимическое опробование не является достаточным для поисков, необходимо наряду с определением компонентов подземных вод, также и определить направление их потока. Именно сочетание таких данных как химический состав и направление потока подземных вод и может быть использовано для поиска зон оруденения.

Таким образом, целью данной работы, было как расширение данных по химическому составу подземных вод, а также по составлению гидродинамической основы Печищенской площади.

Печищенская площадь находится на стыке Минусинской впадины и Кузнецкого Алатау. Она располагается в ЮЗ части крупной Ужурской палеовулканической структуры девонского возраста с широким развитием девонских осадочно-вулканогенных отложений, перекрытых осадочными отложениями карбона.

Гидросеть района относится к бассейну верховьев р. Чулым. Основным водотоком является р. Верх. Печище с притоками. На восточной части площади расположены оз. Еловое и группа Тазольских озер [7, 8].

В ходе выполнения гидрогеологических исследований изучались основные водоносные горизонты и комплексы, распространенные на данной территории. Пробурены и опробованы 3 скважины непосредственно на участке работ. Дешифрирование весенних космоснимков позволило выявить предполагаемые места разгрузок подземных вод и наметить маршруты в соответствии с ними. В результате за 2019-2020 произведен комплекс опытно-фильтрационных работ на 4-х скважинах (ГГ-1, ГГ-2, 35г, 36г) и обследование одиннадцати родников (№№1-11) с отбором проб.

В соответствии с принятой схемой гидрогеологического районирования район работ расположен в пределах Саяно-Тувинской гидрогеологической складчатой области, входящей в состав Алтае-Саянской сложной гидрогеологической складчатой области [5]. Подземные воды трещинно-пластовые, слабо напорные, безнапорные, связаны с разновозрастными породами. Область питания – отроги Саян, Кузнецкого Алатау, местные области – возвышенности, обнаженные участки. Питание осуществляется за счет атмосферных осадков. Выделяются следующие водоносные горизонты и комплексы: водоносный четвертичный озерно-болотный горизонт, водоносный нижнекаменноугольный комплекс, водоносный верхнедевонский комплекс, водоносный среднедевонский (бейский) комплекс, водоносный сарагашский и толтаковский среднедевонский терригенный комплекс, водоносная зона открытой трещиноватости нижнего девона [4].

В 2020 году на участке пробурено 3 гидрогеологические скважины. По результатам опытно-фильтрационных работ было установлено, что параметры соответствуют характеристикам комплексов на территории работ. Дебиты составляют от 0,3-1,3 л/с, при понижениях от 1,8 до 10,2 м, удельные дебиты 0,11-0,45 л/с/м. Коэффициент водопроницаемости составляет в среднем от 12,3 до 42,2 м<sup>3</sup>/сут.

По химическому составу воды представляют собой типичные воды выщелачивания. По величине минерализации, не превышающей 0,1-0,7 г/дм<sup>3</sup>, воды района относятся к пресным. По химическому составу подземные воды месторождения гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, в основном, магниевые-кальциевые.

Исключение составляет скважина 35г, где минерализация составляет 1,3 г/дм<sup>3</sup>, в основном, за счет преобладания сульфат-ионов, тип вод – гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые. На территории поисковой площади рН 7,3-8,0, общая жесткость до 7,8 (родник 11) - 17,3°Ж (скв. 35г). Содержание микрокомпонентов не превышает установленных норм, за исключением повышенного содержания ионов железа до 0,68 мг/дм<sup>3</sup> в родниках №№2, 3 и 11 [1]. В пробах воды родника №1, а также скважинах 35г и 36г обнаружено повышенное содержание стронция до 20 мг/дм<sup>3</sup> (таблица).

Таблица

Результаты химических анализов проб воды (выборочные элементы)

№ т.н.	рН	Жесткость, °Ж	Fe	Sr	Mo	Cu	M., г/дм <sup>3</sup>	Формула Курлова	
			мг/дм <sup>3</sup>		мкг/дм <sup>3</sup>			анионы	катионы
Родник 5	7,5	5,6	0,08	-	<1,0	4	0,48	HCO <sub>3</sub> 59 SO <sub>4</sub> 30	Ca 49 Mg 37
Родник 6	7,3	<b>7,1</b>	<0,05	2,08	<1,0	<b>33</b>	0,55	HCO <sub>3</sub> 60 SO <sub>4</sub> 33	Mg 47 Ca 46
Родник 7	7,6	4,6	<0,05	-	<1,0	2,5	0,38	HCO <sub>3</sub> 75	Ca 54 Mg 37
Родник 8	7,9	3	0,12	0,65	<1,0	<1,0	0,28	HCO <sub>3</sub> 83	Ca 51 Mg 32
Родник 9	8,0	3,4	<0,05	0,9	1,3	2	0,29	HCO <sub>3</sub> 78	Ca 60 Mg 28
Родник 11	7,9	<b>7,8</b>	0,38	2,31	6,4	1,5	0,69	HCO <sub>3</sub> 64 SO <sub>4</sub> 26	Mg 44 Ca38
скв. ГГ-2	7,6	5,3	0,27	-	<1,0	6,5	0,43	HCO <sub>3</sub> 86	Ca 62 Mg 33
Родник 1	7,6	5,9	0,10	<b>19</b>	<b>34</b>	7	0,56	HCO <sub>3</sub> 74	Ca 45 Mg 36
скв. 35г	7,4	<b>17,3</b>	0,14	<b>20</b>	<b>18</b>	<1,0	<b>1,29</b>	SO <sub>4</sub> 69 HCO <sub>3</sub> 25	Ca 83
скв. 36г	7,6	5,3	0,30	<b>14</b>	<b>16</b>	9,7	0,46	HCO <sub>3</sub> 74	Ca 56 Mg 30

Анализируя химический состав, установлена закономерность по повышенным содержаниям стронция и молибдена одновременно в одних и тех же пробах воды (родник 1, скважины 35г и 36г). Таким образом, по химическому составу подземные воды можно разделить на 2 группы по содержанию Sr и Mo. К первой группе отнесем с повышенными содержаниями: родник 1, скважины 35г и 36г, ко второй все остальные. Также необходимо отметить схожесть химического состава вод второй группы с составом поверхностных вод. В целом отмечается, что в пределах комплекса девонских образований состав подземных вод при сохранении общего облика достаточно неоднороден [3].

Для построения карты были использованы данные по единовременным замерам статических уровней (в абсолютных отметках) скважин, пробуренных в 2020 году, а также использованы абсолютные отметки выходов родников обследованных в процессе работ (2018-2020 гг.).

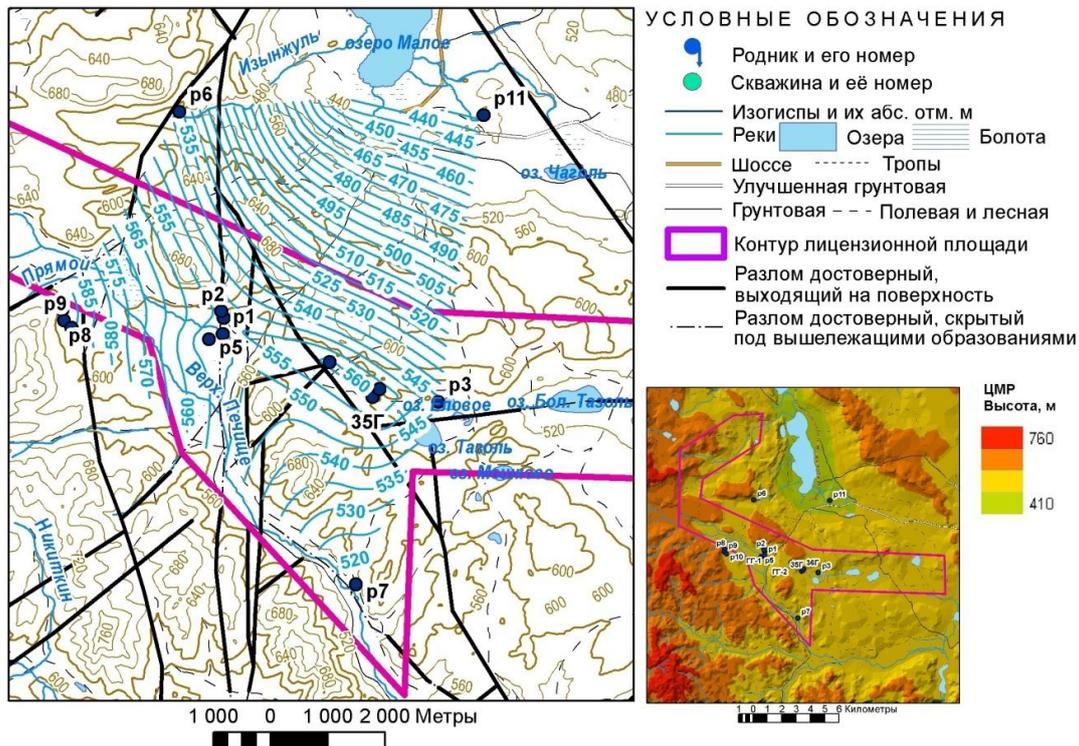


Рис.2 Карта - схема исследуемого участка Печищенской площади

Карта гидроизогипс (рис.2), составленная для выявления характера поверхности зеркала подземных вод, показывает, что в целом направление движения подземных вод согласуется с падением абсолютных отметок рельефа и с региональными закономерностями. Для наглядности, используя данные по отметкам высот, была построена цифровая модель рельефа участка работ (рис.). Падение уровня подземных вод происходит с запада на восток, за исключением локального подъема в скважинах №35г и 36г, при этом западная часть обрамляется областью питания – восточным склоном Кузнецкого Алатау, а к востоку расположена основная зона разгрузки.

Литература

1. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/573500115>.
2. Охапкин, Н. А. Геологический отчет Печищенской ПРП за 1950-51 гг. [Текст] / Н. А. Охапкин. – Красноярск : 1952. – 241 с.
3. Подземные воды Республики Хакасия и водоснабжение населения [Текст] : монография / Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, А. А. Булатов и др. – Томск : НТЛ, 2001. – 299 с.
4. Поладько, М. Ф. Объяснительная записка к гидрогеологической карте СССР листа №-45-XII масштаба 1:200 000 [Текст] / М. Ф. Поладько. – М. : 1969. – 125 с.
5. Карта гидрогеологического районирования территории РФ масштаба 1:2 500 000 [Карты] : сост. С. Л. Пугач, И. А. Коваленко и др. – М. : ФГУГП «Гидроспецгеология», 2011 – 16 л.
6. Удодов, П. А. Методическое руководство по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений [Текст] / П. А. Удодов. – М. : Недра, 1973. – 184 с.
7. Шеходанов, В. О. Гидрогеология и гидрогеохимия Печищенской площади [Текст] / В. О. Шеходанов // Природопользование и охрана природы: охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России, Томск, 21-23.04 2020. – Томск, 2020. – С. 247–252.
8. Энциклопедия Красноярского края. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://my.krskstate.ru/sharypovskiy-rayon/>.

**О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ДИФфуЗИОННОГО ПЕРЕНОСА ВЕЩЕСТВ В ТОРФЯНОМ БОЛОТЕ  
Ян Хэн**

Научный руководитель - профессор Савичев О. Г.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

В последнее время все больший научный интерес вызывают проблемы, связанные с изменением водных ресурсов и гидрологического режима водных объектов и имеющие решающее значение для экономического развития, обеспечения жизнедеятельности и безопасности населения, рационального природопользования и сохранения окружающей среды [1]. В процессе глобального круговорота воды происходит ее непрерывное взаимодействие с породами и перемещение огромного количества растворенных веществ. Эти процессы протекают как на уровне планеты, так и на уровне отдельных водных объектов и их водосборов. Их анализ является необходимым условием принятия эффективных решений в области управления водными ресурсами, включая ресурсы таких специфических водных объектов как болота [2].

В частности, для улучшения инструментов гидрогеологического, гидрологического и гидрохимического прогнозирования нами были рассмотрены закономерности адвективного переноса веществ в торфяном болоте на примере Обского болота, расположенного в левобережной части долины р. Оби в южной части Томской области в виде полосы длиной около 100 км [3, 4].

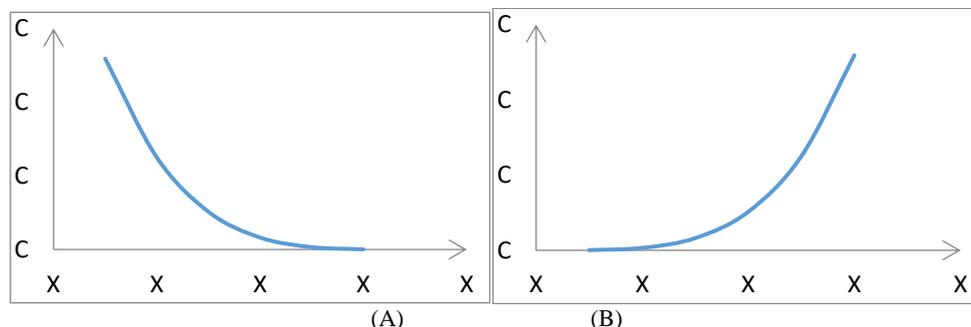
С учетом закона Фика, уравнение баланса массы вещества, переносимых в торфяном болоте:

$$-\Delta x \Delta y \Delta z (C_{t+\Delta t} - C_t) = -E \left[ \left( \frac{\partial C}{\partial x} \right)_{x+\Delta x} - \left( \frac{\partial C}{\partial x} \right)_x \right] \Delta y \Delta z \Delta t$$

Если рассматривать только гидродисперсию (что характерно для инертного горизонта торфяной залежи), то уравнение принимает вид:

$$\left( \frac{\partial C}{\partial t} \right)_{disp} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2},$$

где коэффициент  $E$  – коэффициент гидродисперсии размерностью  $[L^2 T^{-1}]$ . Если  $C_{t+\Delta t} > C_t$ , то  $\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} > 0$ ,  $\left( \frac{\partial C}{\partial x} \right)_{x+\Delta x} > \left( \frac{\partial C}{\partial x} \right)_x$ , а кривые изменения концентрации  $C$  по линии  $X$  имеют вид (1):



**Рис.1 Кривая взаимосвязи между концентрацией и перемещением**

Если  $C_{t+\Delta t} < C_t$ , то  $\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} < 0$ ,  $\left( \frac{\partial C}{\partial x} \right)_{x+\Delta x} < \left( \frac{\partial C}{\partial x} \right)_x$ , а кривые связи концентрации  $C$  по линии  $X$  принимают вид (рис. 2):