

УДК 574(075.8)+66.021+66.048.3

# Оценка фосфогипса на территории ОАО «Гомельский химический завод» и способов его применения

И.С. Ющенко

Белорусский государственный университет

Пр. Независимости, 4, 220030, Минск, Беларусь. E-mail: rengm\_2016@mail.ru

(Статья поступила в редакцию 30 апреля 2023 г.)

ОАО «Гомельский химический завод» ведет переработку апатитовой руды методом сернокислотной экстракции с целью получения фосфорных минеральных удобрений, негативным следствием которой является формирование и накопление многотоннажных отвалов фосфогипса на территории влияния предприятия. С помощью программного продукта Google Earth Pro 7.3.3.7786 произведена оценка площадного распространения и высоты многотоннажных отвалов фосфогипса, расположенных на территории влияния предприятия. Приведены сведения лабораторного исследования фосфогипса. На основании этого введены предложения по применению фосфогипса в различных отраслях промышленности, наиболее перспективным из которых является получение фосфогипсового камня.

Ключевые слова: *фосфогипс, ОАО «Гомельский химический завод», Google Earth Pro, грунт, фосфогипсовый камень.*

DOI: 10.17072/psu.geol.22.3.282

## Введение

ОАО «Гомельский химический завод» – единственный производитель минеральных удобрений в Беларуси, который является крупнейшим предприятием государственного концерна «Белнефтехим». Продукция, произведенная на заводе, востребована не только на внутреннем рынке, но и за рубежом, где её знают более чем в 25 странах. Более 70% производимой продукции экспортируется в страны ближнего и дальнего зарубежья. Основными потребителями являются Польша, Россия, Литва, Румыния, Украина. Агропромышленный комплекс Республики Беларусь опирается на производственный потенциал завода.

Ключевым преимуществом ОАО «Гомельский химический завод» является широкий ассортимент производимых минеральных удобрений. Завод производит десятки различных марок удобрений. Основной продукцией являются: аммофос, аммонизированный суперфосфат, азотно-фосфорно-калийные удобрения различных марок, ту-космеси, фтористый алюминий, криолит искусственный технический марки КП,

сульфат натрия безводный фотографический, серная и фосфорная кислоты. Технологический процесс производства удобрений на заводе сопровождается формированием фосфогипса, который является отходом производства экстракционной фосфорной кислоты.

## Материалы и методы исследования

Исследование включало ряд этапов: выбор исходных данных, анализ и обработку полученной информации, выявление закономерностей и взаимосвязей, предложения по применению отвалов фосфогипса и, как следствие, минимизацию их негативного воздействия на окружающую среду. В основе исследований лежат материалы, которые были получены в процессе проведения полевых и лабораторных исследований на базе ОАО «Гомельгеосервис» и ОАО «Гомельский химический завод». При выполнении исследований использовались статистические методы для обработки ряда лабораторных данных, метод синтеза и анализа, а также метод моделирования.

## Результаты и их обсуждение

ОАО «Гомельский химический завод» производит минеральные удобрения по индивидуальному заказу конкретного потребителя с особым набором питательных элементов благодаря гибкости технологий и внедрению современных эффективных технических решений. Так, в последние годы была произведена реконструкция производства цеха фосфорной кислоты, установлены реакторы разложения и дозревания, позволяющие производить фосфорную кислоту в полугидратном режиме, установлен ленточный вакуум и более мощные системы абсорбции. Все это позволяет увеличить мощности завода и производить удобрения с использованием в качестве сырья высококачественных апатитов из России, фосфоритов из Африки

и серной кислоты. В настоящее время на заводе процесс получения фосфорной кислоты состоит из разложения фосфатного сырья серной кислотой, фильтрации полученной пульпы и концентрирования экстракционной фосфорной кислоты.

В результате переработки 1 тонны исходного сырья в ходе технологического процесса образуется порядка 1,6 тонн фосфогипса. По данным программного продукта Google Earth Pro 7.3.3.7786, общая площадь отвалов фосфогипса достигает 0,784 км<sup>2</sup>, а высота их изменяется от 19 до 32 м (табл. 1, рис. 1).

На территории производственного комплекса ОАО «Гомельский химический завод» многотоннажные отвалы приводят к росту техногенной нагрузки на все компоненты окружающей среды.

Таблица 1. Характеристика отвалов фосфогипса

Объект Object	Периметр, км Perimeter, km	Высота над уровнем моря точки наблюдения, м Height above sea level of observation point, m		Амплитуда высот, м Height amplitude, m	Площадь, км <sup>2</sup> Square, km <sup>2</sup>
		Максимум Maximum	Минимум Minimum		
1	0,90	154	134	20	0,048
2	1,13	164	132	32	0,094
3	0,86	151	132	19	0,044
4	4,41	161	132	29	0,598
Общая сумма					0,784

Отвалы фосфогипса состоят из частиц различной формы и размера, а также характеризуются неоднородным составом и сложением, неравномерной прочностью и сжимаемостью. Кристаллики фосфогипса имеют белый, светло-серый, прозрачный матовый цвет за счет рассеянных пылеватых частиц. Фосфогипс обладает большими силами сцепления частиц, в результате чего происходит образование комков. В пресной воде в условиях комнатной температуры за сутки растворяется 0,32–0,35% фосфогипса. Для него характерна кислая реакция среды (рН 4,5–5). Исследование результатов лабораторных анализов 39 образцов фосфогипса из скважин 1 и 2 (рис. 2), проведенных на базе ОАО «Гомельгеосервис», показывает, что природная влажность грунта находится в пределах 38,5–50,3% (табл. 2).

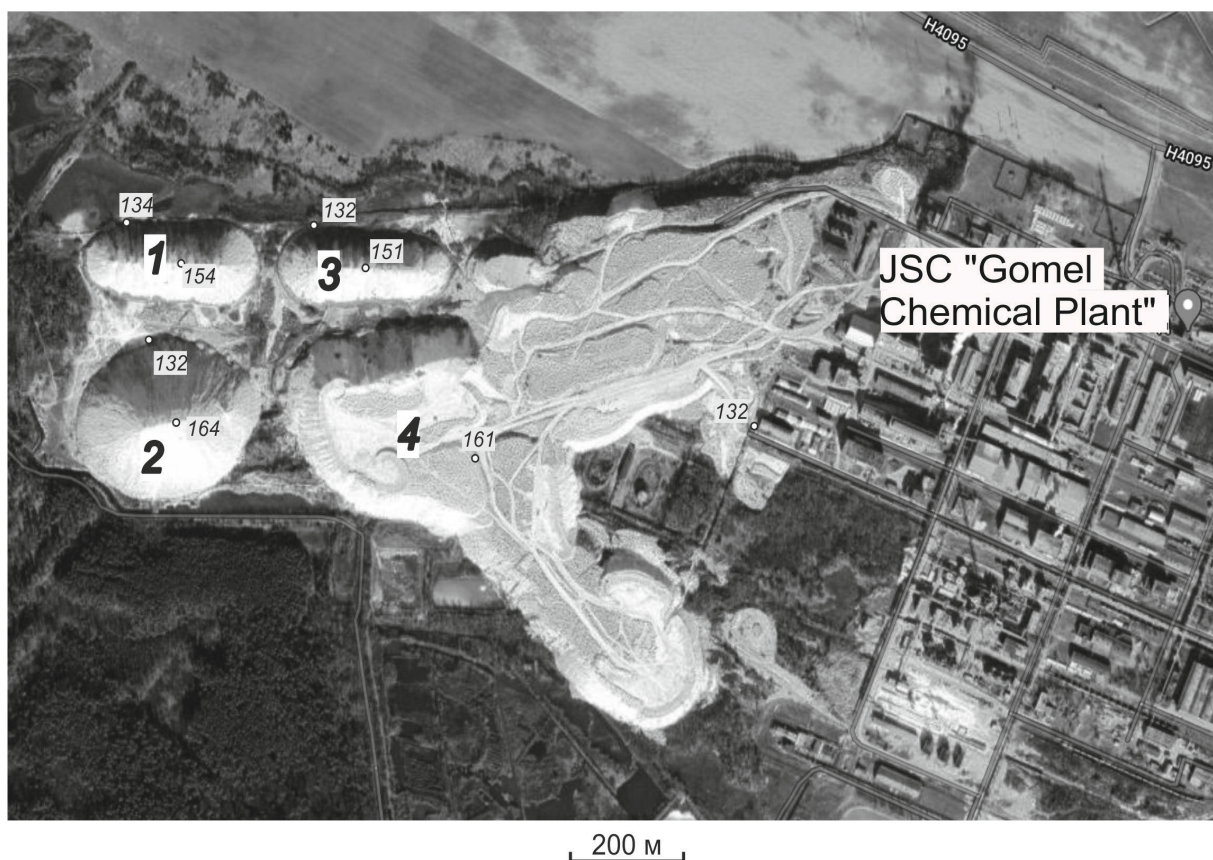
Фосфогипс относится к малоопасным отходам (4 класс опасности), а код опасности, согласно классификатору отходов Республике Беларусь, – 3144501. Основная масса фосфогипса представлена сульфатом кальция, который растворим в воде.

Лабораторное определение содержания сульфатов в водных вытяжках фосфогипса выявило, что в скважине 1 на глубине 0,9, 1,5 и 3,2 м образцы содержат 21236, 19467 и 18943 мг SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> на килограмм грунта соответственно (рис. 3). В скважине 2 на глубине 1,2 м содержится 24425 мг SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> на килограмм грунта, а на глубине 2,2 м – 25645 мг SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> на килограмм грунта.

Компрессионное испытание образцов фосфогипса с применением ГПП-30 показало, что с увеличением давления наблюдается уменьшение коэффициента

пористости. По результатам испытания грунта в условиях трехосного сжатия, вычислив абсолютные и относительные вертикальные деформации грунта и

построив график зависимости  $\lg P(\epsilon)$ , прослеживается закономерное увеличение относительной деформации ( $\epsilon$ ) с увеличением давления ( $P$ ).



#### Условные обозначения

- 134 — абсолютная отметка точки наблюдения, метр  
absolute elevation of the observation point, meter
- 3** — номер объекта исследования  
number of the research object

**Рис. 1.** Космоснимок территории ОАО «Гомельский химический завод»

**Таблица 2.** Обобщённые значения физических характеристик фосфогипса (Ющенко, 2020)

Показатель Index	Природная влажность, % Natural humidity, %	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup> Soil density, g/cm <sup>3</sup>
Число определений Number of definitions	39	39
Минимальное значение Minimum value	38,5	1,09
Максимальное значение Maximum value	50,3	1,72
Средняя величина Average	46,1	1,36

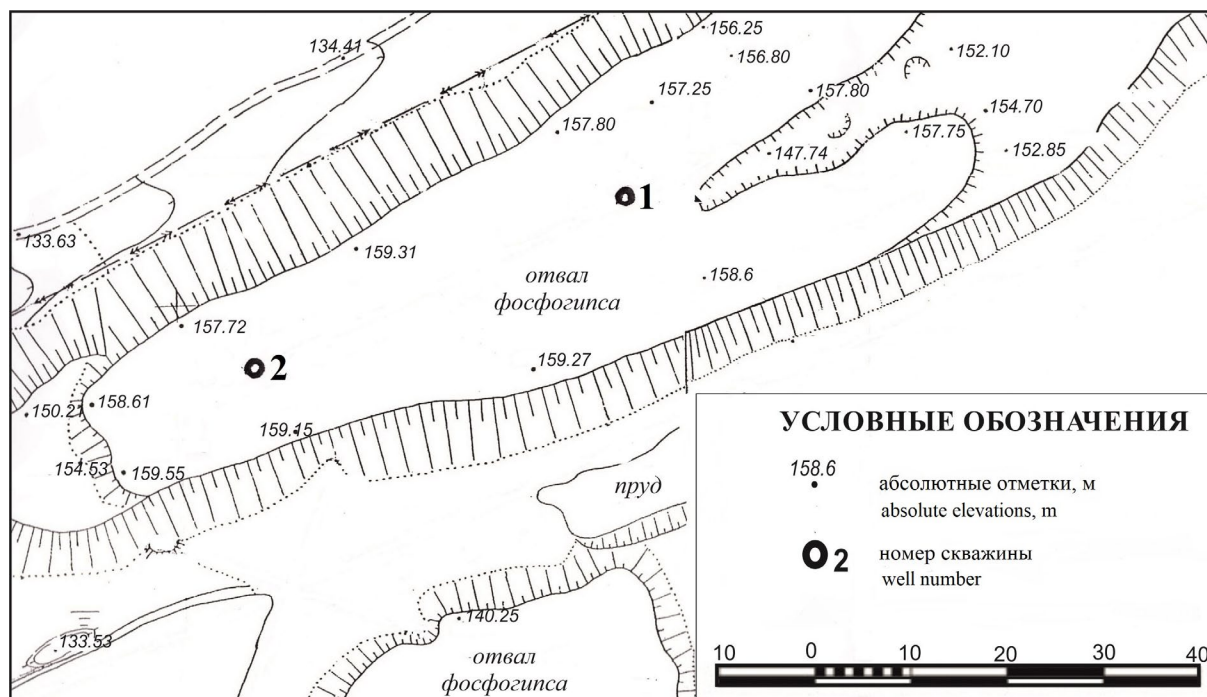
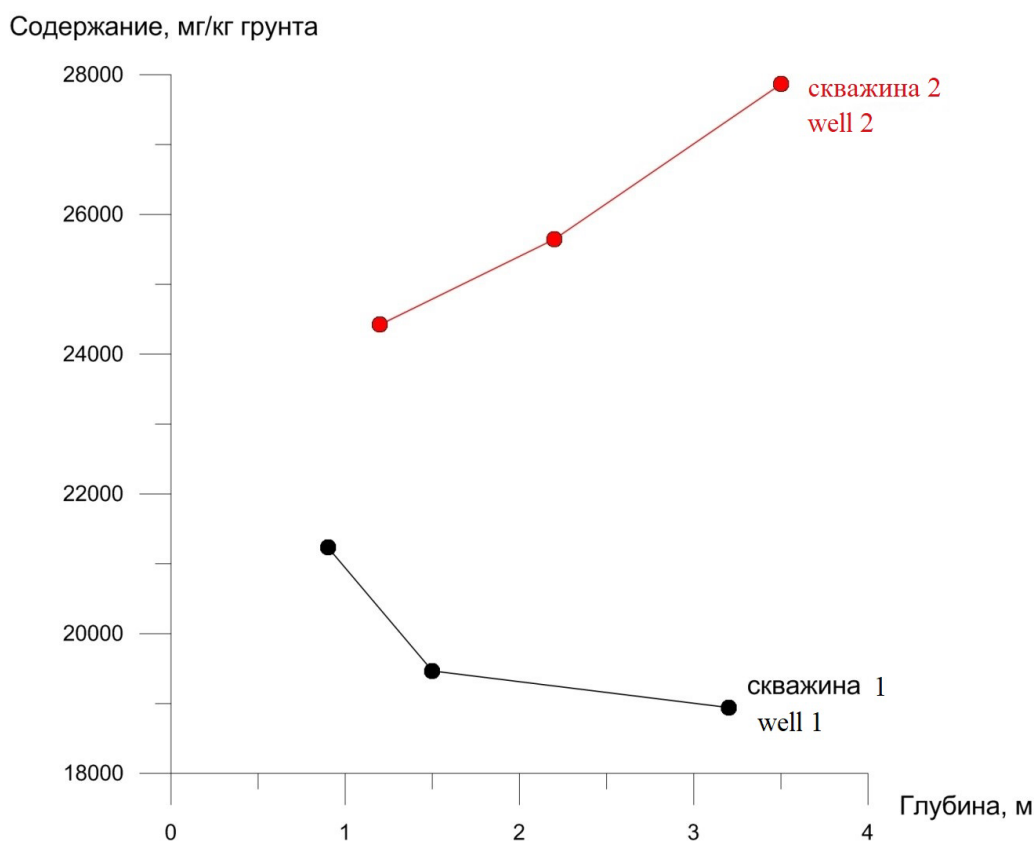


Рис. 2. Карта фактического материала

Рис. 3. График изменения содержания  $SO_4^{2-}$  с глубиной

В солевом составе фосфогипса преобладает  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  (Крайнов, 1987), доля которого составляет более 90%, а остальные проценты состава приходятся на  $AlPO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $CaF_2$ , соединения Mn, Co, Zn, Cu,

редкоземельные и прочие элементы (Стёпин, 2012).

Фосфогипс, складированный в отвалах, является экологически вредным отходом, который образуется в результате производства

минеральных удобрений и фосфорной кислоты. Отрицательное воздействие отвалов на окружающую среду проявляется в загрязнении подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха, почвенного и растительного покрова загрязняющими веществами из-за воздействия ветра и атмосферных осадков. Проблема хранения и утилизации фосфогипса остро стоит не только на территории Беларуси, но и в России, Азербайджане, Литве и Украине. Фосфогипс перерабатывают на 100% только в Японии.

В таких странах, как Германия, Австрия и ЮАР, из него производят известь, серную кислоту и сульфат аммония (Коцур, 2004). Для минимизации негативного воздействия отвалов фосфогипса разработан ряд мероприятий по его применению в различных отраслях промышленности, что ведет к уменьшению объемов отвалов.

Проведенные комплексные лабораторные исследования фосфогипса показали, что он может иметь ограниченное применение для производства тампонажного цемента, гипсовых вяжущих, в качестве регулятора срока схватывания цемента. Также из фосфогипса можно производить серную кислоту с попутным получением извести или цемента. В сельском хозяйстве фосфогипс целесообразно применять при проведении мелиорации солонцовых почв и кислых почв в смеси с известковыми материалами. Имеется опыт использования фосфогипса в дорожном строительстве в качестве добавки к гравийным и щебеночным материалам в основании дорожных покрытий.

Возможно применение фосфогипса при устройстве ограждающих дамб на накопителях твердых отходов, но в этом случае рекомендуется укладку полученного материала выполнять с коэффициента уплотнения не менее 0,95, для того чтобы снизить водопроницаемость и прийти к максимальным показателям деформационных и прочностных характеристик.

Перспективным направлением использования фосфогипса ОАО «Гомельский химический завод» является его переработка в фосфогипсовый камень для цементной промышленности. Такая перспектива по его использованию открылась с внедрением в технологическом процессе полугидратного ме-

тода получения экстракционной фосфорной кислоты. Поскольку фосфогипс является гипсосодержащим отходом производства экстракционной фосфорной кислоты в форме фосфополугидрата сульфата кальция, предлагается технология производства из него фосфогипсового камня. Технология получения фосфогипсового камня основана на свойстве фосфополугидрата сульфата кальция перекристаллизовываться в дигидрат сульфата кальция с одновременным схватыванием и затвердеванием. Использование отвалов фосфогипса ОАО «Гомельский химический завод» позволит значительно уменьшить их объёмы и техногенную нагрузку на окружающую среду, однако при этом следует принимать во внимание то, что он сильно подвержен химической суффозии и имеет кислую реакцию среды.

### Заключение

В ходе исследования получены следующие основные результаты:

1. На территории ОАО «Гомельский химический завод» накоплено большое количество фосфогипса, который является побочным продуктом производства удобрений. Отвалы формируют особые техногенные морфоскульптуры, общая площадь которых составляет 0,784 км<sup>2</sup>, а высота изменяется от 19 до 32 м.

2. Представлены результаты лабораторного исследования фосфогипса, которые позволяют уточнить особенности его солевого состава, показатели природной влажности и плотности на основании 39 образцов, отобранных непосредственно из отвалов. Так, установлено, что в скважине 1 содержание сульфатов находится в пределах от 18943 до 21236 мг SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> на кг грунта. В результате миграции сульфатов происходит существенное изменение естественного геохимического состава грунтов, поверхностных и подземных вод.

3. Предложено использование отвалов фосфогипса ОАО «Гомельский химический завод» в различных отраслях промышленности. Самым перспективным является способ получения фосфогипсового камня.

**Библиографический список**

Коцур В.В. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена на территории влияния ГХЗ: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Гомель, 2004. 256 с.

Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М.: Недра, 1987. 237 с.

Стёпин С.Г. Исследование сульфидного за-

грязнения подземных вод // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2012. № 23. С. 119–124.

Ющенко И.С. Определение несущей способности насыпного грунта в районе ОАО «Гомельский химический завод» // 13-ая Межрегиональная научно-практическая конференция «Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий». Уфа. 2020. С. 166–170.

## Assessment of Phosphogypsum on the Territory of JSC Gomel Chemical Plant and its Processing Technology

I.S. Yushchenko

Belarusian State University, 4 Nezaliezhnastsi Ave., Minsk 220030, Belarus

E-mail: rengm\_2016@mail.ru

JSC Gomel Chemical Plant is processing the apatite ore by the sulfuric acid extraction in order to obtain phosphorus mineral fertilizers. The plant operation is accompanied with formation and accumulation of the large-volume dumps of phosphogypsum on the enterprise's territory. Using the software product Google Earth Pro 7.3.3.7786, an assessment of the areal distribution and height of large-tonnage phosphogypsum dumps located in the territory of the enterprise's influence was made. The results of phosphogypsum laboratory study were considered. Based on data analysis, proposals for the use of phosphogypsum in various industries have been worked out, and the production of phosphogypsum stone was indicated as the most promising.

Key words: *phosphogypsum, JSC Gomel Chemical Plant, Google Earth Pro, soil, phosphogypsum stone.*

**References**

Kotsur V.V. 2004. Geokhimiya podzemnykh vod zony aktivnogo vodoobmena na territorii vliyaniya GKKhZ [Geochemistry of groundwater in zone of active water exchange in the territory of influence of the GCC]. Diss. cand. geol. – min. sci. Gomel, p. 256.

Kraynov S.R. 1987. Geokhimiya podzemnykh vod khozyaystvenno-pityevogo naznacheniya [Geochemistry of underground waters for domestic and drinking purposes. Nedra, Moskva, p. 237. (in Russian)

Stepin S.G. 2012. Issledovanie sulfidnogo zagryazneniya podzemnykh vod [Study of sulfide contamination of groundwater]. Bulletin of Vitebsk State Technological University. 23:119–124.

Yushchenko I.S. 2020. Opredelenie nesushchey sposobnosti nasypnogo grunta v rayone ОАО “Gomelskiy khimicheskiy zavod” [Determination of the bearing capacity of the backfill soil in the area of JSC Gomel Chemical Plant. In: Geology, Mineral Resources and Problems of Geoecology of Bashkortostan, the Urals and Adjacent Territories. Ufa, pp. 166–170.