

УДК 550.42.(571.53)

Закономерности миграции и распределения солей на участках рекультивации Западного Донбасса как фактор формирования экологического состояния техногенных ландшафтов

А. А. Кроик

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск, Украина, e-mail: no-name2001@yandex.ru

Вопросы экологического состояния территорий, на которых находятся техногенные ландшафты, весьма актуальны для Украины. Это связано со значительным уменьшением площади плодородных земель. Главной причиной является вынос из отходов токсичных компонентов, которые попадают в поверхностные и подземные воды, плодородные почвы, нанося ущерб здоровью людей. Решение этих проблем сложное и требует специальных научных подходов, позволяющих получить достоверные результаты. На этих результатах основывается разработка методов минимизации влияния отходов на объекты окружающей среды. Выполнены исследования содержания водорастворимых солей в различных геологических типах шахтных пород Западного Донбасса. Доказано, что расхождение в химическом составе и количестве выносимых из плоских отвалов шахтных пород солей в объекты окружающей среды тесно связано с техническими условиями складирования отходов. Протекание процессов современного выветривания горных пород из отвалов связано с образованием и выносом токсичных солей. Установлены закономерности и типы выветривания. Доказано, что минимизации загрязнения окружающей среды можно достичь путем перекрытия шахтной породы, находящейся на поверхности, изолирующим слоем из песка, глины, почвы. Установлены параметры, позволяющие определить тип процесса выветривания.

Ключевые слова: шахтные отходы, химический состав солей по глубине и по площадям

Patterns of migration and distribution of salt for areas reclamation Western Donbass as factor of ecological state of man-made landscapes

A.Kroik

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: no-name2001@yandex.ru

The environmental state of the areas which are contain man-made landscapes are highly relevant for Ukraine. It is associated with a significant decrease in the area of arable land. The main reason is the removal of toxic components of waste that fall into surface and ground water, arable soil, to the detriment of people's health. Solving these problems is complex and requires specialized scientific approaches that allow obtaining reliable results. These results are based the development of waste minimization methods on the impact of environmental objects. The studies of the content of soluble salts in different types of geologic rock mine in Western Donbass. It is proved that the difference in the chemical composition and the number of submitted from flat dumps in the surrounding objects mine rock salt environment is closely linked to the technical conditions of waste storage. The flow of the processes of modern weathering of rocks from the dumps depends on the formation and removal of toxic salts. We proved the laws and the types of weathering that minimize environmental pollution can be achieved by overlapping mine rock at the surface, an insulating layer of sand, clay and soil. The parameters allow defining the type of weathering process.

Keywords: mine tailings, the chemical composition of the salts in depth and area

Введение. Угольная промышленность является важной составляющей промышленного потенциала Украины и обеспечивает развитие ведущих отраслей экономики. Реформирование и реструктуризация угольной промышленности, проводимая в отрасли путем ликвидации горных предприятий, привела к возникновению комплекса социальных, экономических, экологических проблем. Закрытие горных

предприятий приводит к ухудшению экологической ситуации, а масштабный характер этой проблемы может вызвать катастрофические последствия.

Постановка проблемы. Неотъемлемой составляющей экологической безопасности территорий, на которых расположены горнодобывающие комплексы, являются мероприятия по утилизации отходов горнодобывающей промышленности. Однако в условиях кризисных явлений в экономике полная утилизация отходов невозможна, что вызывает их накопление. Новая стратегия экологической безопасности должна быть ориентирована на создание современных технологий, которые направлены на минимизацию загрязнения окружающей среды (Akinfiyev, 2001; Kalabin, 2000; Mazuhina, 1997; Romanenko, 1978; Zverev, 1997).

Наиболее рациональным с экологической точки зрения является оздоровление техногенных ландшафтов, которые образовались на этих территориях, путем проведения рекультивационных работ. Оптимизация параметров рекультивационных работ требует специальных исследований.

Изложение основного материала. Твердые отходы угледобычи и углеобогащения (отвальные шахтные породы) складываются в плоские отвалы, размещаемые на различных элементах рельефа: в пойме, на террасах, на элементарных водоразделах. Как показано в ряде исследований (Akinfiyev, 2001; Kalabin, 2000; Mazuhina, 1997; Zverev, 1997), породы при этом подвергаются процессам выветривания.

В процессе эксплуатации месторождений полезных ископаемых, в том числе угледобычи, происходит значительное нарушение природных ландшафтов и возникновение их техногенной разновидности. Проблема оптимизации техногенных ландшафтов имеет большое социальное и природоохранное значение. Решение этой проблемы возможно с применением системного подхода.

Объектом системного исследования в рамках мониторинга геологической среды в районах деятельности угледобывающих предприятий является совокупность экологических последствий, представленных антропогенными, геомеханическими, геотермическими, геохимическими и другими процессами, обусловленными разработкой угольных пластов. При этом возможны варианты, когда различные процессы, касающиеся отдельных элементов системы, вступая во взаимодействие между собой, могут приводить к дополнительным последствиям, связанным с нарушением экологического состояния территории.

Из числа техногенных воздействий в районах

угледобычи можно выделить сооружение отвалов. Это вместе с таким существенным отрицательным фактором горных работ как оседание поверхности над горными выработками создает угрозу загрязнения поверхностных и подземных вод, а также почв и растений прилегающих территорий.

Стратегия деятельности горно-обогачительных предприятий и принципы устойчивого развития территорий среди целого комплекса мероприятий предполагают проведение работ по рекультивации.

В соответствии с установленным автором механизмом выветривания (Romanenko, 1978) можно предположить, что скорость современного выветривания шахтных пород при прочих равных условиях будет в определенной мере зависеть от места их складирования. Приуроченность отвалов к трансаккумулятивным элементарным ландшафтам предполагает их хорошую промывку атмосферными осадками и сравнительно быстрое протекание современного выветривания. Несколько иного характера взаимодействия шахтных пород с атмосферными осадками следует ожидать при отсыпке их в пойму, проседающую вследствие просадки кровли отработанных лав.

Целью проведенных исследований является нахождение закономерностей распределения, миграции и выноса солей из шахтных пород, сложенных в отвалы, в окружающую среду, на которых проведены работы по рекультивации, а также установление связи с процессами современного выветривания.

Результаты и их анализ. Исследования выполнялись для угледобывающего района Западного Донбасса. За период разработки месторождения угля в Западном Донбассе шахтами ГХК «Павлоградуголь» на поверхности аккумуляровано в отвалах более 72,8 млн т горной породы.

Исследованиями установлено, что отвальные шахтные породы представлены мелкозернистыми песчаниками (10 %), алевролитами и алевроитовыми породами (38 %), глинами (15 %), карбонатами и сульфидами (5–10 %). По своему составу породы являются фитотоксичными за счет наличия в них серы.

Приблизительно 40 га отвалов рекультивированы способом консервации шахтной породы осадочными глинами, суглинками, песками с нанесением на них слоя плодородного чернозема или аллювиальной почвы. Эта площадь частично озеленена, а часть пород уложена в дамбы, ограждающие новое русло р. Самара. Большие пространства шахтных отвалов предстоит рекультивировать и освоить под сельскохозяйственные культуры.

Необходимость изучения особенностей распределения солей в толще отвальных пород связана с их широким использованием для рекультивации нарушенных участков поймы р. Самара. В соответствии с ТЭО «Комплекс мероприятий по охране рек Самара и Волчья» свежие шахтные породы, а также породы, продолжительное время находившиеся на поверхности и частично ранее помещенные в отвалы, отсыпаются непосредственно в пойму р. Самара. В результате отсыпки и проседания поверхности поймы формируется ее техногенная разновидность.

средственно на породе, отсыпан этот участок на два года раньше. Второй участок значительно отличается от первого и третьего тем, что находится на дамбе, состоящей из породы, которая не перекрыта плодородным слоем. Натурные наблюдения проводились три года. Пробы отбирались из скважин глубиной 3 м, с интервалом отбора 0,25 м, общее количество скважин – 35. На склоновой части участков рекультивации отбор проводился из канав глубиной до 1 м.

Объем выборки составлял 420 проб, в которых определяли до 20 показателей.

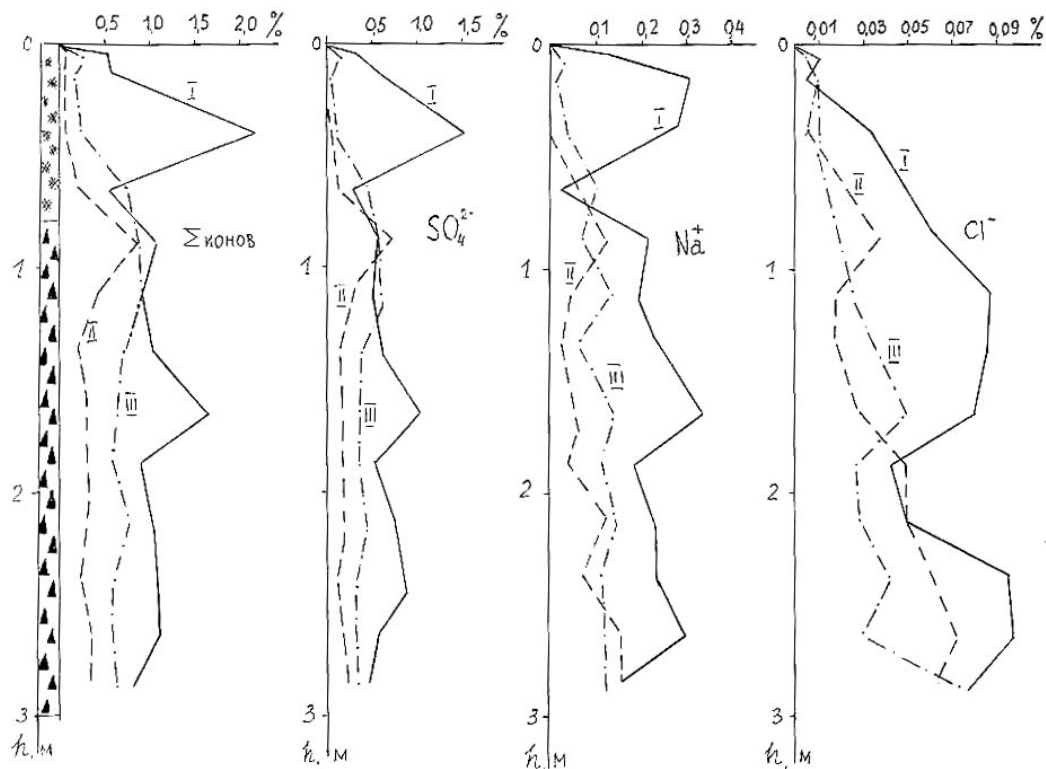


Рис. Динамика и распределение солеобразующих компонентов в почвогрунтах в зависимости от времени выветривания: участок I – 4 года; участок II – 5 лет; участок III – 6 лет.

На такой пойме организованы экспериментально-производственные участки рекультивации с целью выбора оптимального сочетания мощностей перекрываемых шахтных пород, экранирующих и плодородных грунтов. В качестве экранирующих грунтов используются суглинки и пески, а плодородных – черноземы. Для данного исследования выбраны три участка, отличающиеся временем организации, литологическим строением, типом ландшафта и предположительно разным характером процессов выветривания шахтных пород.

На первом участке шахтные породы перекрыты слоем песка толщиной 0,4 - 0,9 м, на песок насыпан слой почвы 0,15 - 0,40 м, на третьем участке слой песка отсутствует и почва (0,4 - 0,8 м) лежит непо-

Эпюры распределения основных компонентов на первом и третьем участках приведены на рисунке. Ход кривых, соответствующих общей засоленности, а также содержания сульфат-ионов и ионов натрия одинаковый. Это позволяет предположить, что в процессах миграции основную роль играет хорошо растворимый сульфат натрия. Содержание, характер распределения хлор-ионов и соотношение Cl⁻/SO₄²⁻ указывают на то, что в отвальных породах, которые подверглись процессам выветривания, более подвижные хлориды замещаются сульфат-ионами.

Характер распределения солеобразующих компонентов для участков, где порода перекрыта плодородным слоем, практически одинаков.

Минимальное содержание солей в породах на

этих участках составляет, г/кг: 8,25 – 8,50; максимальное содержание – 13,85 – 16,85. Породы второго участка, которые не защищены от влияния осадков и кислорода воздуха, содержат большее количество солей: от 7,64 до 85,42 г/кг.

На участках рекультивации, где порода перекрыта плодородным слоем, глубинные растворы имеют большую насыщенность солями, чем те, что находятся непосредственно под плодородным слоем. За счет диффузионного переноса, миграции и под влиянием испарения в летний период от 30 до 60 % солей из подстилающих пород поступают в почву, создавая максимум засоления (0,9 – 11,2 г/кг) в слое чернозема. Солевой состав пород первого и второго участка существенно отличается количественными и качественными показателями.

На первом и третьем участке соли представлены гидрокарбонатами кальция в количестве от 2,1 до 17,8 % от общей суммы солей, сульфатом натрия – от 20,0 до 88,0 %, сульфатом кальция – от 2,0 до 25,0 %. Содержание хлор-ионов в породе не превышает 0,1 %, из них от 3,5 до 43,8 % – это хлорид натрия и от 0,8 до 19,8 % – хлорид магния.

Динамика распределения солей в породах первого участка указывает на процесс вертикальной миграции, захватывающей двухметровую толщу пород. Процессы выщелачивания приводят к снижению запаса солей в слое 0,25 м за двухлетний период с 7,42 до 1,59 кг/м².

Основная масса солей, которая выносятся, представлена сульфатами, главным образом сульфатом натрия, запас которого снизился с 6,97 до 1,51 кг/м². При одинаковом исходном запасе сульфата натрия в породе на первом и втором участках из 1 м² пород второго участка выносятся на 0,74 кг этой соли больше, чем из пород первого участка. Распределение сульфата кальция по профилю изменяется, а количество его остается практически постоянным.

Уменьшение солесодержания связано прежде всего с выносом сульфат- и хлорид-ионов, содержание которых снизилось в 10–14 раз. Интенсивно вымываются сульфат и хлорид натрия, их запас снизился с 6,7 до 0,5 кг/м². При этом происходит изменение качественного состава фильтрата. Одновременно с выщелачиванием сульфатных солей происходит рост доли гидрокарбоната кальция в породе от 2,8 до 12,5 % от общей суммы солей. Это является общим для рассматриваемых участков. Отличие процессов выветривания на участках с разными ландшафтными условиями проявляется в тенденции выноса хлоридов. Количество хлоридов, выносимых из 1

м² первого участка, составило 5,6 кг и представлено хлоридом натрия, а для второго участка – в 25 раз ниже и представлено хлоридом магния.

Особенность распределения солей на втором участке рекультивации состоит в том, что засоление имеет максимальное значение в верхних горизонтах, с глубиной величина засоления резко падает от 9 до 1 %. Аналогичное распределение характерно и для сульфат-иона. Тип распределения солей техногенно-аккумулятивный с максимумом на поверхности.

В отличие от первого участка, здесь отсутствует вынос хлорида натрия, что связано с более длительным пребыванием породы на дневной поверхности и, соответственно, более полным удалением хлоридных солей, которые вымываются в первую очередь. **Выводы.** Таким образом, особенностью процесса современного выветривания отвальных пород является то, что при этом формируются техногенные потоки, обогащенные солями щелочных и щелочноземельных металлов. Выделенные типы выветривания являются основой для прогнозирования уровня загрязнения поверхностных и подземных вод в зоне влияния отвалов. Для прогнозирования выноса солей из отвальных пород важна зависимость распределения компонентов от вариантов складирования пород. В случае, когда порода перекрыта изолирующим от действия атмосферы слоем, рН порового раствора породы близко к нейтральному; глубинные растворы имеют большую насыщенность солями, нежели те, которые находятся под изолирующим слоем. Из пород выносятся преимущественно хлорид и сульфат натрия. Там, где порода не перекрыта изолирующим слоем, поровый раствор породы имеет кислую реакцию, тип распределения солей – техногенно-аккумулятивный с максимумом в слое 0,01–0,1 м. В этом случае из пород выносятся большее количество солей нежели при первом типе выветривания.

Таким образом, доказано, что расхождение в составе и выносе солей в окружающую среду тесно связано с условиями складирования отходов, которые определяют тип процесса выветривания. Максимальное содержание солей отвечает породам, уложенным в дамбы. В соответствии с выделенными признаками первый тип выветривания характерен для отвальных пород, которые находятся в условиях субаквального природно-техногенного ландшафта и порода перекрыта изолирующим слоем. Второй тип выветривания характерен для пород, которые находятся в условиях супераквального техногенного ландшафта. Фактором, лимитирующим протекание выветривания по тому или иному типу, является

степень изолированности пород от одновременного воздействия атмосферных осадков и кислорода воздуха.

Библиографические ссылки

- Akinfiyev, N.N., Baronetskaya, L.D., Osmolovskiy, I.S., Shvets, V.M., 2001. Fiziko-himicheskaya model formirovaniya sostava vod otvalov gornodobyivayuschih predpriyatiy [Physico-chemical model of the composition of water dumps of mining companies] *Geoecology*. 5, 411-419 (in Russian).
- Kalabin, G.V., Mazuhina, S.I., Malinovskiy, D.N., Sandimirov, S.S., 2000. Issledovanie protsessov vyivetrivaniya mineralnykh otkhodov dobyichi i pererabotki apatito-nefelinovykh rud [Investigation of the processes of weathering of mineral wastes of mining and processing of apatite-nepheline ores] *Geoecology*. 1, 111-116 (in Russian).
- Mazuhina, S.I., Kalabin, G.V., Karzhavin, V.K., Karpov, I.K., 1997. Fiziko-himicheskoe modelirovanie protsessa vyischelachivaniya nefelina pod vozdeystviem kislykh atmosferynykh osadkov [Physico-chemical modeling of the leaching process nepheline under the influence of acid precipitation] *Geoecology*. 5, 96-101 (in Russian).
- Romanenko, G.N., Tanatar-Barash, Z.I., Dudnik, N.F., 1978. Protsessyi sovremennogo vyivetrivaniya otvalnykh shahtnykh porod i ikh rol v izmenenii himizma podzemnykh i poverhnostnykh vod v Zapadnom Donbasse [The processes of modern mine dump weathering of rocks and their role in changing the chemistry of groundwater and surface water in Zapadnyi Donbass] *Questions hydrological forecasts, due to irrigation land and water*, 97-108 (in Russian).
- Zverev, V.P., 1997. Vzaimodeystvie prirodnykh vod s gornymi porodami i himicheskoe vyivetrivanie [The interaction of natural waters with rocks and chemical weathering] *Geoecology*. 1, 70-78 (in Russian).

Надійшла до редколегії 03.03.2016