

УДК 553.06:551.79(476)

**Александр Илларионович Павловский<sup>1</sup>, Александр Николаевич Галкин<sup>2</sup>,  
Андрушко Светлана Владимировна<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>канд. геогр. наук, доц., зав. каф. геологии и географии  
Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины

<sup>2</sup>д-р геол.-минерал. наук, проф., проф. каф. географии  
Витебского государственного университета имени П. М. Машерова

<sup>3</sup>канд. геогр. наук, доц., доц. каф. геологии и географии  
Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины

**Alexander Pavlovsky<sup>1</sup>, Alexander Galkin<sup>2</sup>, Svetlana Andrushko<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Geology and Geography of the Francisk Skorina Gomel State University  
<sup>2</sup>Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Professor of Department of Geography  
of the Vitebsk State University named after P. M. Masharov

<sup>3</sup>Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Geology and Geography  
of the Francisk Skorina Gomel State University

e-mail: <sup>1</sup>aipavlovsky@mail.ru; <sup>2</sup>galkin-alexandr@yandex.ru; <sup>3</sup>sandrushko@list.ru

#### **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И ФАЦИАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ\***

На основании проведенных исследований выполнена типизация генетических типов и фациального состава четвертичных отложений в наиболее крупных районах добычи и переработки полезных ископаемых на территории Беларуси. В процессе функционирования предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых формируется новый генетический тип отложений – техногенных (в виде насыпных и намывных грунтов: площадные отвалы, терриконы, шламохранилища) и донных образований (искусственных прудов и каналов). Разработана литолого-фациальная типизация техногенных отложений, проанализированы их основные характеристики и свойства. Свойства фаций техногенных отложений отличаются от свойств отложений естественного залегания: в них наблюдается нарушение структурных связей грунтов, гранулометрического состава и влажности, к тому же техногенные фации обладают меньшей плотностью и прочностью по сравнению с природными.

**Ключевые слова:** четвертичные отложения, генетические типы, фациальный состав, районы добычи и переработки полезных ископаемых, техногенные отложения, литолого-фациальная типизация.

#### ***Genetic Types and Facies Composition of Quaternary Deposits, their Transformation in the Regions of Extraction and Processing of Mineral Resources on the Territory of Belarus***

Based on the conducted studies typification of genetic types and facies composition of Quaternary deposits has been carried out for the largest regions of mining and processing of mineral resources on the territory of Belarus. In the course of the operation of enterprises for the extraction and processing of mineral resources, a new genetic type of deposits is formed - technogenic, in the form of soil dumps and alluvial soils (areal dumps, terrikons, sludge storages) and benthic formations of artificial ponds and canals. A lithologic and facies typification of technogenic deposits has been developed, the main characteristics and properties of the deposits have been analyzed. The properties of the facies of technogenic deposits differ from the properties of natural deposits; in the former, there are abnormalities in the structural bonds of soils, granulometric composition, and moisture, moreover, technogenic facies have a lower density and strength compared to natural ones.

**Key words:** Quaternary deposits, genetic types, facies composition, regions of mining and processing of mineral resources, technogenic deposits, lithologic and facies typification.

\*Статья подготовлена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках выполнения задания «Закономерности трансформации экологических функций геосфер в районах крупных горнопромышленных регионов» (грант № X20P-284 от 04.05.2020 г. на 2020–2022 гг.).

### **Введение**

Четвертичные отложения на территории Беларуси распространены повсеместно, мощность их варьирует в широких пределах: от сантиметров до более чем 300 м, составляя в среднем 80,0 м. Наиболее широко представлены три основные формации генетических типов четвертичных отложений.

Ледниковая (гляциогенная) – 88 % от общего объема четвертичных отложений, где на долю моренных отложений приходится 52 %, водно-ледниковых (флювиогляциальных), – 31 %, озерно-ледниковых (лимногляциальных) – 5 %. К генетическим типам криогенной формации (перигляциальной) формации относятся осадки внеледниковой зоны, представленные криоаллювием, криолимнием, эоловыми и склоновыми отложениями, что составляет около 7 %. На комплексы термогенной формации приходится 5 %, и представлены они межледниковыми и современными (аллювий, озерные, болотные, склоновые и эоловые) отложениями [1].

При изучении воздействия добычи и переработки полезных ископаемых на геологическую среду важными объектами исследований являются генетические типы и составляющие их фации четвертичных отложений, которые в наиболее полном объеме отражают пространственно-временные, геодинамические, физико-химические и другие изменения. Четвертичные отложения являются как ресурсной (пески, песчано-гравийный материал, глины, торф), так и пространственной базой развития районов по добыче и переработке полезных ископаемых. Необходимо отметить, что в процессе функционирования предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых формируется новый генетический тип отложений – техногенные.

### **Материалы и методы исследования**

Изучение и картографирование генетических типов и фациального состава четвертичных отложений проводилось для следующих объектов добычи и переработки полезных ископаемых:

- 1) месторождение доломитов «Руба» (карьер «Гралево»);
- 2) Старобинское месторождение калийных солей (ОАО «Беларуськалий»);
- 3) предприятие по производству минеральных удобрений, серной и фосфорной кислот и др. (ОАО «Гомельский химический завод»).

Для единой трактовки понятий приняты следующие основные определения.

1. Генетический тип четвертичных отложений – это комплекс одинаковых по происхождению геологических тел, объединяющий несколько парагенетически сочетающихся фаций. Генетические типы формируются в результате деятельности ведущего или нескольких преобладающих геологических агентов (вода, лед, ветер и т. д.), функционирующих в системе «денудация первичных пород → транспорт и переработка → аккумуляция» при определенных физико-географических и хозяйственных условиях.

2. Фация – геологическое тело, сложенное отложениями, фиксирующими обстановку и режимы осадконакопления (динамика, среда переноса, условия формирования и накопления осадков) с присущими им геологическими, геохимическими, палеонтологическими и другими признаками [2].

### **Результаты и их обсуждение**

В пределах исследуемых объектов четвертичные отложения либо перекрывают залежи полезных ископаемых, либо являются пространственной основой функционирования добывающих и перерабатывающих предприятий, сопутствующей инфраструктуры. На основании выполненных исследований нами разработана литолого-фациальная

классификация четвертичных отложений районов добычи и переработки полезных ископаемых (таблица 1). Преобладают следующие генетические типы четвертичных отложений: ледниковые, водно-ледниковые, озерно-ледниковые, аллювиальные, биогенные, комплексной склоновой денудации.

Таблица 1. – Литолого-фациальная типизация четвертичных отложений районов добычи и переработки полезных ископаемых

Генетический тип (индекс)	Группа фаций	Фации	Состав
Ледниковый (g) (гляциальный)	Моренных отложений	Массивной морены	Супеси и суглинки, массивные, с включением гравия и валунов
		Плитчатой морены	Моренные валунные суглинки, супеси, реже глины с субгоризонтальной плитчатой текстурой
		Переслаивающейся морены	Переслаивание суглинков с гравийно-галечным материалом, мелко- и тонкозернистыми песками и супесями
Водно-ледниковый (f) (флювиогляциальный)	Водно-ледниковых отложений	Приледниковых отложений	Разнозернистые пески, гравийно-галечный материал (содержание может достигать 60–70 %), горизонтально-слоистые, косослоистые, встречаются крупные обломки
Озерно-ледниковый (lg) (лимногляциальный)	Озерно-ледниковых отложений	Озерно-ледниковых песков и супесей	Слоистые мелко- и тонкозернистые пески и супеси
		Озерно-ледниковых глин	Ленточные суглинки и глины
Аллювиальный (al)	Русловых отложений	Русловой аллювий	Разнозернистые косо-, горизонтально слоистые, сортированные и хорошо окатанные пески, с гравием и галькой
	Пойменных отложений	Пойменный аллювий	Гумусированные супеси и суглинки
		Старичный аллювий	Илы, слаборазложившийся торф
Отложений террас	Аллювий террас	Слоистые разнозернистые пески, супеси	
Биогенный (pl)	Болотных отложений	Низинного торфа	Слаборазложившийся торф
Комплексной склоновой денудации (d, p, c)	Склоновых отложений	Делювиальных	Слоистые разнозернистые пески, супеси
		Проллювиальных	Ритмично-слоистые разнозернистые пески, супеси и суглинки
		Коллювиальных	Песчано-гравийный материал, блоки несортированного материала суглинков, супесей разного генезиса

***Ледниковые отложения (гляциальные) (g Q<sub>2-3</sub> pr – pz)***

Этот генетический тип отложений имеет повсеместное распространение, часто залегает непосредственно с поверхности, местами перекрывается лессовидными породами полигенетического характера, флювиогляциальными, местами лимногляциальными отложениями сожско-поозерского возраста и современными образованиями. Мощность ледниковых отложений изменяется от 10,0–15,0 до 30,0–35,0 м, иногда достигает 100,0 м. Литологически моренные отложения представлены супесями и суглинками зеленовато-серого, красно-бурого, бурого цвета с прослоями гравия и гальки, песчано-гравийного и валунного материала с линзами и прослоями внутриморенных мелко- и тонкозернистых песков и супесей мощностью от 0,1 до 1,0 м. Характерной особенностью моренных отложений является наличие в разных по составу породах гравия от 5–10 до 20–40 % и валунов размером до 1,0–1,5 м и более. Мощность составляет от 10,0 до 35,0 м.

***Водно-ледниковые отложения (флювиогляциальные) (f Q<sub>2-3</sub> pr – pz)***

Флювиогляциальные отложения имеют в пределах описываемых территорий значительное распространение, залегают на разновозрастных моренных образованиях. Представлены песками желтовато-серыми, серыми, разноморнистыми, полевошпатово-кварцевыми, с включениями гравия до 2–10 %, с прослоями гравийно-галечного материала, нередко встречаются мелкие валуны. Отложения характеризуются значительной степенью сортировки обломочного материала и имеют ярко выраженную слоистость, мощность составляет от 5 до 30 м.

***Озерно-ледниковые отложения (лимногляциальные) (lg Q<sub>2-3</sub> pr – pz)***

Лимногляциальные отложения в пределах исследуемых территорий распространены фрагментарно, залегают с поверхности, перекрывая разновозрастные образования других генетических типов. Сложены разноморнистыми, чаще мелко- и тонкозернистыми светло-серыми, желтыми слоистыми песками. Характерны осадки ленточного типа – ленточные супеси, суглинки и глины, часто коричневого цвета.

***Аллювиальные отложения (al Q<sub>3-4</sub>)***

Аллювиальные отложения встречаются в пределах всех исследуемых территорий, отличаются сложным строением и фациальной неоднородностью. Для русловой фации характерны светло-серые, серые, желто-серые разноморнистые косо-, горизонтально слоистые, сортированные и хорошо окатанные пески, с гравием и галькой. Широко представлены гумусированные супеси и суглинки пойменной фации, а также илы, слабо разложившийся торф старичной фации.

***Биогенные отложения (pl Q<sub>3-4</sub>)***

Эти образования имеют довольно ограниченное развитие, залегают в понижениях современного рельефа. Представлены они сильно гумусированными, с растительными остатками мелкозернистыми песками и супесями с линзами слабо разложившегося торфа, иногда мелкозалежными торфяниками. Мощность отложений составляет 0,5–2,4 м.

***Отложения комплексной склоновой денудации (p, d, c Q<sub>3-4</sub>)***

Эти отложения залегают плащеобразно у подножья склонов. Литологические особенности определяются главным образом составом материнских пород, морфометрическими параметрами рельефа и интенсивностью геоморфологических процессов. Наиболее часто встречаются ритмично-слоистые толщи разноморнистых песков, супесей и суглинков. Мощность отложений весьма изменчива: от 0,7–1,8 м у плащеобразных форм до 1,8–2,3 м при островном распространении.

***Техногенные отложения (th Q<sub>4</sub>)***

В районах добычи полезных ископаемых (как открытым, так и подземным способами), их переработки формируются техногенные отложения (таблица 2).

Таблица 2. – Литолого-фациальная типизация техногенных отложений районов добычи и переработки полезных ископаемых

Генетический тип (индекс)	Группа фаций	Фации	Состав
Техногенные (th Q <sub>4</sub> )	Насыпных отложений	Отложений вскрышных пород	Моренные суглинки и супеси, гравийно-галечный материал, пески с обломками доломитов разного размера
		Отложений вмещающих пород	Галитовые отходы, сходные по составу с разнородными песками
		Отложений переработки полезных ископаемых	Фосфогипс, близок по составу к пылеватому песку
	Намывных отложений	Намывных отложений шламохранилищ	Глинисто-солевые шламы, тонкодисперсные фосфогипсовые отложения
	Искусственных водоемов и каналов	Донных отложений	Илы различного состава с обломками добываемого или перерабатываемого сырья

Техногенные породы отвалов открытой разработки полезных ископаемых формируются за счет складирования вскрышных пород и представлены местными четвертичными отложениями, сложение которых нарушено в результате производства горнотехнических работ. По месту расположения отвалы карьеров открытой добычи полезных ископаемых делятся на внутренние и внешние. Первые создаются в отработанном пространстве карьера, вторые – на некотором расстоянии от горной выработки.

Показателен фациальный состав отложений вскрышных пород доломитового карьера «Гралево». Сформированные в процессе эксплуатации отложения представлены преимущественно глинистыми грунтами, моренными суглинками и супесями с гравийно-галечным материалом (до 15 %), гнездами песков и обломками доломитов различного размера (до 10 %) суммарной мощностью более 17 м. Местами техногенные глинистые грунты перекрыты маломощными (2–4 м) переотложенными аллювиальными серовато-бурыми пылеватыми песками, иногда мелкими и средними, часто с супесчано-суглинистыми гнездами и линзами. К песчаным отвалам повсеместно приурочен горизонт грунтовых вод, вскрываемый на глубине 0,5–0,6 м. По результатам инженерных изысканий, проведенных Витебским отделом РУП «Геосервис», песчаные отложения этих отвалов преимущественно рыхлого сложения, коэффициент пористости их в среднем составляет 0,73, коэффициент фильтрации – 0,52 м/сут, угол естественного откоса в сухом состоянии – 44°, под водой – 32° [3].

Отвальные глинистые породы обладают высокой плотностью и находятся преимущественно в полутвердой и тугопластичной консистенции, имеют умеренную естественную влажность, слабопроницаемы, при промерзании склонны к пучению. Необходимо отметить, что после отсыпки отвала с глубиной происходит закономерное уплотнение отложений и повышение показателей их прочности. Свойства фаций отло-

жений вскрышных пород отвалов отличаются от свойств отложений естественного залегания. Происходящие при разработке, транспортировке и складировании нарушения структурных связей грунтов, гранулометрического состава и влажности приводят к тому, что техногенные фации обладают меньшей плотностью и прочностью по сравнению с природными.

Техногенные отложения терриконов формируются в процессе отсыпки на поверхности вмещающих пород при подземной добыче полезных ископаемых и последующей их переработке. К таким образованиям на территории Беларуси относятся грунты солевых отвалов ОАО «Беларуськалий» в Солигорске. В отходы попадают галитовая рыхлая масса и соляно-глинистая пульпа. Из галитовых отходов формируются солевые отвалы высотой более 120 м. В их химическом составе присутствуют NaCl (91–92 %), KCl (3–4 %), MgCl<sub>2</sub> (0,02–0,06 %), MgSO<sub>4</sub> (0,1–0,15 %), CaSO<sub>4</sub> (1,1 %) и др.; на долю нерастворимого остатка приходится 2,5–4 % [4]. По механическому составу галитовые отходы сходны со средне- и разнородными песками. В их составе содержатся фракции >1,0 мм (1,0–1,5 %), 1,0–0,5 мм (33–35 %), 0,50–0,25 мм (28–30 %), 0,25–0,10 мм (15–17 %), 0,10–0,005 мм (13–15 %); <0,005 мм (4–5 %).

Плотность частиц галитовых техногенных отложений находится в пределах 2,1–2,2 г/см<sup>3</sup> и обусловлена их минеральным составом (галит, сильвин и глинистые минералы). Плотность скелета грунта колеблется в широких пределах: от 1,3–1,4 г/см<sup>3</sup> при пористости 35–40 % в верхнем рыхлом покрове до 1,75–1,90 г/см<sup>3</sup> при пористости 12–15 % в уплотненных слоях, залегающих на разных глубинах. Следует отметить, что высокая пористость верхних слоев солевых отвалов создает благоприятные условия для вертикальной миграции атмосферных осадков в глубь массива. Изучение их фильтрационных свойств в полевых условиях показало, что величина коэффициента фильтрации техногенных галитовых образований в верхней части массивов превышает 90–100 м/сут [5].

В основании отвалов в результате дегидрата солевых отходов и уплотнения под собственным весом образуется плотная зона, непроницаемая для рассолов. Кроме того, в отвалах развиваются процессы пластической деформации и физико-химические преобразования, проявляющиеся в росте кристаллогидратов при изменении термодинамических условий рапы, а также частичный переход свободной и рыхлосвязанной воды в химически связанную. Это приводит к формированию в солевых отвалах дифференцированных зон с различными свойствами.

К насыпным техногенным отложениям относятся отходы переработки полезных ископаемых, в частности фосфогипс, которые складываются в сухом состоянии. Фосфогипс образуется при производстве фосфорной кислоты, сложных фосфорсодержащих удобрений из апатита и фосфорита. Отвалы начали формироваться с 1969 г., когда Гомельский химический завод освоил выпуск фосфорных удобрений на основе апатитовых концентратов. Минеральный состав фосфогипса Гомельского химзавода представлен CaSO<sub>4</sub> × 2H<sub>2</sub>O (97,0–97,2 %), AlPO<sub>4</sub> и FePO<sub>4</sub> (0,8–1,2 %), Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> и K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> (0,5 %), H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (0,7–0,85 %), Ca<sub>5</sub>F(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> и CaF<sub>2</sub> (0,7 %).

По внешнему виду фосфогипс – это полидисперсный материал серо-белого цвета, представленный агрегатами частиц, комками с межагрегатными пустотами. Он содержит примеси неорганических и органических соединений, воднорастворимых и водонерастворимых, адсорбированных на поверхности кристаллов. По гранулометрическому составу фосфогипс близок к пылеватому песку, содержание частиц крупнее 0,1 мм составляет менее 75 %, а частиц <10 мкм – около 40–55 % [6]. В отвалах фосфогипса содержится до 40–50 % влаги, и при механическом воздействии он способен разжижаться с выделением свободной воды и уменьшением объема.

По данным Гомельского отдела РУП «Геосервис», плотность фосфогипса Гомельского химзавода при естественной влажности изменяется в интервале значений от 1,09 до 1,72 г/см<sup>3</sup>, плотность твердой компоненты – от 2,53 до 2,83 г/см<sup>3</sup>; угол естественного откоса при влажности, равной 44 %, составляет 55°. Он отличается достаточно высокими прочностными показателями: угол внутреннего трения равен 30–34°, а сцепление – 0,031–0,042 МПа.

По фильтрационной способности фосфогипс близок к супесчаным грунтам. Его коэффициент фильтрации (Кф) зависит от плотности шлама [7]. Свежеотсыпанный шлам обладает высокой проницаемостью (Кф = 1,0–3,0 м/сут). По мере увеличения высоты отвалов нижние слои фосфогипса уплотняются (при высоте отвалов 40–60 м величина дополнительного давления на земную поверхность достигает 4–6 МПа), что ведет к снижению их проницаемости: с увеличением плотности от 1,25 до 1,4 г/см<sup>3</sup> Кф уменьшается от 1,04 до 0,8 м/сут, а при плотности 1,5 г/см<sup>3</sup> его значение достигает 0,47 м/сут. Это обстоятельство предопределяет формирование в техногенных массивах водоносных горизонтов, режим которых в значительной степени будет определять условия устойчивости откосов за счет гидростатических и гидродинамических сил [8].

С увеличением плотности фосфогипса значительно повышаются его прочностные показатели. В рыхлом состоянии он характеризуется наименьшими показателями сцепления. Обезвоженный и уплотненный укаткой фосфогипс характеризуется достаточно высокими показателями физико-механических свойств [9].

Намывные техногенные отложения формируются из шламов, и к таким образованиям относятся глинисто-солевые шламы ОАО «Беларуськалий» в Солигорске, которые складываются в шламохранилищах наливного типа, занимающих площадь более 1 100 га. За более чем пятидесятилетний период добычи и обогащения калийных солей в окрестностях Солигорска их накопилось порядка 95 млн т. Глинисто-солевые шламы характеризуются довольно сложным химико-минеральным и гранулометрическим составом. Их минеральный состав представлен в основном карбонатами, сульфатами, полевым шпатом, кварцем и гидрослюдой, большей своей частью слагающими нерастворимый осадок шламов; значительную долю (25–30 %) составляют галит и сильвин, количество которых зависит от стадии технологической обработки [6].

В шламах содержится около 60–75 % частиц размером менее 0,05 мм. Присутствие до 30 % частиц размером менее 0,001 мм позволяет отнести их к высокодисперсным глинистым отложениям. Частицы крупнее 0,01 мм (до 0,10 мм) в количестве 15–20 % представлены в основном галитом и сильвином [4]. Удельная плотность нерастворимого осадка глинисто-солевых шламов составляет 40–45 м<sup>2</sup>/г, ионообменная емкость – до 9 мг-экв/100 г. Предел текучести шламовых грунтов – 50 %, раскатывания – 23 %; число пластичности – 27 %, при содержании солей до 30 % оно снижается до 10 % [7].

Кроме того, в районах добычи и переработки полезных ископаемых сформировались внутренние водоемы в виде затопленных участков карьеров, каналов и понижений рельефа за счет подтопления, где накапливаются техногенные отложения донной фации, представленные фосфогипсовыми илами, карбонатно-магнезиальными илами с большим количеством обломков доломита и другими тонкодисперсными отложениями различного состава с обломками добываемого или перерабатываемого сырья.

### **Заклучение**

В процессе функционирования предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых формируется новый генетический тип отложений – техногенных, которые имеют вид насыпных и намывных грунтов (площадные отвалы, терриконы, шламохранилища) и донных образований искусственных прудов и каналов.

Техногенные породы отвалов открытой разработки полезных ископаемых формируются за счет складирования вскрышных пород и представлены местными четвертичными отложениями, сложение которых нарушено в результате производства горно-технических работ.

Свойства фаций отложений вскрышных пород отвалов отличаются от свойств отложений естественного залегания. Происходящие при разработке, транспортировке и складировании нарушения структурных связей грунтов, гранулометрического состава и влажности приводят к тому, что техногенные фации обладают меньшей плотностью и прочностью по сравнению с природными.

Техногенные отложения терриконов формируются в процессе отсыпки на поверхности вмещающих пород при подземной добыче полезных ископаемых и последующей их переработке.

В основании отвалов солевых отходов в результате их уплотнения под собственным весом образуется плотная рассолонепроницаемая зона и развиваются процессы пластической деформации и физико-химического преобразования, что приводит к формированию в солеотвалах дифференцированных зон с различными свойствами.

По мере уплотнения отвалов фосфогипса идет формирование водоносных горизонтов, режим которых в значительной степени будет определять условия устойчивости откосов за счет гидростатических и гидродинамических сил.

В районах добычи и переработки полезных ископаемых формируются донные отложения водоемов и каналов, представленные тонкодисперсными осадками различного состава с обломками добываемого или перерабатываемого сырья.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, А. В. Рельеф Белоруссии / А. В. Матвеев, Б. Н. Гурский, Р. И. Левицкая. – Минск : Университетское, 1988. – 320 с.
2. Санько, А. Ф. Генетические типы и фации четвертичных отложений Беларуси / А. Ф. Санько, В. И. Ярцев, А. В. Дубман. – Минск, 2012. – 311 с.
3. Галкин, А. Н. Инженерная геология Беларуси : монография : в 3 ч. / А. Н. Галкин ; под науч. ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016. – Ч. 1 : Грунты Беларуси. – 367 с.
4. Богатов, Б. А. Открытые горные работы калийного производства в Беларуси / Б. А. Богатов, А. Д. Смычник, С. Ф. Шемет. – Минск : Технопринт, 2004. – 266 с.
5. Шпаков, О. Н. Карст техногенных соляных отложений / О. Н. Шпаков, В. П. Клементьев // Охрана окружающей среды калийных производств : сборник / ред. Г. В. Богомолов. – Минск : Наука и техника, 1979. – С. 65–71.
6. Ларионова, Н. А. Использование фосфогипса в строительстве / Н. А. Ларионова // Сергеевские чтения – 2014 : материалы науч. сессии, Москва, 21–22 марта 2014 г. / редкол.: В. И. Осипов (отв. ред.) [и др.]. – М. : РУДН, 2014. – Вып. 16 : Развитие научных идей академика Е. М. Сергеева на современном этапе. – С. 48–53.
7. Фосфогипс и его использование / В. В. Иваницкий [и др.] ; под ред. С. Д. Эвенчика, А. А. Новикова. – М. : Химия, 1990. – 222 с.
8. Ивочкина, М. А. Инженерно-геологическое обеспечение устойчивости отвалов фосфогипса : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 25.00.16 / М. А. Ивочкина. – СПб., 2013. – 22 с.
9. Инженерная геология России : в 2 т. / под ред. В. Т. Трофимова, Е. А. Вознесенского, В. А. Королева. – М. : КДУ, 2011. – Т. 1: Грунты России. – 672 с.

## REFERENCES

1. Matviejev, A. V. Riel'jef Bielarusi / A. V. Matviejev, B. N. Gurskij, R. I. Lievickaja. – Minsk : Univiersitietskoje, 1988. – 320 s.
2. San'ko, A. F., YArcev V.I., Dubman A.V. Geneticheskie tipy i facii chetvertichnyh otlozhenij Belarusi. San'ko, A. F., YArcev V.I., Dubman A.V. Minsk, 2012. 311 s.
3. Galkin, A.N. Inzheniernaja gieologija Bielarusi : monografija : v 3 ch. / A. N. Galkin ; pod nauch. ried. V. A. Koroliova. – Vitiebsk : VGU im. P. M. Masherova, 2016. – Ch. 1 : Grunty Bielarusi. – 367 s.
4. Bogatov, B. A. Otkrytyje gornyje raboty kalijnogo proizvodstva v Bielarusi / B. A. Bogatov, A. D. Smychnik, S. F. Shemiet. – Minsk : Tekhnoprint, 2004. – 266 s.
5. Shpakov, O. N. Karst tiekhnogiennykh solianyx otlozhenij / O. N. Shpakov, V. P. Klie-mient'jev // Okhrana okruzhajushchiej sriedy kalijnykh proizvodstv : sbornik / ried. G. V. Bogomolov. – Minsk : Nauka i tiekhnika, 1979. – S. 65–71.
6. Larionova, N. A. Ispol'zovanije fosfogipsa v stroitel'stvie / N. A. Larionova // Siergiejevskije chtienija – 2014 : materialy nauch. siessii, Moskva, 21–22 marta 2014 g. / riedkol.: V. I. Osipov (otv. ried.) [i dr.]. – M. : RUDN, 2014. – Vyp. 16 : Razvitije nauchnykh idiej akadiemika Ye. M. Siergiejeva na sovriemiennom etapie. – S. 48–53.
7. Fosfogips i jego ispol'zovanije / V. V. Ivanickij [id r.] ; pod ried. S. D. Evienchika, A. A. Novikova. – M. : Khimija. 1990. – 222 s.
8. Ivochkina, M. A. Inzhenierno-gieologichieskoje obiespiechienije ustojchivosti otvalov fosfogipsa : avtorief. dis. ... kand. tiekhn. nauk : 25.00.16 / M. A. Ivochkina. – SPb., 2013. – 22 s.
9. Inzheniernaja gieologija Rossii : v 2 t. / pod ried. V. T. Trofimova, Ye. A. Vozniesien-skogo, V. A. Koroliova. – M. : KDU, 2011. – T. 1. Grunty Rossii. – 672 s.

*Рукапіс наступіў у рэдакцыю 20.09.2021*