

УДК 504.5/9:66.013(476.2-21Гомель)

А. И. ПАВЛОВСКИЙ, И. С. ЮЩЕНКО

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ
ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

*УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
airpavlovsky@mail.ru , rengm_2016@mail.ru*

В городе Гомеле источником техногенного воздействия на геологическую среду являются производственные объекты Гомельского химического завода и отвалы фосфогипса, на участках размещения которых происходит преобразование ландшафтов, что приводит к нарушению естественного геохимического состояния грунтов и подземных вод.

С 1981 года БелНИГРИ, а с 1987 года УО «ГГУ им Ф. Скорины» начали проводить на территории ОАО «Гомельского химического завода» исследования с целью изучения состояния геосреды, в результате чего выявлено, что главными источниками ее загрязнения являются производственные объекты и отвалы фосфогипса. Фосфогипс представляет собой отходы химической промышленности, который образуется в результате производства

фосфорных удобрений. В большой концентрации он выступает как загрязнитель всех компонентов биосферы – животных, почвы, растений, поверхностных и подземных вод. Под большим давлением из отвалов фосфогипса отжимается кислый раствор («рапа»), содержащий в высоких концентрациях сульфаты, фосфаты и фториды. Этот раствор вместе с поверхностными стоками атмосферных осадков скапливается посреди отвалов, образуя техногенный водоносный горизонт, содержащий агрессивные сильноокислые минерализованные воды сульфатного, сульфатно-фосфатного и фосфатно-сульфатного состава. Сульфиды, сернистые соединения и другие восстановленные формы серы не являются типичными и постоянными компонентами геосреды, однако, при определенных условиях они могут накапливаться в значительных количествах [3]. Высокое содержание сульфатов подтверждают экспериментальные исследования образцов отобранных в окрестностях Гомельского химического завода, водные вытяжки которых содержат высокие значения сульфат-ионов.

Для оценки содержания сульфатов в водных вытяжках грунтов было отобрано два образца в окрестностях Гомельского химического завода. Первый образец представляет собой песчаник светло-серого цвета с тонкими трещинами, выполненными растительными остатками и сульфатным типом цемента. Такой тип цемента сформировался в результате периодического изменения уровня грунтовых вод богатых анионами SO_4^{2-} ввиду близкого расположения отвалов фосфогипса. Второй образец был отобран из отвалов фосфогипса Гомельского химического завода и имеет светло-серую окраску, не содержит никаких посторонних включений, характеризуется мелкозернистой структурой и высокой естественной влажностью. Основная цель экспериментального определения химического состава фосфогипса и загипсованного песчаника заключалась в количественной оценке содержащихся в них ионов SO_4^{2-} . Анализ проводился 12-13.04.2016 по ГОСТу 26426-85 весовым методом. Данный метод основан на том, что ионы бария при добавлении $BaCl_2$ связывают сульфат-ионы раствора водной вытяжки, образуя при этом слабо растворимый осадок сернокислого бария. В результате было установлено, что в 1 $дм^3$ водной вытяжке загипсованного песчаника содержится 535 мг SO_4^{2-} , а фосфогипса – 1543 мг сульфат-иона. Для контроля полученных значений содержания сульфатов в водных вытяжках лабораторией КПУП «Гомельводоканал» методом ионообменной хроматографии (СТБ ISO 10304-1-2011) было определено, что водная вытяжка песчаника содержит SO_4^{2-} в количестве 543,0 мг/ $дм^3$, а фосфогипса – 1537,6 мг/ $дм^3$. Погрешность определения содержания SO_4^{2-} этими методами в случае с песчаником составляет менее 1,5 %, а фосфогипса – 0,4 %.

Лабораторный анализ образцов фосфогипса показывает, что природная влажность насыпного грунта колеблется в пределах от 38,5 до 50,3 %, а среднее значение этого показателя составляет 46,1 %. Исследование 39 образцов фосфогипса показало, что плотность грунта составляет 1,36 г/ $см^3$ и изменяется от 1,09 до 1,72 г/ $см^3$ и определяется составом и временем его отсыпки. Главными показателями при исследовании грунтов методом статического зондирования являются удельное сопротивление грунта под наконечником зонда и удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности зонда. Для фосфогипса среднее значение этих показателей имеют значения 1,6 МПа и 19 кПа соответственно. Испытание образца фосфогипса, отобранного из скважины 1 на глубине 2,0 метра винтовым штампом диаметром 600 $см^2$ показывает, что с увеличением давления от 0,05 до 0,35 МПа увеличивается осадка грунта с 0,034 до 0,994 см соответственно, а при давлениях 0,05 – 0,25 имеем модуль деформации 4,0 – 4,5 МПа. Осадка образца, отобранного из скважины 2 на глубине 2,5 метра, при аналогичных давлениях характеризуется более высокими значениями (таблицы 1). Расчетные значения удельного сцепления и угла внутреннего трения изучаемого грунта при доверительной вероятности 85 % (0,85) составляют 31 МПа и 29 градусов, что на 11 МПа и 5 градусов меньше нормативных значений [1].

Таблица 1 - Результаты испытаний фосфогипса штампом [1]

Скважина	Глубина, м	Площадь штампа, см ²	Расчётный интервал		Давление МПа	Полная осадка, см	E, МПа
			Давление, МПа	Осадок, см			
1	2,0	600	0,10 – 0,250	0,158 – 0,599	0,350	0,994	4,5
1	3,0	600	0,05 – 0,200	0,029 – 0,458	0,350	1,010	4,5
2	2,5	600	0,05 – 0,200	0,040 – 0,502	0,350	1,060	4,5
2	4,0	600	0,10 – 0,250	0,148 – 0,653	0,350	1,053	4,0

Гомельским государственным университетом проводится мониторинг подземных вод зоны активного водообмена в зоне влияния ОАО «Гомельский химический завод». Кроме проведения систематических наблюдений за качеством подземных вод, его задачей ставилась оценка современных масштабов загрязнения, изучение миграции загрязняющих компонентов и прогноз развития загрязнения. В пробах воды, взятых из скважин локального мониторинга на территории Гомельского химического завода, обнаружено высокое содержание ряда компонентов, превышающие предельно допустимые концентрации, что негативно сказывается на использовании их в хозяйственно-питьевых целях. Исходя из гидрогеологического строения территории ОАО «Гомельский химический завод» и сложившихся гидродинамических условий в сеть наблюдательных скважин локального мониторинга подземных вод в зоне влияния отвалов фосфогипса включены скважины, расположенные как в загрязненной зоне, так и за пределами этой зоны по направлению существующих потоков подземных вод и оборудованные на различную глубину зоны активного водообмена.

Степень защищённости подземных вод от проникновения загрязняющих веществ является важной характеристикой уязвимости и устойчивости подземной гидросферы. Защищенность грунтовых вод зависит от условия питания и связи с поверхностными водами, мощности зоны аэрации, наличия слабопроницаемых грунтов, активности водообмена, производственных процессов, в результате деятельности которых по тем или иным причинам происходит загрязнение, миграционной способности загрязняющих веществ и особенностей их взаимодействия с вмещающими породами, а также подземными водами. Зона аэрации наиболее подвержена антропогенной нагрузке при загрязнении подземных горизонтов, вследствие чего наибольшую техногенную трансформацию под воздействием производственной деятельности ОАО «Гомельский химический завод» претерпел грунтовый водоносный горизонт. Незначительная мощность зоны аэрации на территории промышленного комплекса, изменяющаяся от 0,5 до 5,0 м, и отсутствие в ее разрезе слабопроницаемых отложений создают возможность для поступления загрязнения в подземные воды с поверхности земли. Зона аэрации на территории влияния ОАО «Гомельский химический завод» сложена песками мелкозернистыми, реже среднезернистыми, с прослоями супесей, с незначительным содержанием мелкой гальки и гравия, которые характеризуются высокой проницаемостью. Во время половодья на ряде участков зона аэрации отсутствует из-за того, что уровень грунтовых вод находится выше земной поверхности. Учитывая все вышеперечисленные особенности, грунтовые воды относятся к I категории защищенности, отвечающей наименее благоприятным условиям. Исследования прошлых лет показали, что в наибольшей степени негативному воздействию подвергается грунтовый водоносный горизонт, пик загрязнения которого приходится на территорию размещения отходов фосфогипса [5].

Грунтовый водоносный горизонт ($a_2III_{pz}+fII d^s$) объединяет воды современных, верхне- и среднечетвертичных отложений, распространен на участке почти повсеместно, но в местах

высокого положения кровли моренных отложений перекрывающие их пески безводны. Грунтовые воды являются безнапорными, а поверхность грунтовых вод согласуется с рельефом, питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, техногенных стоков и разгрузки напорных вод [3].

По данным локального мониторинга, проведенного в мае 2016 и 2018 года выявлена высокая минерализация грунтовых вод под отвалами фосфогипса, так в скважине 51 значения этого показателя составило 5960 мг/дм^3 при установленной предельно допустимой концентрации 1000 мг/дм^3 (рисунок 1). В составе фосфогипса содержатся растворимые фосфаты, вымывание и инфильтрация которых приводит к привносу в водоносный горизонт фосфатов. Концентрация фосфатов в грунтовой воде достигает высоких значений вблизи наблюдательной скважины 51.

Большая часть фосфогипса представлена сульфатом кальция, водные формы которого обладают хорошей растворимостью в воде. Даже временное накопление большого количества сульфатов в подземных водах нежелательно, так как в случае превышения ПДК исключается использование воды для хозяйственно-питьевых нужд. Значительные масштабы распространения сульфатов и их высокая миграционная способность ставят вопрос о необходимости исследований содержания и особенностях миграции сульфатов в подземных водах. По состоянию на 2016 год концентрации сульфатов в ряде скважин на грунтовый водоносный горизонт не превышала $1,69 \text{ г/дм}^3$, а на 2018 год – не более $2,43 \text{ г/дм}^3$.

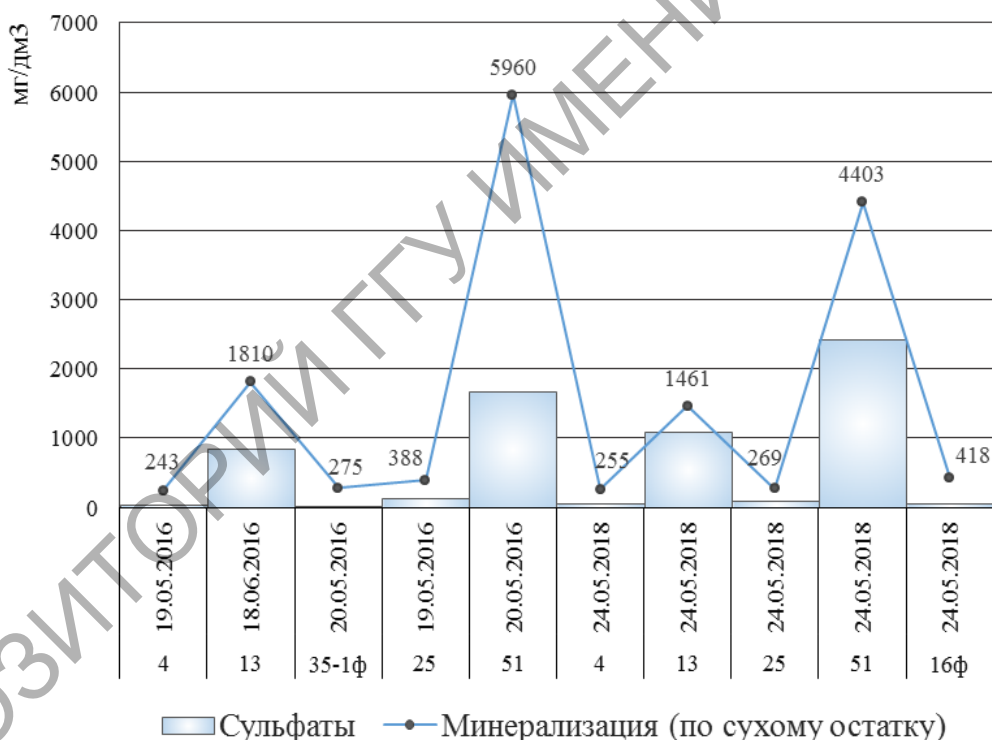


Рисунок 1 – График содержания сульфатов и минерализации в грунтовом водоносном горизонте (составлен по [2,4])

В грунтовых водах обнаружено превышение предельно допустимой концентрации азота аммонийного, который используется в технологическом процессе получения смешанных удобрений. Высокие концентрации азота аммонийного в грунтовой воде территориально связаны с местами хранения и используется в производстве аммиака, шламонакопителями и обнаружены в пробах воды скважин 51, 13 и 25 (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав грунтовых вод в районе Гомельского химического завода (составлена по [2,4])

Скважина	Дата	Содержание, мг/дм ³				
		Сульфаты	Хлориды	Железо (общее)	Азот аммонийный	Минерализация (по сухому остатку)
4	19.05.2016	46,6	18,8	16,2	0,6	243
13	18.06.2016	863.0	11,6	116.0	4,2	1810
35-1ф	20.05.2016	15,8	7,7	2,4	0,44	275
25	19.05.2016	141.0	9,3	26,1	1.0	388
51	20.05.2016	1686.0	4,5	7.0	8,1	5960

Резюмируя результаты гидрогеохимических исследований можно установить, что в грунтовом водоносном горизонте высокие концентрации сульфатов, фосфатов и фторидов выявлены в районе отвалов фосфогипса и по мере удаления скважин мониторинговой сети от мест складирования многотоннажных отвалов фосфогипса концентрации загрязняющих компонентов в пробах воды значительно понижаются, а качество подземной воды соответствует установленным требованиям.

Моренные отложения днепровского горизонта (*g11d*) задерживают загрязняющие компоненты и значительно ослабляют уровень загрязнения напорных подземных вод. Динамика содержания основных загрязняющих компонентов в подземных водах нижне-среднеплейстоценового водоносного горизонта показывает, что моренными отложениями задерживаются фосфаты, фториды и аммоний. Сульфаты задерживаются в меньшей степени, откуда следует, что днепровская морена выполняет функции барьера и препятствует проникновению в межпластовые воды загрязняющих компонентов [3]. Согласно накопленным данным негативные и благоприятные динамические тенденции касаются только отдельных компонентов и отдельных локальных участков. Тенденция по иону аммония может характеризоваться как благоприятная, поскольку в последние годы произошло уменьшение его содержания. На участках, расположенных за пределами складирования отвалов фосфогипса, отмечается низкое содержание загрязнений по всем компонентам, в целом близкое к фоновому. Повышенные концентрации присущи только для активно мигрирующих веществ (сульфаты, хлориды, азот аммонийный) [4]. На границе санитарно-защитной зоны ОАО «Гомельский химический завод» качество подземных вод соответствует фоновым.

Список литературы

- 1 Архив ОАО «Гомельгеосервис». – Объекта 101/07 ГС.
- 2 Здания хранения минеральных удобрений ОАО «Гомельский химический завод [Электронный ресурс]. – Гомель, 2018. – Режим доступа : [http:// belfert.by/ sites/default/ files/gomelskiy_himicheskij_zavod_tenty_ovos_07.2018.pdf](http://belfert.by/sites/default/files/gomelskiy_himicheskij_zavod_tenty_ovos_07.2018.pdf). – Дата доступа : 27.02.2020.
- 3 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.
- 4 Опытно-промышленная установка по производству заменителя гипсового камня в цехе фосфорной кислоты (ЦФК-2) ОАО «Гомельский химический завод [Электронный ресурс]. – Гомель, 2017. – Режим доступа : [http:// belfert.by / sites/default/ files himzavod_072017.pdf](http://belfert.by/sites/default/files/himzavod_072017.pdf). – Дата доступа : 02.06.2019.
- 5 Шершнёв, О.В Количественная оценка защищенности подземных вод в зоне влияния Гомельского химического завода / О.В. Шершнева, А.И. Павловский, А.Ф. Акулевич // Природопользование. – 2020. – № 2. – С. 44–52.

A. I. PAVLOVSKY, I. S. YUSHCHENKO

*ASSESSMENT OF THE STATE OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN THE AREA
OF INFLUENCE OF JSC "GOMEL CHEMICAL PLANT"*

In the city of Gomel, the source of anthropogenic impact on the geological environment is the production facilities of the Gomel chemical plant and phosphogypsum dumps, at the sites of which the landscapes are transformed, which leads to a violation of the natural geochemical state of soils and groundwater.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ