ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЗОЛООТВАЛА ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1

Усманова Л.И., Замана Л.В., Усманов М.Т.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия,
e-mail: larisaum@mail.ru, l.v.zamana@mail.ru, usgi@yandex.ru

АННОТАЦИЯ: В результате фильтрационных утечек из гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1 по потоку подземных вод сформировался ореол протяженностью свыше 3 км вплоть до оз. Кенон гидрокарбонатно-сульфатных вод с минерализацией более 1,0 г/л, некондиционных в питьевом отношении по общей минерализации, величине жесткости и содержанию магния и кремния.

1. ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение природных вод на участках размещения золоотвалов – общая проблема угольных ГРЭС и ТЭЦ [2, 4]. В этом отношении Читинская ТЭЦ-1 не составляет исключения. Цель данного сообщения – по результатам выполненных авторами работ показать изменение химических характеристик подземных и поверхностных вод в зоне влияния ее гидрозолоотвала.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований кроме самого золоотвала были пункты подземных вод в районе его размещения, а также руч. Кадалинка и оз. Кенон, попадающие в зону влияния золоотвала.

Гидрозолоотвал (ГЗО) Читинской ТЭЦ-1 находится в 3 км к северо-западу от ее площадки и оз. Кенон (рисунок) и представляет собой огражденный дамбами накопитель в понижении рельефа Читино-Ингодинской межгорной впадины. Площадь его около 115 га, эксплуатируется он с 1973 г. К настоящему времени ГЗО практически заполнен, в стадии строительства вторая его очередь на участке, примыкающем к существующим секциям с запада.

В гидрогеологическом отношении участок приурочен к осевой части Читино-Ингодинского артезианского бассейна в зоне транзита подземных вод водоносного комплекса нижнемеловых нормально-осадочных отложений доронинской свиты.

Рисунок 1. Местоположение гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1 и пунктов отбора водных проб:
1 – пруд-отстойник ГЗО; 2 – секция сброса пульпы; 3 – труба, дренирующая секцию сброса пульпы;
4 – родниковая разгрузка; 5 – скважина в пос. Черемушки; 6 – скважина в долине руч. Кадалинка;
7, 8 – руч. Кадалинка

Породы комплекса на глубину 500-600 м в основном представлены алевритами и песчаниками с примерно равным соотношением пачек мощностью от 50-70 до 110-130 м. Водоносными являются преимущественно песчаники. Фильтрационные свойства пород сильно колеблются, максимальные коэффициенты фильтрации песчаников достигают 35 м/сут. Воды комплекса в верхней гидродинамической зоне (на первом водоупоре) грунтовые, с глубиной становятся напорными.

Химико-аналитические определения макро- и микрокомпонентов выполнены в сертифицированной лаборатории ИПРЭК СО РАН стандартизированными методами. Применялись титриметрический (CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-}), турбидиметрический (SO_4^{2-}), потенциометрический (pH, Cl, F), фотометрический (Si, P, перманганатная окисляемость), атомно-абсорбционный (основные катионы, стронций, другие металлы) и другие методы анализа. Насыщение вод по возможным вторичным минеральным фазам определялось термодинамическими расчетами по программе HydroGeo.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Химический состав воды отстойника ГЗО по результатам выполненных нами с 1991 г. нескольких разовых опробований до 2008 г. был

сульфатным магниево-кальциевым, содержание сульфат-иона не превышало 600 мг/л. Основным источником его высоких концентраций служит сульфидная сера (в виде пирита, марказита), содержащаяся в сжигаемом угле и минеральных золообразующих компонентах. Некоторый вклад вносит также серная кислота, используемая ТЭЦ при чистке котлов от накипи. В 2008 г. отмечен рост концентраций хлора и натрия в воде отстойника, вызванный, очевидно, поступлением их в золоотвал вследствие применения в тех же целях хлорида натрия. Анионный состав воды отстойника в результате стал хлоридно-сульфатным, а катионный – натриево-магниево-кальциевым. Минерализация воды, по данным за 2002-2015 годы, в летний период изменялась от 0,77 до 1,14 г/л. Эти колебания обусловлены динамикой состава используемой для золоудаления воды, различным составом сбрасываемых в ГЗО технологических вод ТЭЦ и др. По величине pH воды отстойника щелочные (pH до 9.4). Еще одна характерная их особенность – высокие концентрации фтора. Данные по химическому составу вод отстойника и подземных вод в зоне его влияния по трем срокам опробования представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические характеристики вод пруда-отстойника гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1, подземных и поверхностных вод в зоне его инфильтрационного влияния (в мг/л, кроме pH)

Компонент	Пруд-отстойник			Родниковая разгрузка			Скважина			р. Кадалинка
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
pH	9.38	9.33	8.95	8.27	6.64	6.84	7.58	7.29	7.26	8.06
CO_2	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	67.3	12.0	11.1	14.3	1.76
HCO_3^-	126.8	104.7	18.9	433.1	303.1	554.1	263.5	281.1	226.3	208.6
CO_3^{2-}	10.8	9.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO_4^{2-}	600.0	453.0	592.9	504.0	378.0	409.2	576.0	415.0	455.7	252
Cl ⁻	70.8	102.4	122.6	39.8	52.5	66.5	50.2	67.6	66.5	16.2
F ⁻	16.9	15.8	8.68	0.91	0.46	0.50	1.12	2.08	2.23	0.66
NO_3^-	0.71	6.2	2.66	0.68	2.97	0.88	<0,62	1.96	0.44	0.60
Ca^{2+}	195.0	101.6	212.9	136.3	141.1	177.4	156.5	166.8	150.8	110.8
Mg^{2+}	48.5	56.2	25.8	112.0	63.2	102.9	86.4	48.4	63.7	28.8
Na^+	62.3	90.8	85.2	50.4	44.3	46.2	55.4	63.8	52.8	23.7
K^+	11.1	4.5	2.9	9.2	2.9	2.0	6.8	2.7	1.9	0.67
NH_4^+	-	-	0.21	-	-	0.45	-	-	1.11	0.2
Сумма ионов	1144	949	1086	1286	986	1360	1196	1050	1021	641.5
P	0.205	0.145	0.058	0.099	0.083	0.072	0.14	0.095	0.065	0.075
Si	6.5	12.2	15.8	11.5	11.1	12.3	11.4	10.9	11.5	4.8
Sr	2.00	1.30	14.9	1.00	1.29	5.99	0.60	1.21	2.84	0.16
ПО, $\text{mgO}_2/\text{л}$	3.67	2.00	1.02	3.01	1.60	1.27	3.60	4.20	1.10	3.80

Примечание: Даты отбора проб: 1 – 10.09.2002 г.; 2 – 02.06.2008 г.; 3 – 27.07.2015 г.; ПО – перманганатная окисляемость. Прочерк – нет определений.

По содержанию гидрокарбонатного иона в воде отстойника резко выделяется проба в последний срок опробования. Причина такого снижения неясна. Она может быть связана как с ростом поступления кальция в водную среду, так и со снижением содержания карбонатных компонентов в сжигаемых углях. В первом случае должно усиливаться образования вторичных карбонатов, в особенности доломита, по которым вода пересыщена (табл. 2). В частности, равновесные массы доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ по пробам отстойника за 2002 и 2015 г. равны 32 и 5.3 мг (в расчете на 1 л) соответственно при незначимой в обоих случаях массе кальцита CaCO_3 (менее 0.01 мг). Известно, что в случае высококальциевых золошлаковых отходов растут масштабы образования карбонатов, и, как след-

ствие, существенно изменяются фильтрационные свойства подстилающих золоотвалы пород в результате вторичного карбонатообразования. Так, отмечено уменьшение фильтрационных потерь с 14.5 до менее 1.0 тыс. $\text{м}^3/\text{сут.}$ по Березовской ГРЭС (КАТЭК), при этом коэффициент фильтрации подстилающих пород на 1998 г. оценивался в 0.04 м/сут. при 5-10 м/сут. на конец 1950-х годов до ввода ГЗО в эксплуатацию [1]. Подобного по золоотвалу Читинской ТЭЦ-1 пока не отмечалось. Но насыщение по карбонатным минералам, к тому же более высокое, получено и по другим водным пробам, в том числе и подземных вод, при этом концентрации гидрокарбоната в них более чем на порядок выше. Потому более вероятна вторая причина, если исключить возможность других.

Таблица 2. Равновесное количество осадка основных минералов (мг/л) по пробам, отобранным 27.07. 2015 г.

Минерал и его формула	Пробы воды			
	пруд-отстойник	родниковая разгрузка	скважина	озеро Кенон
кварц; SiO_2	28	21	17	0
витлокит(фосфат); $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0.083	0.1	0.1	0.11
флюорит; CaF_2	14	0	0	0
доломит; $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	5.3	140	35	14
целестин; SrSO_4	29	9.6	3.5	0

Геохимических барьеров, существенно ограничивающих накопление в водах ГЗО сульфата, практически не существует, насыщение по гипсу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ не достигается. Образование целестина заметно не влияет на концентрацию в воде сульфата. Даже при полном осаждении целестина по пробе отстойника за 2015 г. в осадок уйдет не более 15.3 мг/л SO_4^{2-} .

Фтор уже при фильтрации через золошлаковые осадки в основном удаляется из водной среды. При содержании в воде секции сброса пульпы (точка 2 на рис.) 6.9-16.9 мг/л в стоке из дренажной трубы (т. 3) оно уменьшалось до 0.48-1.99 мг/л [2]. Удаление из фильтрующихся вод фтора обусловлено выпадением его в результате образованием флюорита, по которому воды пульпы и отстойника пересыщены. По расчетам, из вод отстойника может высаживаться до 32 мг/л CaF_2 [3].

Фильтрация воды из гидрозолоотвала наиболее значимо проявилась в подземных водах в росте содержания сульфат-иона, как это вид

но по родниковой разгрузке и самоизливающей скважине в долине руч. Кадалинка (точки 4 и 6 на рисунке). В пробах последнего по време-

ни опробования концентрации SO_4^{2-} по ним были 409 и 456 мг/л соответственно (табл. 1). Ранее в этих точках фиксировалось до 635 и 580 мг/л сульфатов. В подземных водах в районе золоотвала ТЭЦ вне зоны его влияния концентрации сульфат-иона изменялись от 22.8 до 66.0 мг/л (скважины в пос. Черемушки (точка 5 на рис.), вблизи пос. Кутузовка и в с. Застесть к северо-западу от золоотвала выше по потоку подземных вод), анионный состав вод гидрокарбонатный. Снижение содержания SO_4^{2-} в подземных водах в сравнении с золоотвалом связано со смешением фильтрационных утечек с менее сульфатными водами водоносного горизонта, тогда как содержание гидрокарбоната при этом, напротив, более высокое, поскольку за пределами зоны влияния ГЗО оно кратно выше. Так, в пробе по скважине в пос. Черемушки концентрация HCO_3^- была 664.7 мг/л [3]. Высокое содержание гидрокарбоната в воде этой скважины связано, по-видимому, с локальным обогащением карбонатами водовмещающих пород (карбонатным цементом песчанников) на примыкающей площади.

В результате разгрузки подземных вод содержание SO_4^{2-} в воде руч. Кадалинка на приустьевом участке (т. 8 на рис.) достигало 528 мг/л [5], а в августе 2014 г. даже 534 мг/л [6]. Выше зоны разгрузки сульфата более 51 мг/л не отмечалось. Сток ручья, таким образом, является одним из путей поступления сульфатов в оз. Кенон. Поступают они и через разгрузку подземных вод непосредственно в озеро вдоль северо-западного берега, которая может достигать 550 куб. м/час [7].

С гидрозолоотвалом связано и обогащение подземных вод кремнием. Рост его концентрации в воде отстойника в сравнении с оз. Кенон, из которого производится забор воды для транспортировки золы, в какой-то мере можно сравнить с азотными термами, определяется он температурой золы и высокой щелочностью взаимодействующей с ней воды. Источником кремния служат алюмосиликатные зольные компоненты, при этом при насыщении по кварцу, концентрации его в основном контролируются аморфным кремнеземом, по которому равновесие не достигается. Практически не влияет на содержание кремния как в воде отстойника, так и в подземных водах возможное образование вторичных глинистых минералов (бейделлитов, монтмориллонитов, иллитов и др.), осадки их суммарно не превышают 0.1 мг/л.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате фильтрации из гидрозолоотвала Читинской ТЭЦ-1 сформировался ореол протяженностью свыше 3 км вплоть до оз. Кенон гидрокарбонатно-сульфатных вод с минерализацией более 1,0 г/л, некондиционных в питьевом отношении по общей минерализации, величине жесткости и содержанию магния и кремния. Вследствие смешения фильтрационных утечек с подземными водами водоносного горизонта содержания сульфат-иона по сравнению с золоотвалом уменьшаются, а гидрокар-

боната из-за более высокого содержания его в подземных водах растут, но доминирующим анионом в зоне загрязнения остается сульфат. За прошедший более чем 40-летний период эксплуатации гидрозолоотвал остается источником загрязнения подземных вод, что свидетельствует об отсутствии кольматации подстилающих пород, значимой для снижения фильтрационных потерь, и незначительных масштабах вторичного минералообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белый В.В., Кузнецов Г.И., Озерский А.Ю. Использование золошлаковых отходов для защиты подземных вод от фильтрации из золоотвала Березовской ГРЭС-1 // Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. – С. 201-203.
2. Замана Л.В., Усманов М.Т., Усманова Л.И., Борзенко С.В. Влияние золоотвала Читинской ТЭЦ-1 на геологическую среду // Сергеевские чтения. Вып. 6. Инженерная геология и охрана геологической среды. Современное состояние и перспективы развития / Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Москва. 23-24 марта 2004). – М.: ГЕОС, 2004. – С. 246-250.
3. Замана Л.В., Усманова Л.И., Усманов М.Т. Гидрохимия отстойника золоотвала Читинской ТЭЦ-1 и подземных вод в зоне его инфильтрационного влияния // Вестник Бурятского гос. университета. 2010. – Вып. 3: Химия, физика. – С. 28-33.
4. Павлов С.Х., Оргильянов А.И., Бадминов П.С., Крюкова И.Г. Фильтрационные утечки из золошлакоотвала и их взаимодействие с геологической средой // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2014. – Т. 7. – С. 100-115.
5. Усманова Л.И., Усманов М.Т. Влияние золоотвалов Читинских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 на природные воды прилегающих территорий // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 2. – Вып. 16. – С. 167-178.
6. Цыбекмитова Г.Ц. Качество фильтрационных вод золошлакоотвала ТЭЦ-1 и возможные пути их поступления в оз. Кенон (Забайкальский край) // Вода: химия и экология. 2016. № 2. – С. 11-17.
7. Экология городского водоема // М.Ц. Итигилова, А.П. Чечель, Л.В. Замана и др. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 1998. – 260 с.

GEOCHEMISTRY OF UNDERGROUND AND SURFACE WATERS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE ASH DUMP OF CHITA TPP-1

Usmanova LI, Zamana LV, Usmanov MT

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia, e-mail: larisaum@mail.ru, l.v.zamana@mail.ru, usgi@yandex.ru

ABSTRACT: As a result of filtration leaks from the ash dump, an envelope with a length of over 3 km up to the lake Kenon has been formed along the flow of groundwater bicarbonate-sulphate waters with a mineralization of more than 1.0 g/l, sub-standard in terms of drinking waters relative to the total mineralization, the magnitude of stiffness and the content of magnesium and silicon.