

По результатам проведённых инженерно-геологических исследований на территории г. Жлобин и агрогородке Дуброва Гомельской обл. при проектировании систем газоснабжения можно сделать следующие выводы:

1. С учётом предполагаемой глубины укладки труб газопровода в г. Жлобин их естественным основанием будет служить суглинок моренный (ИГЭ-2); в агрогородке Дуброва основанием будут служить пески флювиогляциальные и суглинки моренные (ИГЭ-3 – ИГЭ-6).

2. Насыпной грунт не рекомендуется использовать в качестве естественного основания без изучения по специальной программе, без преобразования строительных свойств грунта, конструктивных мероприятий, снижающих нагрузку и предотвращающих неравномерные осадки.

3. На участках с высоким положением установившегося и прогнозируемого уровня грунтовых вод, рекомендуется предусмотреть водоотливы из траншей и конструктивные мероприятия, предотвращающие всплытие газопровода, а сами строительные работы производить в сухой период года.

4. При проектировании следует учесть присутствие в разрезе водонасыщенных песков, которые при динамических воздействиях, в том числе и при земляных работах, могут разжижаться, т. е. переходить в плавучее состояние.

5. На участках укладки газопровода, где основанием будет служить песок обводнённый, необходимо принять меры, по защите газопровода от возможного воздействия воды (применить специальные газовые футляры).

6. Если трасса газопровода сложена грунтами с пучинистыми свойствами, рекомендуется укладывать газопровод ниже глубины сезонного промерзания грунтов.

7. При строительстве должны применяться методы работ, не приводящие к ухудшению свойств грунтов при замачивании. При проектировании систем газоснабжения следует предусмотреть возможность размыва перекрывающих отложений поверхностными водами, промерзания, повреждения механизмами и транспортом.

1. Матвеев А. В. История формирования рельефа Белоруссии. Мн.: Навука і тэхніка, 1990. 144 с.

УДК 504(476)

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ОТВАЛОВ ФОСФОГИПСА ГОМЕЛЬСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОМПОНЕНТЫ ЛАНДШАФТА**

**А. И. Павловский<sup>1</sup>, А. П. Гусев<sup>1</sup>, А. Н. Галкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Гомельский государственный университет, геолого-географический факультет, ул. Советская 104,  
246019 Гомель, Республика Беларусь; aipavlovsky@mail.ru

<sup>2</sup> Витебский государственный университет, биологический факультет, пр. Московский 33,  
210038 Витебск, Республика Беларусь; galkin-alexandr@yandex.ru

В техногенных геосистемах, для которых характерно создание крупных положительных форм рельефа (техноморф), часто происходит активное развитие современных инженерно-геологических процессов. Наиболее серьезно такая проблема имеет место в токсичной техногенной среде, где невозможно (или затруднено) развитие растительного покрова. Характерным примером техногенно-спровоцированных процессов является водная эрозия, развивающаяся на отвалах фосфогипса.

Фосфогипсовый комплекс, даже среди других техногенных ландшафтов, выделяется особой «безжизненностью». Главная причина этой «безжизненности» – токсичная среда. А именно грунты, поверхностные и подземные воды вблизи отвалов фосфогипса имеют высокую минерализацию и очень низкий pH (табл. 1).

На открытой поверхности отвалов в первые десятилетия их накопления активно протекают водно-эрозионные процессы. В результате образуется ручейковая сеть в виде промоин, длинной 10–40 м и достигающих ширины от первых десятков сантиметров до 1–2 м. Через ручейковую сеть на прилегающие территории выносятся с твёрдым стоком значительное количество фосфогипса с отвалов (рис. 1).

Таблица 1 – Характеристика компонентов ландшафта в зоне влияния отвалов

| Показатель                                         | Грунты зоны аэрации<br>(вблизи отвалов) | Поверхностные воды<br>(отвалы) | Грунтовые воды<br>(отвалы) |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| pH                                                 | 3,5–5,5                                 | 1,5–2,5                        | 2–3                        |
| Сухой остаток, г/дм <sup>3</sup>                   | 1,3–1,6                                 | 5,0–25,0                       | 5,0–25,0                   |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> | 500–1 000                               | 1 000–6 000                    | 3 000–5 000                |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> | 1,6–70                                  | 1 000–5 000                    | 100–4 000                  |
| F <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>                | 2–25                                    | 100–1 000                      | 20–1 000                   |
| Al <sup>3+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>              | 0,5–10                                  | 10–200                         | 1–500                      |

Постепенно фосфогипс теряет влагу, его поверхность выветривается и появляются растения-пионеры. Такими пионерами являются вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) и другие. Через 10–20 лет сукцессии нижняя часть склона зарастает, и эрозия прекращается (рис. 2).

Прилегающая к отвалам территория представляет собой слабоволнистую флювиогляциальную и плоскую аллювиальную равнину, где в техногенном комплексе зоны влияния отвалов фосфогипса интенсивно протекает процесс подтопления минерализованными водами. Подтопление развивается по берегам водоёма, являющегося приемником поверхностного и грунтового стока с отвалов фосфогипса. Общая минерализация вод здесь составляла 6,55–9,79 г/дм<sup>3</sup> (содержание SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 3,229–4,088 г/дм<sup>3</sup>; PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> – 1,528–2,063 г/дм<sup>3</sup>; F<sup>-</sup> – 0,219–0,354 г/дм<sup>3</sup>; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – 3–23 мг/дм<sup>3</sup>; Al<sup>3+</sup> – 60–78 мг/дм<sup>3</sup>). Воды характеризуются крайне кислой реакцией (pH = 2,07–2,35). В период увеличения дождевого стока имеет место подтопление луговых и кустарниковых экосистем, примыкающих к водоёму.



а

б

Рисунок 1 – Вынос фосфогипса из отвалов

а – подножие отвала с промоинами; б – вынесенный с отвалов материал

В почвах, подтопленных загрязнёнными водами, отмечается увеличение минерализации (в 9,6 раза по сравнению с фоном), содержания SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (в 9,1 раза), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (в 50 раз), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (в 4,8 раза), Al<sup>3+</sup> (в 5 раз). pH снижается (в 1,29 раза).

Процесс подтопления загрязнёнными водами диагностируется с помощью фитоиндикации (табл. 2).

В зоне подтопления проективное покрытие снижается до 30–40 %, падает видовое богатство. Растительный покров имеет мозаичное строение: часть подтопленных почв полностью лишена растений. На рис. 3 видно усыхание травянистой и древесно-кустарниковой растительности в местах выхода загрязнённых вод на земную поверхность (т. е. в понижениях нано- и микрорельефа). Это подтверждается геохимическими исследованиями (табл. 3). Так, в зоне подтопления снижается pH почв (в 1,5 раза), возрастает содержание SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (в 8,2 раза), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (в 10,3 раза), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (в 53,4 раза) и сухого остатка (в 7 раз).

Таким образом, геориски в техногенном комплексе отвалов фосфогипса, обусловлены развитием двух инженерно-геологических процессов – водная эрозия и подтопление,– негативные последствия которых на прилегающей территории усугубляются токсичным составом вод.



Рисунок 2 – Нижняя часть отвалов фосфогипса, заросшая пионерной растительностью

Таблица 2 – Фитоиндикаторы подтопления загрязнёнными водами

| Показатель                                       | Зона подтопления | Луговые экосистемы, вне зоны подтопления |
|--------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|
| Общее проективное покрытие, %                    | 30–40            | 88–90                                    |
| Видовое богатство, видов на 100 м <sup>2</sup>   | 7,8              | 13,8                                     |
| Кислотно-щелочные условия по шкале Х. Элленберга | 4,6              | 5,6                                      |
| Солевое богатство по шкале Х. Элленберга         | 0,65             | 0,42                                     |

Таблица 3 – Результаты геохимического опробования почв в зоне подтопления

| Показатель                                         | Градиент воздействия |       |       |
|----------------------------------------------------|----------------------|-------|-------|
|                                                    | 1                    | 2     | 3     |
| pH                                                 | 4,67                 | 5,80  | 6,98  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> | 553,4                | 137,7 | 67,2  |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>  | 4,1                  | 0,9   | 0,4   |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> | 74,8                 | 2,6   | 1,4   |
| Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>                  | 1327,5               | 302,0 | 189,0 |



Рисунок 3 – Зона подтопления загрязнёнными водами