

При изучении размерных форм миграции элементов, установлено, что доля коллоидных форм (от 10 кДа до 0,45 мкм) редкоземельных элементов изменяется в широких пределах – от 30 до 60%. Уран на 90% мигрирует в формах, которые проникают через мембрану 10 кДа, а более 70% тория задерживается на мембране.

Таким образом, эколого-геохимическое состояние реки Уллу-Муруджу соответствует ее охранному статусу. Даже крайне низкие концентрации органических веществ способны определять доминирующие формы широкого спектра элементов. Не подтвердились сведения об обогащении вод реки серебром. Высокая сохранность ландшафта, эстетического вида и отсутствие следов хозяйственной деятельности показывает существенный рекреационный потенциал данного объекта.

#### Литература

1. Gaillardet J., Viers J., Dupré B. Trace Elements in River Waters /Treatise on Geochemistry: 2<sup>nd</sup> Ed. V. 7. - 2013. P. 195-235.
2. Milne, C. J., Kinniburgh D. G., Van Riemsdijk W. H., Tipping E. Generic NICA - Donnan model parameters for metal-ion binding by humic substances// Environmental Science and Technology, - 37(5), - 2003. - 958–971.
3. Toropov A.S., Soldatova E.A., Rikhvanov L.P. Forms of radionuclides (U and Th) migration in natural waters under different geochemical conditions based on computational and experimental data// Bulletin of the Tomsk Polytechnic University Geo Assets Engineering. - 2020. - V.331 (12), - P. 7–21.

### **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО ВОД РОДНИКОВ Г. ТОМСКА**

**Тургунбаев Б.У.**

Научный руководитель доцент Хвощевская А.А.

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

На территории г. Томска имеется большое количество естественных выходов подземных вод на дневную поверхность в виде родников. Они являются одним из стратегических объектов и при возникновении чрезвычайной ситуации могут выступать как источники питьевой воды для населения. В настоящее время воды родников активно используются населением города в питьевых целях, как аналог чистой природной питьевой воды, а оценка их качества носит описательный характер – вкусная, прозрачная, чистая и пр. Получение информации о химическом составе вод родников является актуальным, т.к. позволит оценить их качество и установить характер и влияние антропогенного фактора на состояние подземных вод территории г. Томска.

Цель работы – изучить химический состав вод родников, оценить особенности их временной изменчивости и установить влияние на них антропогенного фактора.

Значительное количество родников зафиксировано в пределах исторической части города на территории Сибирского ботанического сада и Университетской рощи Томского государственного университета. Комплекс этих источников соответственно получил название «Университетские» или «Ботанические», исходя из их территориального расположения. Эта группа родников представляет особую культурно-историческую, ландшафтно-эстетическую, водохозяйственную и практическую значимость [1]. Их обозначенные выходы имеются в надпойменной террасе и на склоне прибрежной части р. Томь и обеспечивают водный баланс водных объектов исследуемой территории и главной водной артерии г. Томск р. Томи и питают озеро Университетское. Родники выходят на склоне и приподняты над озером, воды стекают в дренаж, затем поступают в озеро. Данная зона большей своей частью входит в состав водоохранной зоны р. Томь. Исследуемая территория приурочена и занимает часть Кировского района г. Томска.

В основу работы положены данные химического состава вод 5 родников: Дионисия (1), Святой Анны (2), Флоринский (3), Ренкуль (4), Университетский (5). Отбор проб вод и исследование их состава проводилось в октябре 2020 г. с участием автора. Химический анализ вод выполнялся в ПНИЛ ГГХ ИШПР ТПУ инженерами Хребтовой Д.С., Куровской В.В., Погуца А.С. Определение параметров состава вод проводилось по методикам, включенным в федеральный информационный фонд с использованием методов титриметрии, потенциометрии, фотоколориметрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Результаты представлены в таблице.

Согласно данным полевых наблюдений, воды всех родников имеют благоприятные органолептические свойства, они прозрачные, без цвета и без запаха. Температура воды колеблется от 7 до 10<sup>0</sup>С, а расход варьирует от 0,16 л/с до 1,15 л/с (род. Университетский). Из таблицы видно, что воды всех родников являются пресными с минерализацией (М) от 673 до 779 мг/л, нейтральными либо слабощелочными, с преобладанием последнего типа, жесткими (7,4-8,7 °Ж). По классификации С.А. Шукарева воды относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу, что характерно для природных подземных вод Томского района. Однако, в анионном составе вод отмечается значительное количество сульфат – иона до 12 % экв. и хлорид – иона до 16 % экв., а в катионном ионов магния и натрия до 18 и 21 % экв. соответственно, что указывает на дополнительный (неприродный) источник поступления отмеченных компонентов в воды. На ряду с этим в водах отмечается повышенное содержание нитрат-иона, что указывает на идущий в водах процесс минерализации органического вещества, имеющий длительный характер. Этот факт подтверждает и присутствие СО<sub>2</sub><sup>св</sup> и величина перманганатной окисляемости (П.Ок.). Обобщенные формулы солевого состава исследуемых вод (их химический тип) представлены в таблице.

Содержание большинства исследованных микрокомпонентов находится на уровне природных фоновых значений и не превышает допустимых для питьевых вод ПДК. На границе допустимых значений либо их превышает содержание железа и марганца, что характерно для природных подземных вод исследуемой территории, как и высокое содержание в них бария и стронция. На ряду с этим наблюдаются высокие концентрации мышьяка, бора и лития, относящихся ко 2 классу высокоопасных компонентов, нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку

вредности. Сумма отношений содержаний этих компонентов к соответствующим ПДК составляет 1,17 единиц, т.е. превышает 1,0 и указывает на потенциальную опасность присутствующих в водах веществ здоровью человека при использовании данных вод в питьевых целях [3].

Следует заметить, отмеченные особенности химического состава вод исследуемых родников носят постоянный характер, о чем свидетельствуют данные полученные в период с 2015 по 2019 гг. При этом выделенные в составе вод компоненты в совокупности с их повышенным содержанием указывают на наличие антропогенной нагрузки на подземные воды данной территории. Полевые наблюдения за особенностями техногенной нагрузке на исследуемую территорию показали, что основными видами негативного воздействия на подземные воды являются: ливневые сточные воды с территорий промышленных площадок заводов, жилых микрорайонов и автодорог; несанкционированные мусорные свалки; места организованного сбора мусора с жилых домов; несанкционированные парковки автомобилей и зачастую на газонах, что влечет нарушение травяного покрова и вынос на дорожную поверхность почвенно-гравийного материала и его последующее попадание в ливневый сток пр. Значительные объемы отходов строительного мусора и блоков разрушенных зданий присутствуют в оконечной части Сибирского ботанического сада, а часть площадки Томского электромеханического завода сложена таковыми и в виде склона сформирована на западной оконечности озера Политехник. Основываясь на гигиенической классификации санитарных правил [3] степень влияния техногенного фактора на качество подземных вод родников является «Предельной» и характеризуется категорией «Стабильное превышение фоновых значений при их максимальных уровнях меньше ПДК».

Таблица

Химический состав вод родников

Показатель	С <sub>ср</sub> [4]	ПДК [2]	1	2	3	4	5(2020г.)	5(2016г.)
pH, ед.pH	7,41	6,5-8,5	7,5	7,95	8,1	7,9	7,4	7,23
УЭП, мS/см		2,5	0,74	0,83	0,79	0,86	0,78	0,8
M, г/л	420	1,0-1,5	673	763	736	779	693	724
CO <sub>2</sub> <sup>св</sup>	31		<b>40,1</b>	5,28	<3,0	5,28	<b>30,8</b>	<b>44</b>
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>			<3,0	<3,0	7,8	<3,0	<3,0	<3,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	313		420	448	440	470	418	415
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,4	500	<b>53</b>	<b>56</b>	<b>59</b>	<b>63</b>	<b>56</b>	<b>57</b>
Cl <sup>-</sup>	5,3	350	<b>23</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>46</b>
О.ж*,мг-экв/л	3,5	7-10	7,60	8,70	7,60	8,60	7,40	8,8
Ca <sup>2+</sup>	66		120	140	120	144	116	146
Mg <sup>2+</sup>	15		19,5	20,7	19,52	17,08	19,52	18
Na <sup>+</sup>	14	200	<b>28,10</b>	<b>36,00</b>	<b>47,70</b>	<b>43,60</b>	<b>46,00</b>	<b>40</b>
K <sup>+</sup>	1,2		8,9	2,1	4,9	1,2	2,1	1,84
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,7	2,5	<0,05	<0,05	0,96	<0,05	<0,05	0,46
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,011	3,0	0,08	<0,02	0,07	0,02	0,35	0,23
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,025	45	22,8	9,3	5,2	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>30</b>
П.Ок., мгО/л		5-7	1,88	1,42	3,28	1,1	1,34	1,5
1 класс опасности (чрезвычайно опасные)								
Be	0,0002	0,00024	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	0,000006	
Tl	0,0001		<0,0000001	<0,0000001	0,000010	0,000005	0,000003	
<i>Продолжение таблицы 1</i>								
2 класс опасности (высокоопасные)								
Al	0,17	0,5	0,0013	0,0031	0,0026	0,014	0,0082	
<b>B</b>	<b>0,06</b>	<b>0,5</b>	<b>0,10</b>	<b>0,093</b>	<b>0,065</b>	<b>0,070</b>	<b>0,065</b>	
Ba	0,025	0,1	0,10	0,0667	0,049	0,066	0,060	
Co	0,00034	0,1	0,00055	0,00013	0,00026	0,00019	0,00028	
Cd	0,00015	0,001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,0000054	0,000005	
<b>Li</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>0,0078</b>	<b>0,011</b>	<b>0,0053</b>	<b>0,010</b>	<b>0,0095</b>	
Mo	0,0009	0,25	0,00002	0,0014	0,0013	0,00027	0,00034	
<b>As</b>	<b>0,002</b>	<b>0,05</b>	<b>0,00034</b>	<b>0,00075</b>	<b>0,0064</b>	<b>0,00045</b>	<b>0,00069</b>	
<b>Sr</b>	<b>0,19</b>	<b>7,0</b>	<b>0,55</b>	<b>0,48</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>	<b>0,37</b>	
3 класс (опасные)								
<b>Fe</b>	<b>0,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,21</b>	<b>0,17</b>	<b>0,55</b>	<b>0,20</b>	<b>0,17</b>	<b>0,06</b>
Cr	0,003	0,1	0,0033	0,0038	0,0029	0,0047	0,0033	
<b>Mn</b>	<b>0,059</b>	<b>0,1</b>	<b>2,13</b>	<b>0,13</b>	<b>1,48</b>	<b>0,0039</b>	<b>0,20</b>	<b>0,21</b>
Zn	0,043	1,0	0,0016	0,0039	0,0018	0,00039	0,0040	
Cu	0,05	1,0	0,00047	0,00055	0,00045	0,00035	0,00048	

УЭП – удельная электрическая проводимость, О.ж. - общая жесткость, Ионный состав включает компоненты с содержанием более 10 % экв.; С<sub>ср</sub>-среднее содержание в водах провинции умеренно-влажного климата [4]; жирным шрифтом выделены компоненты с высоким содержанием.

Проведенные исследования показали, что антропогенное влияние на подземные воды исследуемой территории носит постоянный характер, о чем свидетельствуют стабильно высокие содержания нормируемых

компонентов (натрия, сульфат-, хлорид-, нитрат-ионов) за 5 летний период наблюдения за составом вод родников. Отмеченные особенности свидетельствуют об удовлетворительном качестве вод родников и их использование в питьевых целях на регулярной основе не желательно.

#### Литература

1. Назаров А. Д. Родники г. Томска - распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства (краткие сведения по исторической части города) / А. Д. Назаров // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. — 2002. — Т. 305, вып. 8 : Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений. — [С. 236-256].
2. СанПиН 2.1.4.1175 – 02 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901836057>.
3. СП 2.1.5.1059 – 01 Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901794517>.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

### **ИЗУЧЕННОСТЬ ВЛИЯНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ СЕЗОННОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ В СОЧЕТАНИИ С ОТТАИВАНИЕМ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

**Филимонов А.А.**

Научный руководитель профессор Строкова Л.А.

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

Основной задачей при вскрытии многолетнемерзлых грунтов по трассе проектируемого трубопровода, является корректная оценка изменения геокриологических условий при техногенном воздействии, и выбор способа прокладки трубопровода, обоснованный как технически, так и экономически.

Подземный способ прокладки трубопровода заключается в монтаже трубопровода ниже планировочной отметки земли, в теле грунта. Преимущества подземной прокладки заключаются в возможности устройства трубопровода в сложнейших геологических условиях (подземные переходы, горизонтально-наклонное бурение), технологичности строительного процесса, низкую стоимость строительного-монтажных работ по сравнению с наземным и наземным способами.

Но также есть и ряд больших недостатков: непосредственное температурное воздействие на многолетнемерзлые грунты с последующими осадками грунтов, затруднительность наблюдения за состоянием трубопровода и проведения ремонтных работ, высокая аварийность и сложность расчета системы «грунт-трубопровод». Также к минусам можно отнести то, что для подземной прокладки, в связи с ее непосредственным контактом с грунтом на протяжении всей трассы, требуются максимально детальные инженерные изыскания.

Мерзлые грунты, как известно, отличаются от дисперсных немерзлых грунтов сцементированностью минеральных частиц грунтом и наличием криогенной структуры и текстуры. Это обуславливает фазовые переходы грунтовой воды в лед и обратно, что сопровождается сложными физико-химическими процессами. Промерзание и протаивание грунтов является термодинамическим процессом, протекающим в неоднородной капиллярно-пористой среде. Во время сезонного промерзания и протаивания происходит изменение температурного поля, в связи с чем, происходит преобразование не только льда, но и минерального, химического и органического состава скелета породы. Изменение агрегатного состояния и теплофизических характеристик среды происходит одновременно с массопереносом, вызванным миграцией влаги, что говорит о нелинейности процесса [4]. Задача о протекании данных процессов является одной из сложных задач математической физики.

Для решения данных задач существует значительное количество методов расчета теплового режима промерзающих-протаивающих грунтов.

Одной из наиболее простых является постановка задачи Стефана, или задачи о промерзании-протаивании пород с образованием границы раздела фаз [2]. В данной задаче рассматривается среда с возможностью образования единой фазовой границы – на тепловой изотерме с температурой фазового перехода грунта. При постановке задачи, среда имеет всего 2 зоны – мерзлую зону, с наличием воды в агрегатном состоянии льда, и талую, с наличием свободной и связанной воды в среде в жидком агрегатном состоянии. В общем случае, данная задача решается численно при помощи простейших программных комплексов.

Постановка задачи о промерзании-протаивании пород в спектре температур является усложненной задачей. Она позволяет учитывать фазовый переход связанной воды тонкодисперсных грунтов в спектре температур. Таким образом, при этой постановке, среда имеет 3 зоны – мерзлую, талую и промерзающую. Данная задача является более приближенной к реальному процессу, происходящему в среде, но в нем также, как и в задаче Стефана учитывается только кондуктивный теплоперенос.

Для полноценного учета процессов промерзания и оттаивания в тонкодисперсных грунтах, требуется учитывать не только кондуктивный перенос тепла, но и конвективный перенос, обусловленный наличием миграции и фильтрации влаги. При распределении тепловых полей, конвективный теплоперенос оказывает значительное влияние на смещение фазовых границ раздела. Поставленную задачу на данный момент можно моделировать следующими методами: для насыщенных грунтов процесс фильтрации моделируется на основе дифференциального уравнения Дарси, для ненасыщенных грунтов фильтрация описывается уравнением Ричардса или Бринкмана [3].