

2 Молчанов, А. Г. Подземный ремонт скважин / Молчанов А. Г. [Электронный ресурс] // StudFiles: [сайт]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9028287/page:30/>. – Дата доступа: 09.04.2023.

3 Методы воздействия на ПЗП / [Электронный ресурс] // StudFiles. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5997027/page:4/>. – Дата доступа: 09.04.2023.

УДК 624.131

*Я. С. Сафанович*

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛИТОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ**

*На сегодняшний день в районах добычи и переработки полезных ископаемых, вдоль различных линейных сооружений, а также в местах проведения сельскохозяйственных работ широко распространены техногенные грунты. К техногенным грунтам относятся естественные грунты и почвы, измененные или перемещенные в результате производственной и хозяйственной деятельности человека, а также антропогенные образования. Более интенсивно техногенные грунты образуются и накапливаются в районах крупных городов и промышленных объектов. По последним подсчетам на территории Беларуси под воздействием антропогенного фактора перемещено около 10 млрд м<sup>3</sup> грунтов, а с учетом вспаханных земель – в пределах 25 млрд м<sup>3</sup>.*

Техногенные грунты относятся к специфическим грунтам и характеризуются неоднородным составом, строением, высокой изменчивостью свойств в пространстве и во времени. Из массивов техногенных грунтов образуются своеобразные формы техногенного рельефа.

Массив техногенных грунтов – преобразованные природные грунты – это объем грунта, в пределах которого в условиях их естественного залегания происходит целенаправленное или случайное изменение их состава и свойств, необходимое для инженерно-хозяйственной деятельности человека [1].

В районах добычи и переработки полезных ископаемых происходит образование лито-технических систем, которые оказывают воздействие на экологические функции геологической среды.

Разработка месторождений полезных ископаемых и их переработка способствуют перемещению больших объемов пород, что равносильно деятельности природных геологических процессов. Как и при открытом способе добычи полезных ископаемых, так и при шахтном вскрышные породы складированы на поверхности, образуя тем самым отвалы и новый техногенный рельеф. В результате этого происходит замещение природного сложения, а также изменения фациального состава четвертичных отложений.

Техногенные фации обладают меньшей плотностью и прочностью по сравнению с природными из-за нарушения структурных связей грунтов, гранулометрического состава и влажности при разработке и транспортировке.

Существует общая классификация искусственных (техногенных) грунтов М. И. Хазанова (таблица 1).

Таблица 1 – Типизация искусственных грунтов по условиям формирования

Подгруппа	Тип	Подтип
Способ образования	Технология образования	Источник накопления
Намытые	Организованный намыв; неорганизованный намыв	Горнотехническая деятельность; инженерная деятельность; сельскохозяйственная деятельность; военная деятельность; бытовая деятельность
Отсыпанные	Планомерная отсыпка (послойная или на всю мощность); непланомерная отсыпка (послойная или на всю мощность)	
Измененные на месте	Разрыхленные, увлажненные; уплотненные, упрочненные	
Грунты культурного слоя	Непланомерно образованные	

Промышленные и горнодобывающие предприятия включают в себя способы карьерной и шахтной добычи полезных ископаемых. В районе каждой горной выработки формируется так называемая фабрика, или комплекс сооружений, связанных сетью дорог и коммуникаций, работают горно-обогатительные комбинаты, значительная площадь отведена под хвостохранилища и шламонакопители.

Крупнейшими горнопромышленными предприятиями на территории Беларуси являются производственное объединение доломит (месторождение доломита «Руба»), ОАО «Беларуськалий» (Старобинское месторождение Калийных солей), РУПП «Гранит» (карьер по добыче строительного камня «Микашевичи»), ОАО Гомельский химический завод» (предприятие по производству фосфоросодержащих минеральных удобрений, серной и фосфорной кислот).

На территории Беларуси генетические типы четвертичных отложений представлены моренными, краевыми ледниковыми, флювиогляциальными и лимногляциальными образованиями. В совокупности эти отложения составляют около 90 % объема всей четвертичной толщи. Большинство полезных ископаемых связаны с четвертичными отложениями – подземными водами, песками, россыпями драгоценных металлов и камней, топливным сырьём, сырьём для строительных материалов [2].

Основными видами техногенного воздействия, при которых происходит нарушение окружающей среды являются:

- горные работы по добыче полезного ископаемого и обслуживание;
- транспортирование породы с помощью техники (конвейер, автотранспорт);
- переработка полезного ископаемого;
- складирование полезного ископаемого и минеральных отходов;
- целенаправленное изменение свойств массива горных пород (замораживание, тампонаж и др.).

Техногенные отложения терриконов солеотвалов ОАО «Беларуськалий» в г. Солигорске формируются в процессе отсыпки на поверхности вмещающих пород при подземной добыче полезных ископаемых и последующей их переработке.

Инженерно-геологические свойства галитовых пород в массиве солеотвалов изучались на образцах и монолитах, отобранных из разведочных инженерно-геологических и гидрогеологических скважин, пробуренных в различное время на солеотвалах флотационных обогатительных фабрик 1, 2 и 3-го рудоуправлений ОАО «Беларуськалий».

Солеотвалы формируются из галитовой рыхлой массы и соляно-глинистой пульпы. В химическом отношении свежие галитовые отходы состоят в основном из хлористого натрия. Кроме того, они включают небольшое количество хлористого калия, обусловленного технологическим пределом обогащения руды, а также хлористого кальция, сульфатов кальция и магния (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав свежих галитовых отходов

Основные компоненты	NaCl	KCl	CaCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O
Содержание, %	91–92	3,0–4,0	0,02–0,06	0,1–0,15	0,8–1,0	2,5–4,0

В гранулометрическом отношении галитовые отходы представляют собой рыхлую зернистую песчаную массу, крупность частиц которой зависит от степени помола руды (таблица 3).

Таблица 3 – Гранулометрический состав свежих галитовых отходов

Фракции, мм	5–2	2–1	1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,005	0,005	Средневзвешенный диаметр, мм
Содержание частиц, %	0,44	1,25	39,04	29,22	15,06	12,74	2,07	0,46

Свежие галитовые отходы, транспортируемые с обогатительной фабрики ленточно-конвейерным транспортом и складированные с помощью шагающих отвалообразователей в солеотвалы, содержат остаточную технологическую влагу – рассолы до 8–10 %, обусловленную технологическим пределом их механического обезвоживания. Остаточная влага в химическом отношении представляет собой хлоридно-натриевый крепкий рассол (рапу) с минерализацией 360–375 грамм в литре. Складированные в солеотвалы галитовые отходы в течение короткого времени (2–3-х недель) из песчаной рыхлой массы в результате процессов литификации, превращаются в отложения со свойствами полускальной породы [2].

Складированные в терриконы галитовые отходы подвергаются уплотнению под действием веса выше отсыпаемых отходов. В результате давления из свежесыпанных отвалов отжимается маточная рапа. Кроме того, на уплотнение галитовых отходов существенное влияние оказывают протекающие в солеотвалах процессы литификации. Они сопровождаются физико-химическими изменениями, кристаллизацией солей из рапы в поровом пространстве под воздействием изменения температурных условий, градиента давления, испарения и т. п., что приводит к образованию довольно прочных цементационных связей между отдельными солевыми частицами (предел прочности на одноосное сжатие достигает 20–30 кг/см<sup>3</sup>).

Техногенные галитовые образования в верхней части солеотвала имеют высокую пористость (около 25–35 %), что создает благоприятные условия для вертикальной миграции атмосферных осадков в глубь массива. Изучение их фильтрационных свойств в полевых условиях с помощью наливов пресной воды и рассолов показало, что величина коэффициента фильтрации в верхней части солеотвалов > 90–100 м/сут.

Механические характеристики солеотходов изменяются в широких пределах, что обусловлено их спецификой как техногенных отложений с развивающимися процессами упрочнения и приобретения жестких связей. Для свежесыпанных солеотходов прочность характеризуется лишь углом внутреннего трения, который взаимосвязан с углом естественного откоса (в среднем 45).

Солеотходы в начале складирования с точки зрения механики грунтов представляют собой сыпучую среду с высокой водопроницаемостью и водоотдачей.

Процесс формирования специфических свойств соляного массива и характерных форм его рельефа происходит под влиянием различных внешних и внутренних факторов. Со временем вследствие уплотнения под давлением собственного веса и кристаллизации солей из маточных рассолов в межзерновом пространстве возникают силы сцепления. При этом вначале они проявляются в поверхностной зоне отвалов, образуя прочную корку, а затем упрочняется весь массив.

Намывные техногенные отложения формируются из шламов, например, как глинисто-солевые шламы ОАО «Беларуськалий», которые складываются в шламохранилищах наливного типа, занимающих площадь более 1100 га. Глинисто-солевые шламы характеризуются сложным химическим, минералогическим и гранулометрическим составом. Глинисто-солевая пульпа, поступающая в шламохранилища, является суспензией глинистых и солевых частиц в насыщенном рассоле. Жидкая фаза содержит 11,5 % KCl, 20,5 % NaCl и небольшое количество примесей MgCl, CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub> – в сумме, не превышающей 1 %.

Химический состав шламов (твердая фаза) включает 25–40 % водорастворимых солей NaCl и KCl и 70–75 % нерастворимого остатка (карбонаты, сульфаты, полевой шпат, кварц, гидрослюда и др.). В шламе содержится около 60–75 % частиц размером менее 0,05 мм. Присутствие во всех образцах до 30 % частиц размером менее 0,001 мм позволяет отнести шламы к высокодисперсным материалам. Частицы крупнее 0,01 мм (до 0,05–0,1 мм) в количестве 15–20 % представлены в основном галитом и сильвином – легкорастворимыми в воде солями [3].

Таким образом, проанализировав современную ситуацию функционирования предприятий горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности Беларуси на примере предприятия ОАО «Беларуськалий», можно сделать вывод, что они значительно воздействуют на геологическую среду и приводят к трансформации многих составляющих ее компонентов. В результате образуются отходы производства, формирующие техногенные отложения и особый рельеф, оказывающий воздействие на компоненты геосреды, имеющие геохимические, геодинамические и ресурсные особенности, отражающие специфику добываемого и перерабатываемого сырья.

*Статья подготовлена в рамках договора АМ23-21 «Особенности формирования и трансформации экологических функций техногенных грунтов на территории Беларуси».*

### Литература

- 1 Инженерная геология Беларуси : в 3 т / под науч. ред. В. А. Королева. – Витебск : Изд-во ВГУ им. П. М. Машерова. – Т. 1 : Грунты Беларуси / А. Н. Галкин. – 2016. – 367 с.
- 2 Техногенные грунты: учебное пособие / А. Н. Галкин [и др.] – Минск : Вышэйшая школа, 2020. – 192 с.
- 3 Санько, А. Ф. Генетические типы и фации четвертичных отложений Беларуси / А. Ф. Санько, В. И. Ярцев, А. В. Дубман. – Минск : Право и экономика, 2012. – 310 с.

УДК 504.06(476.4)

*И. И. Скобелев*

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ЧЕЧЕРСКОГО РАЙОНА

*Статья посвящена оценке геоэкологического состояния территории Чечерского района в разрезе ландшафтов. Выявлены основные факторы, оказывающее влияние на экологическую нарушенность территорий, средствами ГИС QGIS проведён их*