

восточное рудное тело с расположенными в нем подземными горными выработками, выполняющими роль дополнительного источника возмущения фильтрационного потока. В этом случае ожидается некоторое сокращение водопритоков на западном участке за счёт совместного дренирующего эффекта системы подземных горных выработок

Прогнозные расчёты водопритоков на последовательных этапах отработки месторождения выполняют роль разведочного моделирования (в аналитической, численно-аналитической или численной постановке), позволяя непрерывно уточнять используемые расчётные схемы для повышения надёжности прогнозов водопритоков за счёт наиболее полного учёта исходных данных, получаемых при развитии фронта горных работ.

#### Литература

1. Дроздов А. В. Горно-геологические особенности глубоких горизонтов трубки Удачной // ГИАБ. 2011. №3.
2. Алексеев С. В. Криогидрогеологические системы Якутской алмазоносной провинции. – Новосибирск: Изд-во Гео, 2009. – 314 с.
3. Кузеванов К.И., Савичев О.Г., Решетько М.В. Математическое моделирование процессов в компонентах природы; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 144 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ТОМСКОГО ПОДЗЕМНОГО ВОДОЗАБОРА

**А.В. Карманова**

**Научный руководитель профессор В.К. Попов**

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

Томский подземный водозабор эксплуатирует подземные воды месторождения, открытого в междуречье р. Оби и р. Томи сотрудниками кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Рассказовым Н.М. и Удодовым П.А. в 1963 г [3]. Вода в Томи была настолько загрязнена промышленными и хозяйственными-бытовыми отходами, что существовавший метод очистки не позволял освободить ее от всех ядовитых примесей [1]. Глубоко залегающие подземные воды подвержены наименьшему техногенному загрязнению. Однако их использование требует больших затрат на строительство инженерных сооружений, связанных с водоподготовкой. Химический состав таких вод характеризуется повышенной минерализацией и, для территории Томской области, повышенным содержанием железа. Данный металл занимает особое место среди природных примесей, содержащих в подземных водах, и роль его во многих природных геохимических процессах велика. Поэтому на большинстве станций образуется огромное количество железосодержащего осадка. С такой проблемой столкнулся с начала эксплуатации Томский подземный водозабор.

Водоподготовка на подземном водозаборе осуществляется следующим образом:

1. Подземная вода поступает в аэраторы, где содержащееся в воде двухвалентное железо окисляется до трехвалентного. В процессе аэрации из воды также удаляются растворенные в ней газы.
2. Затем вода поступает на скорые фильтры, где происходит очистка от механических примесей. После фильтрации вода скапливается в резервуарах чистой воды, где группой агрегатов насосной станции перекачивается в дополнительные резервуары, при этом происходит ее обеззараживание гипохлоритом натрия [2]. Этот реагент безопаснее, чем жидкий хлор, который использовался до декабря 2011 г.
3. Повысительными агрегатами насосных станций вода подается к конечным потребителям.

Автором были отобраны пробы подземной воды поступающей на станцию водоподготовки, из системы повторного использования и воду после фильтров. Система повторного использования предназначена для приема воды после промывки скорых фильтров с большим количеством взвешенных частиц (более 300 мг/л), отстаивания промывной воды в течение времени необходимого для выпадения взвешенных частиц в осадок, и снижения мутности до концентрации 10 мг/л [4]. После этого промывную воду подают в голову очистных сооружений, а осадок откачивают на иловые поля.

Исследование химического состава подземных вод выполнялось в аккредитованной лаборатории научно-образовательного центра «Вода» Томского политехнического университета (табл. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о превышении содержания железа и кремния в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01. Все остальные показатели находятся в пределах нормы. В процессе водоподготовки повышается рН, увеличивается содержания хлора, гидрокарбоната и нитратов, но при этом наблюдается снижение наибольшего показателя.

Также были получены результаты по редкоземельным элементам в подземной воде. Из чего можно сделать вывод, что водоподготовка дает положительные результаты по таким элементам, как гадолиний, диспрозий и эрбий (таблица 2). Рост концентрации редкоземельных элементов в системе повторного использования связан с отстаиванием воды в течение время, вследствие чего происходит накопление данных элементов.

Таблица 1

Химический состав природной воды

Показатели	Ед. измерения	ПДК (СанПиН 2.1.4.1074-01)	Подземная вода	Система повторного использования	Вода после фильтров
pH	ед.pH	6-9	6,8	6,38	7,14
CO <sub>2</sub>	мг/л		41,4	92,4	29,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/л		329	354	369
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/л	500	2,29	3,73	2,07
Cl <sup>-</sup>	мг/л	350	7,98	13,45	10,4
Общая жесткость	мг/л	7,0	5,20	5,60	5,82
Ca <sup>2+</sup>	мг/л		80	80	87,2
K <sup>+</sup>	мг/л		0,72	1,04	0,79
Mg <sup>2+</sup>	мг/л		14,6	19,56	17,8
Na <sup>+</sup>	мг/л	200,0	13,9	16	14
Fe <sub>общ</sub>	мг/л	0,3	<b>2,2</b>	<b>7,5</b>	0,075
Общая минерализация	мг/л	1000	448,5	487,8	501,3
Окисляемость перманганатная	мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,00	1,5	2,22	0,98
Электропроводность	mS/cm	2,5	0,487	0,51	0,559
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/л	2,0	0,85	0,0029	0,22
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/л	3,0	<0,02	<0,02	<0,02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/л	45	0,1	2,23	0,98
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	мг/л		0,57		0,121
Si	мг/л	10,0	<b>12,06</b>	<b>11,94</b>	<b>12,2</b>
J	мг/л		0,15	0,083	0,04

Таблица 2

Содержание в подземной воде редкоземельных элементов

	Легкие редкоземельные элементы (нг/дм <sup>3</sup> )					Тяжелые редкоземельные элементы (нг/дм <sup>3</sup> )								
	<i>La</i>	<i>Ce</i>	<i>Pr</i>	<i>Nd</i>	<i>Sm</i>	<i>Eu</i>	<i>Gd</i>	<i>Tb</i>	<i>Dy</i>	<i>Ho</i>	<i>Er</i>	<i>Tm</i>	<i>Yb</i>	<i>Lu</i>
Подземная вода	1,7	0,6	<0,5	<0,5	2,3	<0,5	1,1	<0,5	1,4	<0,5	1,1	<0,5	<0,5	<0,5
Система повторного использования	15	25	<0,5	8,8	3,1	<0,5	5,2	<0,5	5,1	<0,5	4,1	<0,5	<0,5	<0,5
Вода, прошедшая очистку на фильтрах	1,5	0,7	<0,5	<0,5	2,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Благодаря своим свойствам, а также согласованному химическому поведению, редкоземельные элементы считаются важными микрокомпонентами в изучении различных геологических процессов, а именно генезиса магматических горных пород, эволюции коры и мантии, основанном на предположении, что эти элементы «неподвижны» во время метаморфических процессов. Но поведения этих элементов в природных водах осложняется различными процессами, такими как формирование водных комплексов, коллоидный транспорт, ионный обмен и адсорбция, что приводит к фракционированию этих элементов в водных растворах по сравнению с материнской породой [5]. В настоящее время проводятся мониторинговые исследования, по сколько концентрации редкоземельных элементов определяют область применения железосодержащих осадков, а также показывает динамику содержания в качестве индикатора трансформации условий формирования химического состава природной воды.

Томский подземный водозабор сбрасывает большое количество железосодержащего осадка в р. Кисловку (примерно 150 кг. в сутки), что усугубляет экологическую проблему данного района. Производительность станции обезжелезивания составляет 207,5 тыс.м<sup>3</sup>/сут. [4]. Химический состав железосодержащих осадков зависит от двух факторов: физико-химических показателей состава воды и характер технологических операций.

Оценка экономической эффективности определяется, как отношение социальных, экономических и экологических результатов мероприятий к затратам на его осуществление. Вследствие чего снижается вероятность

негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому железосодержащие осадки являются практически не востребуемыми вторичными минералами, хотя пути их утилизации очень широки. Например, переработка на химические реактивы или получение стройматериалов. Недостаточная изученность данного вопроса тормозит решение, сложившейся проблемы многих регионов, которая с каждым годом набирает обороты. Рациональные пути использования таких осадков повышают экологическую безопасность водных объектов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00429 мол\_а.*

#### Литература

1. Попов В. К., Лукашевич О.Д., Коробкин В.А. и др. Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь – Томского междуречья. Томск: Издательство Томского архитектурно – строительного университета, 2003. – 174 с.
2. Viktor K. Popov, Elena Yu. Pasechnik and Anna Karmanova. Recycling of iron-containing deposits – the main way to increase the efficiency of water-protective measures on the territory of the Tom lower course/ MATEC Web of Conferences 85, 2016
3. От чистого истока. Век Томского водопровода / под ред. А.Ф. Порядина, В.П. Зиновьева. – Томск: ГалаПресс, 2005. – 304 с.
4. Лисецкий В.Н., Брюханцев В.Н., Андрейченко А.А. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 164с.
5. Чудаев О.В., Чудаева В.А. Микроэлементы и элементы редкоземельной группы в минеральных водах Приморья // Геология и горное дело в Приморье прошлом, настоящем и будущем. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – С. 93–96.

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ТОМСКА

Т.В. Коржова

*Научный руководитель старший преподаватель А.В. Леонова*

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

Неблагоприятные геологические процессы, это процессы и явления, которые приводят к разрушениям зданий и сооружений или нарушению их нормальной эксплуатации, а также стихийным бедствиям, вызывающим негативные последствия [2]. Естественно, что такие процессы представляют опасность для жизни и деятельности человека, что вызывает необходимость выявлять причины, условия и факторы развития геологических процессов и выбирать способы обеспечения безопасности населения, проживающего в городе.

Территория города Томска является довольно активной в отношении экзогенных геологических процессов. Различные источники дают информацию о таких геологических процессах, развитых на территории г.Томска, как оползни, подтопление, оврагообразование, пльвуны, суффозия, речная эрозия и других.

Большое внимание исследователями уделяется изучению оползней, как одному из наиболее неблагоприятных геологических процессов на территории города. Оползень – это смещение горных пород, слагающих склон, на более низкий уровень в виде скользящего движения без потери контакта между движущимися и неподвижными породами. Главной причиной развития оползней является действие гравитационных сил [6]. В Томске оползни развиты достаточно широко – на склоне Лагерного сада, в микрорайоне Солнечный, в исторической части города. Общая площадь оползней в Томске составляет около 40 гектаров, они активно влияют на инженерные сооружения [7].

Как выяснено в результате исследований, главными причинами оползней на территории микрорайона «Солнечный» стали: дополнительная загрузка склона в результате строительства двух десяти жилых домов; техногенного подтопления за счет утечки воды из подземных коммуникаций; наличие в центральной части района котлована, вырытого для строительства детского сада, который заполнялся тальми водами и служил источником для формирования техногенной водоносной горизонты; отсутствие дренажа и ливневой канализации. Совокупное воздействие перечисленных природных и антропогенных факторов стало причиной того, что стабильность склон оказалась необеспеченной и развитие оползневых процессов привело к появлению трещин в подвале и части конструкций зданий, полному разрушения домов и гаражей возле подпорной стенки, трещинам в самой подпорной стенке [7]. Активное развитие оползневых процессов на территории Лагерного сада, в первую очередь, связано с тем, что на территории состояние геологической среды опасно, а уровень инженерной защиты неудовлетворительный. В результате исследований выделены факторы: чередование в разрезе пород разного состава, с преобладанием глинистых, разного возраста и различных свойств; активная речная эрозия правого берега, изгиб русла реки; выветривание; локальные выходы грунтовых вод; подрезка склона, пригрузка поверхности склона постройкам зданий и сооружений, строительство на склоне, отсутствие достаточного поверхностного стока, увеличение концентрации воды в породах [3].

Причины подтопления – подъема уровня вод – сочетание природных условий городской территории с результатами градостроительного планирования и хозяйственной деятельности человека: геоморфологические – расположение объектов в пойме; геологические – сочленение двух структур, характер четвертичных отложений; гидрогеологические – близкое к поверхности залегание уровня грунтовых вод, двухэтажное гидрогеологическое