

ТЕСЛЕНОК С. А., ШПЕРЛЬ Д. А.
ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ПРИ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Аннотация. Рассмотрены главные проявления и последствия загрязнения окружающей среды при открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых. Наиболее подробно проанализированы особенности негативных воздействий при разработке месторождений Оренбургской области: Тюльганского бурогоугольного, меднорудных Восточного Оренбуржья и Кiemбаевского асбестового.

Ключевые слова: бурый уголь, добыча, загрязнение, медные руды, месторождения, окружающая среда, Оренбургская область, открытый способ разработки, оценка, полезные ископаемые, хризотил-асбест.

TESLENOK S. A., SHPERL D. A.
ENVIRONMENTAL POLLUTION WITH OPEN-PIT MINING

Abstract. The main manifestations and consequences of environmental pollution in the open-pit mining of mineral deposits are considered. The features of negative impacts during the development of deposits in the Orenburg region are studied, namely the Tyulgan brown coal deposit, copper ore of the Eastern Orenburg region and Kiembay asbestos.

Keywords: brown coal, mining, pollution, copper ores, deposits, environment, Orenburg region, open-pit mining, evaluation, minerals, chrysotile asbestos.

Добыча различных полезных ископаемых является одной из важнейших отраслей промышленности, в ряде случаев критически необходимой для жизнедеятельности и существования на нашей планете человеческого общества. При этом горнодобывающая промышленность, ориентированная на добычу разного рода полезных ископаемых (например, углеводородов, руд металлов, строительных материалов и др.), также отличается тем, что в последующем их в разной степени перерабатывают и получают необходимую продукцию. Несмотря на интенсивное развитие технологий, одним из наиболее распространенных способов добычи полезных ископаемых остается их добыча открытым способом, преимущественно с помощью карьеров. Однако такой вид добычи полезных ископаемых может заключать в себе существенную угрозу для окружающей среды и способствовать прогрессирующему ухудшению ее состояния [10; 12; 13]. Еще в 1864 г. Д. П. Марш указывал на размеры изменений, уже произведенных человеком на планете и предостерегал от его дальнейшего вмешательства в широких размерах [17], после чего стала разрабатываться проблема геологической деятельности человечества. Академик А. Е.

Ферсман в 30-е годы прошлого века писал: «... грандиозные горные и инженерные работы перераспределяют вещество из земной поверхности по своим собственным законам, столь отличным от естественных законов геологии и геохимии» [14]. Хрестоматийной стала и фраза академика В. И. Вернадского «Человек становится геологической силой, способной изменить лик Земли» [2].

Воздействие различных отраслей горнодобывающей промышленности (и, прежде всего, добычи полезных ископаемых) в настоящее время наиболее сильно отражается на состоянии окружающей природной среды. При этом именно места открытой добычи полезных ископаемых являются одними из главных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Среди подобных веществ преобладают пыль, оксиды углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид, углеводороды и др. Так, пыль образуется при проведении взрывных работ, когда большие массы и объемы породы поднимаются в воздух, после чего могут оседать на значительных по площади территориях земной поверхности [5]. Открытая добыча полезных ископаемых на любом месторождении всякого полезного ископаемого всегда в той или иной мере изменяет ландшафт местности. Для того чтобы подготовить территорию месторождения к разработке, необходимо затронуть значительно большую площадь. При этом часто происходит не только вырубка древесной лесной растительности, являющейся местом обитания различных видов животных [4], но и полное уничтожение почвенно-растительного покрова значительных затронутых открытыми разработками территорий. Таким образом, можно констатировать, что открытая добыча полезных ископаемых является одним из самых значительных негативных факторов, оказывающих влияние на окружающую среду. При этом в первую очередь негативные последствия испытывают все оболочки нашей планеты, но в первую очередь – такие как литосфера, гидросфера и атмосфера. Отрицательные последствия при этом обусловлены тем, что воздействие открытой добычи полезных ископаемых на природные комплексы и их компоненты происходят [7]:

- химическое и физическое загрязнение окружающей среды (атмосферного воздуха, почвенного покрова, пресных поверхностных и подземных вод) пылевыми и загрязняющими выбросами в атмосферу при проведении взрывных работ и перемещении полезных ископаемых;
- нарушение целостности и стабильности массивов горных пород с возможностью возникновения обвалов и обрушений;
- загрязнение поверхностных и подземных пресных вод;
- уничтожение местообитаний животных и растений, связанное с вырубкой лесов, сведением растительного покрова и почв при подготовке площадок к разработке,

размещению отвалов пустой породы, хвосто- и шламохранилищ;

- изменение не только отдельных компонентов геосистем, но и отдельных ландшафтов местности в целом.

Открытым способом разрабатываются месторождения таких полезных ископаемых как, например, каменный и бурый уголь. Такая добыча также негативно воздействует на ландшафтную среду. Причем воздействие угледобычи на окружающие геосистемы начинается уже во время проведения поисково-разведочных работ и подготовки месторождения к эксплуатации и продолжается весь период его разработки, а нередко – и спустя много лет после завершения добычи. Угольные разрезы, в которых добыча угля осуществляется открытым способом, оказывают наибольшее негативное воздействие на окружающие геосистемы. В районах добычи угля критическими являются значительные объемы добываемого и открыто складированного угля, занимающие значительные площади, а так же образование депрессионных воронок со значительными размерами [11].

В Оренбургской области открытым способом отрабатывается Тюльганское бурого угольного месторождение. При этом добыча сопровождается выбросами в атмосферу загрязняющих веществ при погрузочно-разгрузочных, планировочных, транспортных работах и процессах проявления ветровой эрозии нарушаемых пород. Работы по разработке карьера, а также транспортировке добытого бурого угля на отвалы в атмосферный воздух сопровождаются выбросами угольной пыли и газообразных загрязняющих веществ от двигателей внутреннего сгорания разнообразной техники. Выполнение вспомогательных работ приводит к выбросам в атмосферный воздух веществ-загрязнителей от сварочных аппаратов, металлообрабатывающих станков, поста технического осмотра и ремонта, кузнечного горна. Важнейшие вещества-загрязнители атмосферы от различных источников на Тюльганском бурого угольном месторождении, приведены в таблице 1. Всего на месторождении выявлено порядка 25 источников выбросов (10 организованных и 15 – неорганизованных). Они выделяют в атмосферу до 20 ингредиентов, включая имеющих эффект суммации [11]. Для некоторых выбрасываемых веществ (натр едкий; керосин, эмульсол, пыль абразивная, пыль древесная, зола углей) отсутствует класс опасности. На территории промышленной площадки месторождения залповые и аварийные выбросы не выявлены [9]. Горные работы приводят к разрушению геологической и гидрогеологической среды, а поднятие огромных объемов горной массы, наряду с формированием положительных элементов рельефа, вызывает оседание земной поверхности и образование депрессионных воронок. Карьерные воды Тюльганского разреза собираются и отстаиваются в зумпфах, где происходит их осветление и осаждение взвешенных веществ [11].

**Перечень приоритетных веществ,
загрязняющих атмосферу на Тюльганском бурогольном месторождении, 2018 г. [11]**

Наименование вещества	Класс опасности	Выбросы загрязняющих веществ, т/год	Доля в общем объеме, %
Пыль неорганическая 70-20%	3	202,2	78,30
Азота диоксид	3	16,7	6,40
Углеводороды C ₁₂ -C ₁₉	4	10,8	4,10
Углерода оксид	4	10,7	4,10
Бензол	2	5,4	2,09
Керосин	4	3,8	1,40
Другие	-	8,5	3,20
Итого:		258,2	100

Воздействие разреза на прилегающие ландшафты является как прямым (непосредственным), так и косвенным (опосредованным). Результатом первого при строительстве разреза и внешних отвалов стали нарушение и уничтожение почвенного покрова, изменение рельефа местности, снижение уровня подземных вод, сокращение площадей естественных кормовых угодий, уничтожение растительности, разрушение сложившихся биоценозов, миграции диких животных, образование новых техногенных геосистем. Косвенное воздействие горных работ в карьерах привело к изменению режима грунтовых вод, загрязнению почвенно-растительного покрова выбросами вредных веществ, ухудшению условий обитания растений и животных, развитию процессов водной и ветровой эрозии [11; 13]. В настоящее время отмечается активное воздействие процессов открытой добычи угля прежде всего на земельные ресурсы, так как для эксплуатации месторождения необходимо создание внешних отвалов, промышленных площадок, угольных складов и шламоотстойников, дорог, линий электропередачи, водопроводов и пульпопроводов и другой основной и сопутствующей инфраструктуры, под которые изымаются земли, в первую очередь, сельскохозяйственного назначения. Широкий спектр экологических проблем угольной промышленности во многом может быть решен снижением объемов угледобычи или полной ликвидацией месторождений, где уголь добывался открытым способом. Существенная опасность открытой добычи угля заключается и в том, что при выветривании горных пород карьеров в атмосферу попадает огромное количество загрязняющих веществ, переносимых на значительные расстояния, что переводит локальные загрязнения окружающей среды на региональный уровень. Угледобыча оказывает большое влияние на гидросферу, изменяя водный режим (происходит затопление или чаще всего – иссушение) не только территории, прилегающей к карьере, но и на значительном удалении от него, а также вызывает загрязнение грунтовых и сточных вод [1].

Значительны масштабы карьерных разработок практически на всех меднорудных месторождениях Восточного Оренбуржья. В результате из хозяйственного оборота исключаются значительные площади продуктивных земель. Для минимизации неблагоприятных последствий эксплуатации рудных месторождений в последнее время начинают использовать другие системы их обработки. Например, выщелачивание рудных минералов (в наиболее простом варианте – серной кислотой) и извлечение полезных компонентов из раствора путем сорбции. Этот способ применяется при кучном выщелачивании (когда складывается извлеченная руда). При этом возникают экологические проблемы, связанные, в основном, с контролем движения выщелачивающего раствора. При правильной и рациональной организации работ экологические последствия при данном способе обработки могут быть сведены к минимуму.

Экологические проблемы возникают и при обработке россыпных месторождений, особенно при использовании амальгамного способа извлечения золота с использованием ртути, когда золото при смачивании ртутью образует амальгаму и в таком виде отделяется от пустой породы и песка. Простой и эффективный амальгамный метод добычи, тем не менее, приводит к значительному загрязнению окружающей среды. Ртуть накапливается в атмосферном воздухе, донных отложениях водоемов, почвах, растениях. Признаки ртутной интоксикации часто фиксируются у населения [8]. Эти проблемы актуальны и для Южного Урала, где долины многих малых рек и их притоков к настоящему времени оказались насыщены техногенными отвалами, содержащими то или иное количество ртути. Эффективных методик оценки такого содержания и определения возможных путей миграции ртути на площадях обработки россыпей в настоящее время практически нет, а широко развернувшееся в последнее время лицензирование россыпных месторождений золота при отсутствии соответствующего контроля может значительно усложнить и без того напряженную экологическую обстановку [12]. Тенденция роста объемов мировой добычи руд большинства металлов предполагает дальнейшее увеличение неблагоприятного воздействия последствий разработки месторождений на окружающие ландшафты [8; 12].

Открытая добыча полезных ископаемых неизбежно ведет к самым негативным последствиям для природной среды. В этой связи значительную опасность представляют месторождения, в которых открытым способом добывают, а затем и перерабатывают асбест. Асбест (греч. «ἄσβεστος» – «негасимый», от др.-греч. «σβέννυμι» – «гасить») или горный лен – собирательное название тонковолокнистых минералов класса силикатов двух групп: серпентина (хризотил-асбест) и амфибола (актинолит, амозит, антофиллит, крокидолит, тремолит и др.), образующих агрегаты тончайших гибких волокон и встречающихся как изолированно, так и в виде их различных смесей. Добыча и переработка амфиболовых

асбестов в России была прекращена в 90-х гг. прошлого века и в настоящее время используется только хризотил-асбест. Это минерал тонковолокнистой структуры с высокой прочностью на разрыв и изгиб, способностью к прядению, адсорбционными свойствами, с низкой истираемостью, обладающий тепло-, звуко- и электроизоляционными свойствами, химически инертный и стойкий [6].

К значительным месторождениям асбеста относится открытое (карьерное) Киембаевское по добыче хризотил-асбеста (горнодобывающая компания «Оренбургские минералы»), расположенное на территории Ясненского района Оренбургской области (см. рис. 1). В зоне непосредственного влияния карьера находится районный центр г. Ясный (в 5 км северо-западнее) с населением более 15 тыс. чел. Это одно из крупнейших асбестовых месторождений мира и второе по запасам в России после крупнейшего в мире Баженовского (г. Асбест Свердловской области).



Рис. 1. Карта Ясненского района Оренбургской области.

2 – Киембаевское месторождение хризотил-асбеста.

Асбест химически инертен, кислотная и щелочная среда не оказывают на него никакого воздействия. В связи с этим асбестовая пыль, возникающая при его добыче, является веществом, которое отнесено к токсичным отходам IV класса опасности утилизации отходов [6; 13], как и асбестосодержащие отходы (асбокартона, асбобумаги, фильтр-пластин, фильтр-волокна и других изделий) [6]. Асбест находит очень широкое применение в

качестве армирующего противовоспламеняющего, наполнительного, фрикционного, фильтрующего, изоляционного и диэлектрического материала. Отходы только асбестоцементного производства (потребляющего более 50% всего производимого асбеста), изменяются от 2 до 16%; асбестотехнического – достигают 35%. Соответственно, отходы таких производств, включая асбестовые ткани, полотно, ровница, пряжа, нити, шнуры, волокна; прокладочные материалы и прокладки, сальниковые втулки и др. отнесены к III классу опасности [6; 13].

При этом добыча и переработка асбеста является одним из наиболее опасных видов производственной деятельности. Асбестовое горно-обогащительное производство вредно тем, что в процессе переработки (добыча и измельчение асбестосодержащей породы, помол, расщепление) перемещаются большие объемы вскрышных горных пород, около 70 % которых уходит в отвалы, а в атмосферный воздух попадает огромное количество тонковолокнистых частиц и пыли, легко переносимых ветром. Их вдыхание отрицательно сказывается на здоровье человека и животных [15], оказывая механическое влияние на живые объекты, проникая в легкие, что в результате приводит к возникновению заболеваний дыхательной системы (асбестоз, пневмофиброз). Выработка асбеста связана с проведением взрывных работ, после чего асбестосодержащую породу транспортом отправляют на дальнейшую переработку. При этом волокнистая асбестовая пыль легко переносится потоками воздуха на большие расстояния (вплоть до 20 км) и оседая на значительных площадях (до 50 км²) [9; 10; 14].

Считается, что асбест, широко используемый в строительстве, имеет канцерогенные свойства. Однако нужно иметь в виду, что фиброгенность и канцерогенность волокон его разных видов так же очень сильно отличается. В наибольшей степени опасны виды, традиционно добываемые и используемые в Европе, а длиноволокнистый российский хризотил-асбест имеет существенно более низкие (в десятки раз) показатели токсичности.

Загрязнение окружающей природной среды при открытой разработке месторождений полезных ископаемых по-прежнему остается актуальной экологической проблемой. В связи с этим, освоению того или иного месторождения (кроме требований экономической целесообразности) в обязательном порядке должна предшествовать серьезная работа по глубокой проработке вопросов его комплексного освоения, основанного на принципиально новых технологических решениях. Их задача – в максимальной степени уменьшить неблагоприятные экологические последствия процессов добычи и переработки минерального сырья и хранения отходов производства. Важным моментом является и тот факт, что в перечне методов химического анализа почв отсутствуют методы определения содержания в почвах асбеста, поэтому его токсичное влияние на представителей почвенной

биоты можно оценивать посредством показателей, характеризующих их интегральную токсичность (осуществлять биотестирование). Замена и вытеснение асбеста из производства не являются панацеей и не всегда рациональны, поскольку приходящие ему на смену так называемые альтернативные материалы при их производстве так же дают повышенную техногенную нагрузку на экологическое состояние ландшафтной среды. Кроме того, в настоящее время проведение исследований, мониторинг состояния окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности невозможны без широкого привлечения возможностей геоинформационных систем и технологий, геоинформационного картографирования, а так же материалов и технологий дистанционного зондирования Земли [3; 12; 13; 16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бережная М. С. Экологические проблемы открытой добычи полезных ископаемых // Проблемы комплексного освоения полезных ископаемых: Материалы IV Молодежн. экологич. форума, посвящ. 300-летию Кузбасса и 70-летию КузГТУ, Кемерово, 29-30 окт. 2019 г. – Кемерово: Кузбасский государств. технич. ун-т им. Т. Ф. Горбачева, 2019. – С. 6–9.
2. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. – М.: Айрис-пресс, 2012. – 576 с.
3. Калашникова Л. Г., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Картографирование неблагоприятных последствий взаимодействия человека и природной среды // Гуманитарное знание и духовная безопасность: сб. матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Грозный, 1-3 дек. 2017 г.). – Махачкала, 2017. – С. 292–297.
4. Копытов А. И., Масаев Ю. А., Масаев В. Ю. Влияние технологии взрывных работ на состояние окружающей среды в Кузбассе // Уголь. – 2020. – № 5 (1130). – С. 57–62.
5. Косолапов О. В. Типизация воздействий, оказываемых на окружающую среду при разработке месторождений полезных ископаемых // Известия Уральск. государств. горного ун-та. – 2014. – № 2. – С. 54–60.
6. Методические указания. МУ 2.1.7.1185-03. Сбор, транспортирование, захоронение асбестосодержащих отходов [Электронный ресурс] // Портал «RusCable.Ru». Каталог СНиП. – Режим доступа: <https://snip.ruscable.ru/Data1/41/41464/index.htm?ysclid=lcfc08pnj4r3330228#i2355737> (дата обращения: 18.12.2022).
7. Ольховатенко В. Е., Филиппова Н. А. Антропогенное воздействие на ландшафт при разработке месторождений Ерунаковского района Кузбасса // Биологическое разнообразие природных и антропогенных ландшафтов: изучение и охрана: Сб.

- материалов II Международ. научно-практич. конф., Астрахань, 04 июня 2021 г. – Астрахань: АГУ, 2021. – С. 290-292.
8. Панкратьев П. В., Лощинин В. П., Куделина И. В. Проблемы экологической безопасности при отработке месторождений твердых полезных ископаемых в восточной части Оренбургского Урала (на примере месторождений меди и золота) // Секция №18 «Проблемы региональной геологии и геоэкологии». – Оренбург: ОГУ, 2018. – С. 1509.
 9. Певзнер М. Е., Костовецкий В. П. Экология горного производства. – М.: Недра, 1990. – 320 с.
 10. Рерих В. А. Горнодобывающая промышленность и ее влияние на экологию // Наука и образование сегодня. – 2019. – № 3. – С. 112-113.
 11. Тарасова Т. Ф., Байтелова А. И., Осетрова Ю. Ю. Экологические проблемы угледобывающей промышленности (на примере Тюльганского района Оренбургской области) // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. научно-методич. конф., Оренбург, 31 янв. - 02 февр. 2018 г. – Оренбург: ОГУ, 2018. – С. 1171–1173.
 12. Тесленок С. А. Экологическое картографирование: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2022. – 141 с. – Режим доступа: <http://catalog.inforeg.ru/Inet/GetEzineByID/338160> (дата обращения: 18.12.2022).
 13. Тесленок С. А., Бучацкая Н. В. Экологические карты: учебно-методич. комплекс [Электронный ресурс]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2021. – 159 с. – Режим доступа: <http://catalog.inforeg.ru/inet/GetEzineByID/330012?ysclid=lcg8gfvjx7924463188> (дата обращения: 18.12.2022).
 14. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. – Л.: Детиздат, 1937. – 240 с.
 15. Чысыма Р. Б., Кузьмина Е. Е., Дубровский Н. Г. Некоторые экологические факторы, влияющие на среду обитания сельскохозяйственных животных в Республике Тыва // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 2. – С. 301-303.
 16. Юртаев А. А., Тесленок К. С. Возможности геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли в исследованиях и мониторинге окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности // «Молодежь и наука - 2019»: Материалы VI международ. студенч. научно-практич. конф «Молодежь и наука-2019», посвящ. «Jastar july»: в 5-х томах. – Т. 5. – Петропавловск, 2019. – С. 246–252.
 17. Marsh G. P. Man and nature, or, Physical geography as modified by human action. – New York: Charles Scribner & Co., 1864. – 577 p.