

УДК 631.412 : 551.438.5

Шешнёв А.С., Решетников М.В. (Саратовский государственный университет)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ И ГРУНТОВ В РАЙОНЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «КАРЬЕР ЗАПЛАТИНОВКА» (САРАТОВ)

*Выполнена оценка геоэкологического состояния почв и грунтов в районе особо охраняемого геологического объекта «Карьер Заплатиновка». Установлено загрязнение почв тяжелыми металлами. Предложены рекомендации по охране геологической среды. **Ключевые слова:** особо охраняемые природные территории, экологическое состояние почв, Саратов.*

Sheshnev A.S., Reshetnikov M.V. (Saratov State University)

GEOECOLOGICAL CONDITION OF SOILS AND SOIL NEAR ESPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORY «ZAPLATINOVKA PIT» (SARATOV)

*The assessment of a geoecological condition of soils and soil around especially protected geological object «Zaplatinovka Pit» is executed. Pollution of soils by heavy metals is established. Recommendations about protection of the geological environment are offered. **Key words:** specially protected natural territory, ecological condition of soils, Saratov.*

В пределах Саратова находятся пять особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в том числе единственный геологический объект — «Карьер Заплатиновка» [8].

Основным признаком памятника природы служит «четкая выраженность в нем диагностических признаков того или иного природного явления или его результатов» [7]. В случае «Карьер Заплатиновка», имеющего стратиграфический и палеонтологический профиль, таким признаком является интервал разреза, вмещающий горизонты концентрации с многочисленными остатками фоссилий.

В связи с тем, что в карьере в течение ряда лет складировались бытовые и промышленные отходы остро стоит вопрос о сохранении ООПТ. Цель работы — оценка геоэкологического состояния почв и грунтов в районе особо охраняемого геологического объекта «Карьер Заплатиновка».

«Карьер Заплатиновка» расположен в пределах субширотного отрога Лысогорского массива Приволжской возвышенности в 600 м северо-западнее школы № 38 Заводского района Саратова. Объект принадлежит к числу наиболее известных местонахождений верхнемеловых позвоночных (акуловых и химеровых рыб) и беспозвоночных (губок, двустворчатых моллюсков, брахиопод, морских ежей). В 2007 г. карьер папортизован в качестве особо охраняемого геологиче-

ского объекта стратиграфического и палеонтологического профиля площадью 1,33 га [8]. Стремительное стихийное освоение площади уникального объекта может в ближайшем будущем повлечь потерю его научной ценности. Ряд авторов, несмотря на статус особо охраняемого геологического объекта, считают памятник природы утерянным [9].

В стенках карьера обнажаются отложения верхнемелового возраста — сеноманские и нижнесантонские. Литолого-стратиграфическая характеристика разреза коренных отложений наиболее полно описана в работе геологов Саратовского госуниверситета [10]. Особенности антропогенной трансформации рельефа и формирования антропогенных отложений на данном полигоне рассмотрены ранее [12].

Карьер имеет в плане трапециевидную форму, борта высотой до 15 м и крутизной до 50°. Вдоль южной стенки карьера и частично в его днище расположен гаражный массив. К западной стенке примыкает участок, осваиваемый под застройку. Территория от гаражей до уникального геологического обнажения занята насыпными грунтами с обилием строительных отходов мощностью до 6–8 м. Рельеф — сложный, сочетающий выровненные площадки и конусообразные насыпи.

Наиболее активно в настоящее время идет засыпка карьера в его северной части. В грунтовом материале обилие включений — асфальт, древесина, бетонные и металлические конструкции, известь и пр. Наиболее активно складирование отходов в северной части карьера происходило после 2013 г., когда администрацией Заводского района г. Саратов был ограничен подъезд к южному борту.

В полевых условиях выполнено геоэкологическое обследование полигонов, и заложены площадки эколого-геохимического опробования. Методика работ определялась государственными стандартами и методическими рекомендациями [4, 5]. Отбор проб почв и грунтов проводился селективно главным образом на неблагоприятных в эколого-геохимическом отношении площадях опробования. Всего на исследуемой территории заложено десять площадок со сторонами 5×5 м. Аналитические определения содержания тяжелых металлов в почвах и грунтах выполнены в лаборатории геоэкологии геологического факультета Саратовского госуниверситета.

Выполнен анализ концентрации элементов относительно установленных нормативных значений, фоновых концентраций или кларков, характерных для населенных пунктов. В.А. Алексеенко и А.В. Алексеенко выделены группы селитебных ландшафтов с характерными для них геохимическими особенностями почв, установленными для конца XX—начала XXI вв. [1]. Саратов с населением около 840 тыс. чел. относится к выделяемой группе городов с населением свыше 700 тыс. чел.

Таблица 1
Краткая характеристика площадок геоэкологического опробования

№	Краткая характеристика площадки опробования
1	Выровненный насыпной грунт мощностью 5-6 м с многочисленными остатками строительных конструкций и бытового мусора
2	Почвы на отвале вскрышных пород на расстоянии 3-8 м к северо-западу от стенки карьера
3	Почвы на отвале вскрышных пород на расстоянии 3-8 м к северу от стенки карьера
4	Современная насыпь грунтового материала с остатками строительных конструкций мощностью 9-11 м в северной части карьера
5	Современная насыпь грунтового материала с остатками строительных конструкций мощностью 5-7 м
6	Почвы в замкнутом рельефе понижения в днище карьера, занятом древесно-кустарниковой растительностью
7	Насыпной грунт в центральной части незастроенного участка карьера
8	Современное днище карьера на насыпных грунтах около южной стенки карьера
9	Выровненная площадка, сложенная насыпными грунтами в южной части карьера на расстоянии 20 м от гаражей
10	Днище карьера в его восточной части, сложенное насыпными грунтами на расстоянии 10 м от гаражей

Анализ содержания тяжелых металлов (свинец, цинк, никель, хром, медь, кадмий) в почвах и грунтах проведен по десяти площадкам опробования (табл. 1). В табл. 2 приведены результаты лабораторных исследований на содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах и грунтах. Величины ПДК по свинцу при-

няты согласно ГН 2.1.7.2041-06 [2]; ОДК по цинку, меди, никелю и кадмию — согласно ГН 2.1.7.2511-09 [3] для литогеохимической группы суглинистых и глинистых почв с близкой к нейтральной или нейтральной средой (рН КСl > 5,5); для хрома указана кларковая концентрация по В.А. Алексеенко и А.В. Алексеенко [1].

Подсчитаны значения коэффициентов опасности Ко — соотношение определенной в пробе концентрации элемента к ПДК (ОДК) и коэффициентов концентрации Кс — отношение определенной в пробе концентрации элемента к фоновому значению ($K_c = C_i / C_{фон}$). Фоновые значения концентраций элементов для территории Саратова приняты по данным М.В. Решетникова [11]. Подсчитан суммарный показатель загрязнения Zc, представляющий собой сумму коэффициентов концентрации токсикантов по отношению к фоновым значениям, который рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \sum(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1),$$

где Кс — коэффициент концентрации i-го химического элемента, n — число определяемых суммируемых веществ.

Оценку уровней загрязнения почв можно проводить по ряду параметров, в том числе по Ко, Кс и Zc (табл. 3).

Исследованные тяжелые металлы по степени опасности принадлежат к двум классам: I класс опасности — кадмий, свинец, цинк; II класс — хром, медь, никель. Проанализируем распределение элементов и их соединений с оценкой уровня загрязнения.

Таблица 2
Концентрация тяжелых металлов в точках опробования (мг/кг)

Определяемый элемент	Точки опробования										ПДК / ОДК	Фоновые концентр. / кларк
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Свинец	2,64	0,92	7,39	6,68	1,92	12,10	9,04	4,71	2,31	6,48	32	8,3
Ко	0,08	0,03	0,23	0,21	0,06	0,38	0,28	0,15	0,07	0,2		
Кс	0,32	0,11	0,89	0,80	0,23	1,46	1,09	0,57	0,28	0,78		
Цинк	76,95	53,90	55,62	155,97	107,71	85,41	147,65	76,20	91,29	165,78	220	29
Ко	0,35	0,25	0,25	0,71	0,49	0,39	0,74	0,35	0,41	0,75		
Кс	2,65	1,86	1,92	5,38	3,71	2,95	5,09	2,63	3,15	5,72		
Медь	41,56	10,14	11,61	18,54	13,89	24,20	30,19	30,85	14,67	32,77	132	17
Ко	0,31	0,08	0,09	0,14	0,11	0,18	0,23	0,23	0,11	0,25		
Кс	2,44	0,6	0,68	1,09	0,82	1,42	1,77	1,81	0,86	1,93		
Хром	6,06	8,28	5,74	7,95	7,90	11,16	8,87	5,03	3,62	6,91	—	8,275
Кс	0,73	1,00	0,69	0,96	0,95	1,40	1,07	0,61	0,44	0,84		
Никель	13,64	17,12	21,11	12,79	17,62	106,23	41,35	28,97	93,87	41,02	80	26,9
Ко	0,17	0,21	0,26	0,16	0,22	1,33	0,52	0,36	1,17	0,51		
Кс	0,51	0,64	0,78	0,48	0,66	3,95	1,54	1,08	3,49	1,52		
Кадмий	0,53	0,41	0,73	0,35	1,36	23,12	12,40	3,64	7,13	8,54	2,0	0,23
Ко	0,27	0,21	0,37	0,18	0,68	11,56	6,2	1,82	3,57	4,27		
Кс	1,96	1,78	3,17	1,52	5,91	100,52	53,91	15,83	31	37,13		
Zc	3,61	0,99	3,13	5,23	7,28	106,7	59,47	17,53	34,22	42,92	—	—

Таблица 3
Критерии оценки уровня загрязнения почв

Критерий оценки	Загрязнение почв			
	допустимое	умеренно опасное	опасное	чрезвычайно опасное
Кс фон	<4	4–8	8–32	>32
Ко (1 класс опасности)	<1	1–1,5	1,5–3	>3
Ко (2 класс опасности)	<1	1–2,5	2,5–10	>10
Zc	<16	16–32	32–128	>128

Цинк. Значения концентраций по всем точкам опробования в пределах норм ОДК. Уровни загрязнения почв по показателю Ко допустимые по всем площадкам опробования. Уровни загрязнения почв по показателю Кс: допустимый (№ 1–3, 5, 6, 8, 9) и умеренно опасный (№ 4, 7, 10). Наибольшие концентрации расположены в северном и восточном участках полигона.

Медь. Значения концентраций по всем точкам опробования в пределах норм ОДК. Уровни загрязнения почв по показателям Ко и Кс находятся в пределах допустимого по всем площадкам опробования. Наибольшие концентрации расположены линейно с западного до восточного участка полигона через его центральную часть.

Свинец. Значения концентраций по всем точкам опробования в пределах норм ПДК. Загрязнение почв по показателям Ко и Кс находятся в пределах допустимого уровня по всем площадкам опробования. Наибольшие концентрации расположены в центральной части полигона.

Хром. Поскольку фоновые концентрации хрома для Саратова не изучены, проводится сравнение с кларком почв населенных пунктов численностью свыше 700 тыс. человек — 8,275 мг/кг [1]. Принимая его за фон, уровень загрязнения по всем площадкам опробования находится на допустимом уровне. Наибольшие концентрации расположены в центральной части полигона.

Никель. Значения концентраций превышают нормативы по двум точкам опробования (№ 6, 9). Уровни загрязнения почв по показателю Ко: допустимый (№ 1–5, 7, 8, 10) и умеренно-опасный (№ 6, 9). Уровни загрязнения почв по показателю Кс: допустимый (№ 1–5), умеренно опасный (№ 7, 8, 10) и опасный (№ 6, 9). Наибольшие концентрации расположены в центральном и южном участках полигона (рис. 1).

Кадмий. Значения концентраций превышают нормативы по пяти точкам опробования (№ 6, 7, 8, 9, 10).

Уровни загрязнения почв по показателю Ко: допустимый (№ 1–5), опасный (№ 8) и чрезвычайно опасный (№ 6, 7, 9, 10). Уровни загрязнения почв по показателю Кс: допустимый (№ 1–4), умеренно опасный (№ 5), опасный (№ 8, 9) и чрезвычайно опасный (№ 6, 7, 10). Наибольшие концентрации расположены в центральной части полигона (рис. 2).

По суммарному показателю загрязнения (Zc) к допустимому уровню загрязнения относятся пробы на площадках опробования № 1–5, к умеренно опасному — № 8, опасному — № 6, 7, 9, 10 (рис. 3).

Причиной формирования загрязнения служит складирование отходов в карьере в течение ряда лет после прекращения разработки месторождения песка. Насыпные толщи, формировавшиеся ранее, насыщены остатками металлоконструкций и строительных материалов. Эти толщи в центральной и восточной частях полигона в настоящее время занимают пониженное гипсометрическое положение, что способствует аккумуляции различных поллютантов. Кроме того, со стороны гаражного массива на эти участки складировались специфические отходы, связанные с обслуживанием автомобилей. Новейшие насыпные толщи, продолжающиеся формироваться в районе площадок опробования № 1–5, состоят из грунтового материала и не загрязнены по изученным показателям.

Загрязненные почвы и грунты могут негативно воздействовать на здоровье человека как прямым путем при пылении, так и косвенным — при использовании

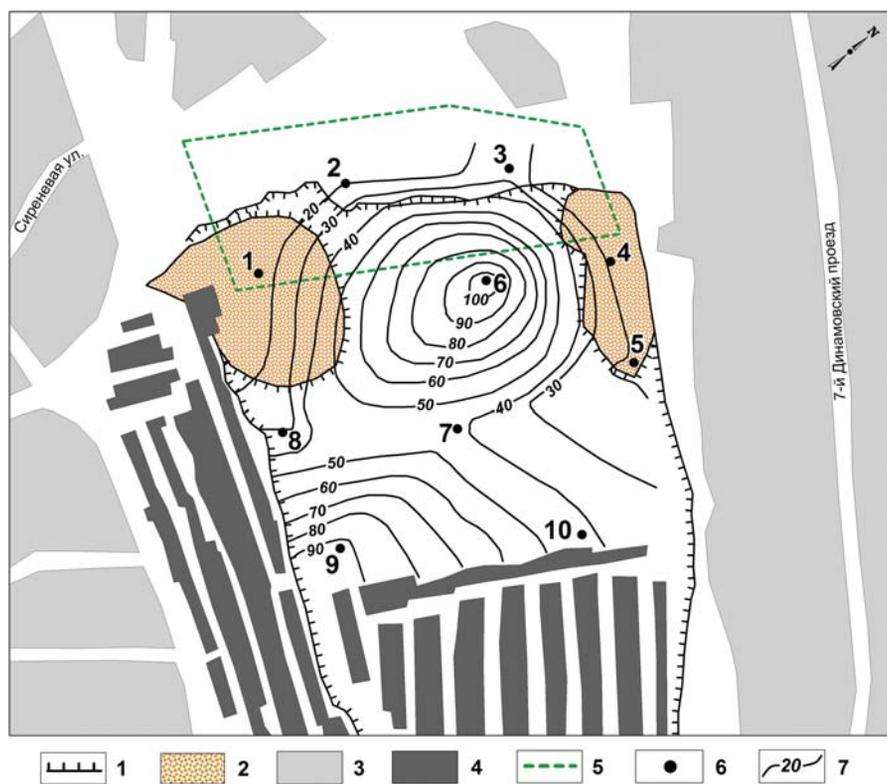


Рис. 1. Концентрация соединений никеля в почвах и грунтах в районе ООПТ «Карьер Заплатиновка»: 1 — стенки карьера; 2 — современные насыпи; 3 — частная застройка; 4 — гаражная застройка; 5 — границы ООПТ «Карьер Заплатиновка»; 6 — точки опробования; 7 — изолинии концентраций элементов и их соединений

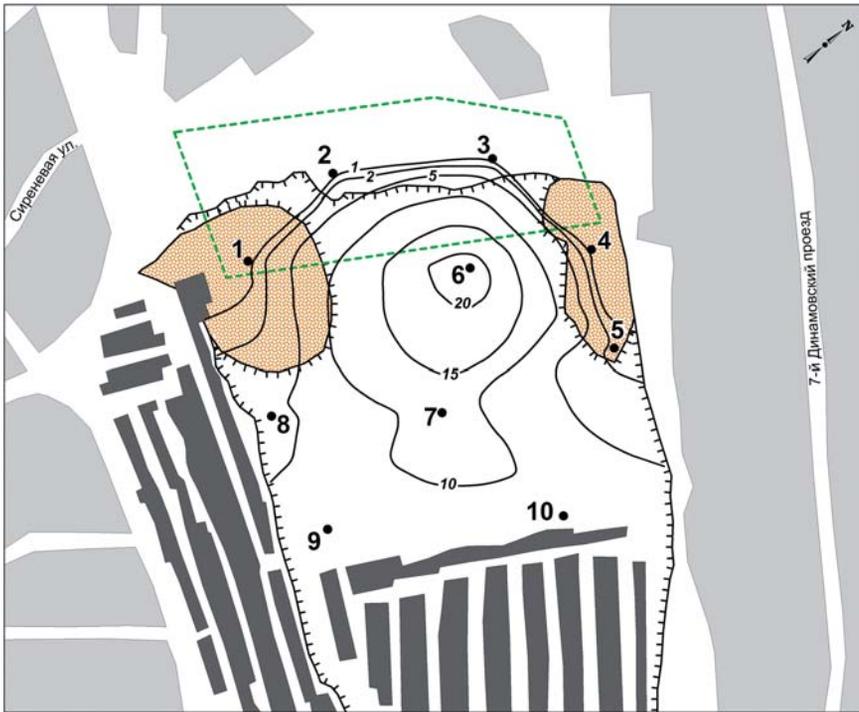


Рис. 2. Концентрация соединений кадмия в почвах и грунтах в районе ООПТ «Карьер Заплатиновка». Условные обозначения см. на рис. 1

подземных вод в хозяйственно-питьевых целях или накоплении тяжелых металлов в продуктах животноводства [6]. Отметим, что в районе поселка Заплатиновка эксплуатируются воды сеноманского водоносного горизонта и осуществляется выпас скота.

Поскольку вывоз грунта с территории практически невозможен по причине дороговизны соответствующих мероприятий, следует рассматривать вариант фиксации загрязнителей на месте и разработать систему биологической рекультивации территории. В природоохранных целях на участке необходимо проведение комплекса мер по охране геологической среды и восстановлению значимости объекта как особо охраняемой природной территории:

необходима повторная инвентаризация памятника природы с установлением его границ в сложившихся условиях. Требуется обновление аншлагов и их дополнительная установка;

возможно проведение правовой оценки застройки гаражным массивом на участке, примыкающим к охраняемому объекту, а также врезки в склон при прокладке дороги к жилому дому и складированию грунтового материала над стенкой

грунтовые толщи инертны относительно загрязнения тяжелыми металлами.

карьера. В результате значительный участок стенки карьера обвалился и не представляет собой научную ценность;

необходимо ужесточить режим охраны объекта, провести инженерное благоустройство территории, вынести трубопровод за пределы обнажения, ограничить рост гаражного массива.

Заключение

При выполнении исследований установлена реальная угроза для существования уникального геологического объекта. Причиной формирования загрязнения служит складирование отходов в карьере в течение ряда лет после прекращения разработки месторождения песка.

На отдельных участках зафиксированы превышения допустимых концентраций тяжелых металлов — никеля и кадмия. Участки загрязнения расположены в центральной части полигона, где складирование грунтового материала осуществлялось достаточно давно (более 5–10 лет назад).

В то же время современные насыпные

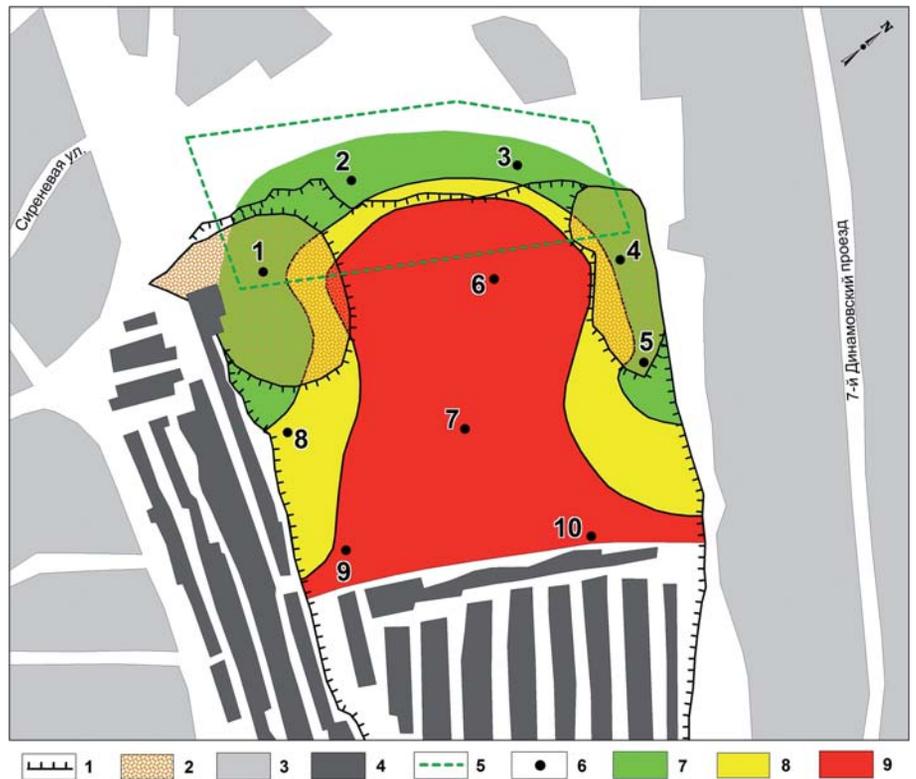


Рис. 3. Уровни загрязнения почв и грунтов по суммарному показателю загрязнения (Zc) тяжелыми металлами в районе ООПТ «Карьер Заплатиновка»: 1 — стенки карьера; 2 — современные насыпи; 3 — частная застройка; 4 — гаражная застройка; 5 — границы ООПТ «Карьер Заплатиновка»; 6 — точки опробования; 7–9 — уровни загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Zc): 7 — допустимый (Zc < 16), 8 — умеренно опасный (Zc = 16–32); 9 — опасный (Zc = 32–128)

В целях сохранения геологического наследия необходимы оперативные решения по регулированию природоохранной и градостроительной деятельности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (проект № 1757) и гранта Президента РФ для поддержки молодых российских ученых (проект МК-5424.2015.5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А., Алексеев А.В. Химические элементы в геохимических системах / Кларки почв селитебных ландшафтов. — Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013. — 380 с.
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. — 15 с.
3. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 10 с.
4. ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору почв. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 4 с.
5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 12 с.
6. Иванова Ю.С., Горбачев В.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами под влиянием несанкционированных свалок (медико-экологический аспект) // Ульяновский медико-биологический журнал. — 2012. — № 1. — С. 119–124.
7. Лапо А.В., Давыдов В.И., Пашкевич Н.Г. и др. Методические основы изучения геологических памятников природы России // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 1993. — Т. 1. — № 6. — С. 75–83.
8. Особо охраняемые природные территории Саратовской области: национальный парк, природные микрозаповедники, памятники природы, дендрарий, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты / Науч. ред. В.З. Макаров. — Саратов: СГУ, 2007. — 300 с.
9. Первушов Е.М., Андрушкевич О.Ю., Сельцер В.Б., Попов Е.В. Геологический музей и геологические памятники / Идеи А.А. Иностранцева в геологии и археологии. Геологические музеи: Матер. науч. конф. — СПб.: СПбГУ, 2009. — С. 97–100.
10. Первушов Е.М., Архангельский М.С., Иванов А.В. Каталог местонахождений остатков морских рептилий в юрских и меловых отложениях Нижнего Поволжья. — Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 1999. — 230 с.
11. Решетников М.В. Магнитная индикация почв городских территорий (на примере г. Саратов). — Саратов: СГУ, 2011. — 152 с.
12. Шешнёв А.С., Иванов А.В. Антропогенная трансформация геологической среды на урбанизированных территориях как фактор уничтожения памятников природы (на примере карьера «Заплатиновка») // Изв. СГУ. Новая серия. Серия Науки о Земле. — 2012. — Т. 12. — Вып. 1. — С. 84–88.

© Шешнёв А.С., Решетников М.В., 2016

Шешнёв Александр Сергеевич // sheshnev@inbox.ru
Решетников Михаил Владимирович // rtmv85@list.ru

УДК 553.3:504.062

Кузькин В.И. (ФГУП «ВИМС»)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрено влияние процесса техногенного выветривания, возникающего при эксплуатации сульфидных месторождений. Активизация влияния агентов выветривания (воды, углекислого газа, кислорода и др.) приводит к изменению гидрохимических, гидродинамических и термодинамических условий, вызывающих изменение состояния массива горных пород. Дренаж кислых вод ока-

*зывает отрицательное воздействие на геоэкологические условия, существенно ускоряя процесс взаимодействия агрессивных растворов с твердыми минеральными веществами. **Ключевые слова:** техногенное выветривание, сульфидные месторождения, агрессивные растворы, геоэкология.*

Kuzkin V.I. (VIMS)

INFLUENCE OF TECHNOGENIC PROCESSES ON ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOECOLOGICAL SERVICE CONDITIONS OF FIELDS

*Influence of process of the technogenic aeration arising at operation of sulphidic fields is considered. Activization of influence of agents of aeration (water, carbon dioxide, oxygen, etc.) leads to change of the hydrochemical, hydrodynamic and thermodynamic conditions causing change of a condition of the massif of rocks. The drainage of acidic waters makes negative impact on geoeological conditions, significantly accelerating process of interaction of aggressive solutions with strong mineral substances. **Key words:** technogenic aeration, sulphidic fields, aggressive solutions, geoecology.*

Одна из важнейших сторон техногенного воздействия на окружающую среду и геоэкологические условия в целом — извлечение из недр земли полезных ископаемых в подземных горных выработках и карьерах. Установлено, что деятельность горнодобывающих предприятий вызывает изменение гидродинамических, гидрохимических и термодинамических условий, изменение состояния массива горных пород, структуры газовых полей.

Указанные изменения приводят к возникновению и развитию инженерно-геологических процессов и явлений, снимающих устойчивость подземных и открытых выработок, вызывающих просадки и провалы земной поверхности и существенно изменяющих геоэкологические условия в горнодобывающих районах. К таким процессам, в частности, относится техногенное выветривание.

В настоящее время на ряде сульфидных месторождений (Рудный Алтай, Южный Урал, Восточная Сибирь) при техногенном воздействии природных вод на массив горных пород установлено существенное увеличение аэрированности горного массива (особенно в районе рудных тел), которое привело к интенсификации процессов окисления и изменению геоэкологических условий в горнодобывающем районе.

Совокупное воздействие техногенных и природных факторов на сульфидных месторождениях вызывает изменение химического состава и кислотности подземных вод, увеличивая их агрессивность не только к горным породам и рудам, изменяя их физико-механические свойства и снижая устойчивость выработок, но и к горнотехническому оборудованию.

Все эти техногенные процессы осложняют условия эксплуатации горных предприятий, а дренаж кислых вод оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду и геоэкологические условия горнодобывающего района.

Основная роль человеческой деятельности заключается не в том, чтобы не допустить возникновения