

Анализ рентгенограмм образцов TiO<sub>2</sub>-4 и TiO<sub>2</sub>-1 вместе с рентгенограммами стандартных порошков TiO<sub>2</sub> фазы рутила и анатаса показывает, что образец TiO<sub>2</sub>-1 представляет собой образец с решеткой рутила, а образец TiO<sub>2</sub>-4 – анатаса. При этом линии рутила (TiO<sub>2</sub>-1) имеют заметную полуширину, по которой можно оценить размеры нанокристаллических областей. Оценки по формуле Шеррера дают размеры 10.5 нм для рефлекса 110, 13 нм для рефлекса 101 и 8 нм для рефлекса 211 рутила.

На рисунке 3 представлены микрофотографии синтезированных образцов, полученных методом сканирующей электронной микроскопии.

Как видно из рисунка 3, образец TiO<sub>2</sub>-1 состоит из тонких перьев длиной 2-3 мкм и поперечными размерами менее 50 нм и имеет более развитую наноструктуру по сравнению с образцом TiO<sub>2</sub>-4, однако его фотокаталитическая активность ниже активности образца TiO<sub>2</sub>-4.

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать вывод о том, что фаза диоксида титана является определяющим фактором для реакции фотодegradации MO.

*Работа выполнена в рамках ГПНИ «Конвергенция-2025», задание 2.2.02, НИР 1 «Разработка основ комбинированного воздействия плазмы, электромагнитных полей и бихроматического лазерного излучения на материалы и биологические объекты для использования в новых технологиях» и НИР 8 «Создание научных основ плазмоактивированного взаимодействия наночастиц с поверхностью функциональных материалов с целью разработки новых методов направленного синтеза и модификации наноструктурированных каталитических материалов», а также гранта Министерства образования РБ по проекту «Фотокаталитические свойства диоксида титана, синтезированного гидротермальным методом».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kansal, S.K. Studies on photodegradation of two commercial dyes in aqueous phase using different photocatalysts / S. K. Kansal, M. Singh, D. Sud // Journal of hazardous materials. – 2007. – Vol. 141. – iss. 3. – P. 581–590.
2. Rajeshwar, K. Heterogeneous photocatalytic treatment of organic dyes in air and aqueous media / K. Rajeshwara, M.E. Osugi, W. Chanmanee, C.R. Chenthamarakshana, M.V.B. Zaroni, P. Kajitvichyanukul, R. Krishnan-Ayera // J. Photochem. Photobiol. – 2008. – Vol. 9. – P. 171–192.
3. Atmani, F. Synthetic Textile Effluent Removal by Skin Almonds Waste / F. Atmani, A. Bensmaili, N.Y. Mezenner // Journal of Environmental Science and Technology. – 2009. – Vol. 2. – P. 153–169.
4. Sarkar, S. Photocatalytic degradation of pharmaceutical wastes by alginate supported TiO<sub>2</sub> nanoparticles in packed bed photo reactor (PBPR) / S. Sarkar, S. Chakraborty and C. Bhattacharjee // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2015. – V. 121. – P. 263–270.
5. Guo, M. Hydrothermal growth of well-aligned ZnO nanorod arrays: Dependence of morphology and alignment ordering upon preparing conditions / Min Guo, Peng Diao, Shengmin Cai // J. Solid State Chem. – 2005. – Vol. 178. – P. 1864–1873.

## АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ВБЛИЗИ ЗАКРЫТОГО ПОЛИГОНА КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

## ANALYSIS OF THE CONTENT OF POLLUTANTS IN GROUNDWATER NEAR THE CLOSED POLYGON OF SOLID WASTE IN MINSK REGION

**А. Д. Никитич<sup>1,2</sup>, В. М. Мисюченко<sup>1,2</sup>**

**A. D. Nikitich<sup>1,2</sup>, V. M. Misiuchenka<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь  
kem@iseu.by, anastasianikitic@gmail.com

<sup>1</sup>Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Рассмотрено содержание загрязняющих веществ в подземных водах вблизи закрытого полигона коммунальных отходов Минской области в течение трех сезонов года – весна, лето и осень. Выявлено, что колебания содержания железа общего, сульфат-ионов, хлорид-ионов менялось незначительно по сезонам года. В то время как минерализация воды увеличилась с весеннего периода к осени, а содержание аммоний-ионов уменьшилось за исследуемый период. Наибольшими значениями характеризовалось содержание таких тяжелых металлов как цинк, медь и марганец, в то время как превышений содержания свинца, хрома, кадмия и ртути по сравнению с фоновой скважиной не выявлено за рассматриваемый период.

The article considers the content of pollutants in groundwater near the closed municipal waste landfill in Minsk region during the three seasons of the year - spring, summer and autumn. It was revealed that the fluctuations in the content of total iron, sulfate ions, chloride ions changed insignificantly during different seasons of the year. While the mineralization of water increased by autumn, the content of ammonium ions decreased by autumn. The highest values were characterized by the content of such heavy metals as zinc, copper and manganese, while the excess of lead, chromium, cadmium and mercury in comparison with the background well was not detected during the period under review.

*Ключевые слова:* полигон, загрязняющие вещества, подземные воды, твердые коммунальные отходы.

*Keywords:* landfill, pollutants, groundwater, municipal solid waste.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-311-314>

К направлениям устойчивого развития регионов относится обеспечение экологической безопасности и сохранение благоприятной окружающей среды, включая обеспечение населения рассматриваемого региона качественной питьевой водой [1].

К числу объектов, обладающих высоким риском негативного воздействия на подземные воды, относятся и объекты захоронения отходов потребления и отходов производства (полигоны захоронения твердых коммунальных отходов). В последние десятилетия удельный показатель таких отходов увеличился с 0,48 до 0,88 кг/чел. в день, а объемы их переработки составляют не более 10 % от их общего количества [2].

Имеющиеся результаты оценки других исследователей указывают на то, что загрязнение подземных вод соединениями азота, нефтепродуктами, тяжелыми металлами достигает десятков значений, установленных ПДК. Загрязнение подземных вод от полигонов хранения коммунальных отходов носит постоянный характер. Воздействии полигонов на подземные воды тесно связано с типом геологической среды и наличием противодиффузионного экрана в основании полигонов.

Для Минской области проблема захоронения отходов особенно актуальна, так как большинство полигонов ТКО исчерпали свой резерв с точки зрения срока эксплуатации. Кроме того, строительство многих из них осуществлялось без предварительных инженерно-геологических изысканий, без разработки проектов в силу чего многие из них не соответствуют современным экологическим требованиям, о чем свидетельствуют данные мониторинга [3].

На рисунке 1 представлен анализ данных содержания загрязняющих веществ в подземных водах по трем сезонам года – весна, лето и осень. Был проанализирован закрытый полигон с 5 точками отбора, одна из скважин является фоновой.

В целом для Минской области свойственны маломинерализованные подземные воды преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава, которые в основном, удовлетворяют общим требованиям белорусского стандарта, что хорошо проиллюстрировано результатами наших исследований (рис.1.). Результаты анализа показали, что концентрация аммоний-иона уменьшилась с весеннего периода больше чем на 80%. Это свидетельствует о снижении свежего поступления загрязняющих веществ. В то время как концентрация нитрат-иона наоборот возросла с весеннего периода года к осеннему, что указывает на свежее загрязнение и близость источника загрязнения.

Концентрация сульфат-иона колебалась незначительно по сезонам. Естественным путем сульфаты в незначительных концентрациях накапливаются в процессе отмирания организмов и окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения. Можно сделать вывод о прекращении поступления этих загрязнителей при консервации полигона.

Хлориды обладают высокой миграционной способностью благодаря хорошей растворимости. В нашем случае значительного поступления этих загрязняющих веществ не происходит вследствие отсутствия поступления их из новых слоев отходов.

Водородный показатель по всем сезонам года и на протяжении всего года меньше фоновой концентрации ( $pH_{фон} = 8,92$ ).

Фосфор является одним из главных биогенных компонентов, определяющих продуктивность полигона. Фосфат-ион, как и сульфат-ион, является информативным индикатором антропогенного загрязнения, которому способствует широкое применение фосфорных удобрений. При анализе было выявлено, что фосфат ион меньше фоновой концентрации и на протяжении всех рассматриваемых сезонов колебания не значительные.

На рисунке 2 представлен анализ данных содержания тяжелых металлов в подземных водах по трем сезонам года – весна, лето и осень.

В подземных водах рассматриваемого полигона отмечаются относительно низкие концентрации тяжелых металлов за исключением марганца, цинка и меди, в то время как концентрация хрома, свинца, кадмия и ртути не превышают фоновые содержания за рассматриваемый период по всем контрольным скважинам.

Колебания по сезонам года цинка не значительные, а концентрация марганца имеет наибольшие значения весной. Основной причиной такой ситуации является то, что полигон закрыт и твердые коммунальные отходы не складываются. Концентрация меди достигает наибольших значений в летний период года.

Полигоны твердых коммунальных отходов являются объектами высокого экологического риска загрязнения окружающей среды. Важным фактором, определяющим негативное воздействие полигонов захоронения, является свалочный фильтрат. Фильтрат является постоянным источником загрязнения подземных вод, в ходе эксплуатации объекта захоронения отходов.

В целях снижения вредного воздействия на компоненты окружающей среды полигоны оборудуются специальными инженерными сооружениями. Проектирование, строительство полигонов твердых коммунальных отходов на территории Минской области регламентируется Законом Республики Беларусь «Об обращении с отходами» и иными нормативно-правовыми актами.

Локальный мониторинг окружающей среды, является одним из 12 видов мониторинга в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь и проводится юридическими лицами за счет собственных средств. Наблюдения проводятся лабораториями природопользователей либо другими аккредитованными лабораториями [4].

Проведение наблюдений локального мониторинга осуществляется в период спада весеннего половодья, но не реже 1 раза в год.

Оценка воздействия объектов на состояние подземных вод в соответствии с требованием ЭкоНП 17.01.06-001-2017 проводится путем сравнения фактических концентраций загрязняющих веществ в наблюдательных и фоновых скважинах (показатель  $C_{набл}/C_{фон}$ ). Повышенное содержание марганца и железа, зафиксированное в подземных водах как в фоновых, так и наблюдательных скважинах, обусловлено в основном их высоким природным фоном, и при оценке вредного воздействия на подземные воды, как правило, не учитывается [5].

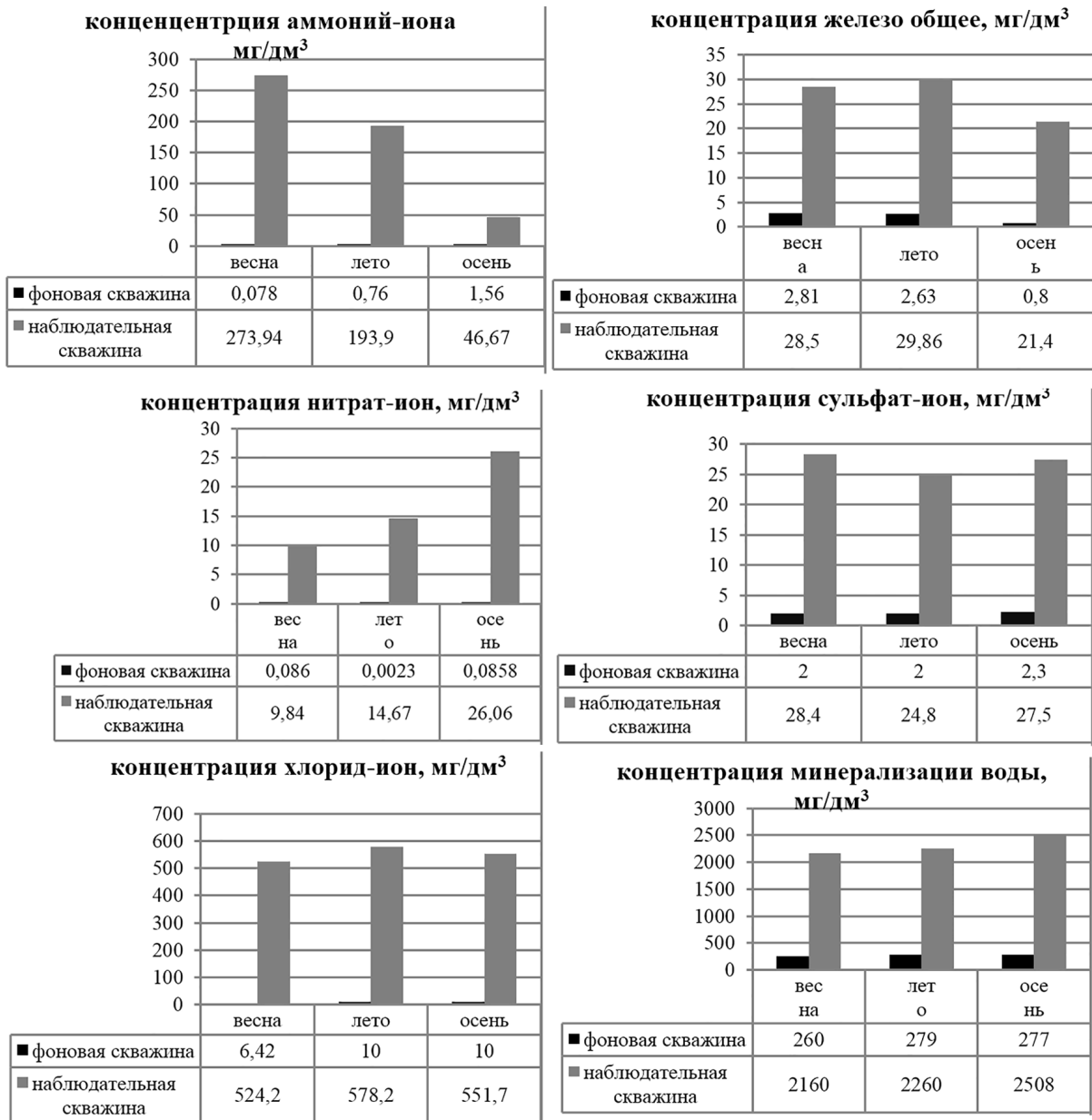
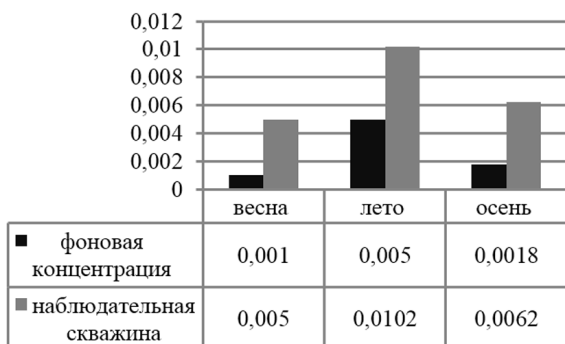
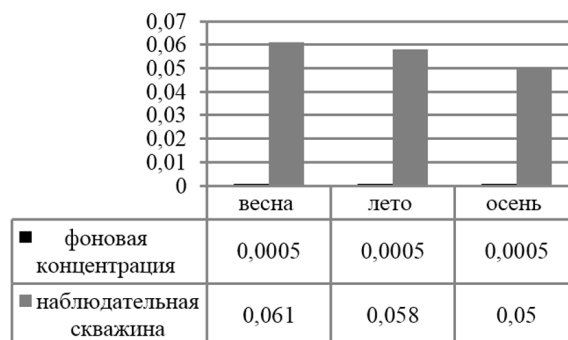


Рисунок 1 – Концентрации химических элементов в подземных водах наблюдательных скважин по отношению к фоновой концентрации, мг/дм<sup>3</sup>

### концентрация меди, мг/дм<sup>3</sup>



### концентрация цинка, мг/дм<sup>3</sup>



### концентрация марганца, мг/дм<sup>3</sup>

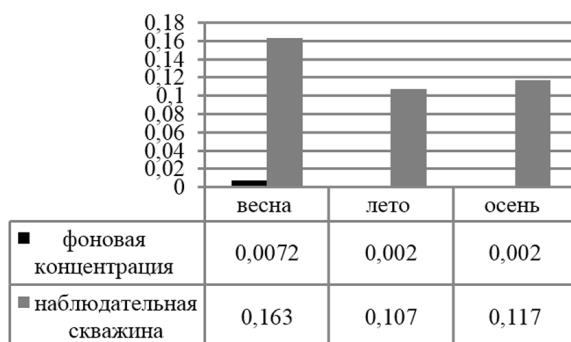


Рисунок 2 – Концентрации тяжёлых металлов в подземных водах наблюдательных скважин по отношению к фоновой концентрации, мг/дм<sup>3</sup>

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антипова Е.А. и др. Стратегия устойчивого развития Беларуси: экологический аспект. – Минск: ФУАинформ, 2014. – 336 с.
2. Ерошина Д.М., Ходин В.В., Зубрицкий В.С. и др. Экологические аспекты захоронения твердых коммунальных отходов на полигонах. – Минск: «Бел НИЦ «Экология», 2010. – 152 с.
3. Лысухо, Н. А. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду: монография / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 210 с.
4. Об утверждении Инструкции о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими 144 лицами, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасную деятельность [Электронный ресурс]: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, от 01 февр. 2007., № 9: в ред. от 11 янв.2017 № 4 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21731742\\_1486069200.pdf](http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21731742_1486069200.pdf).
5. Об утверждении изменения в экологические нормы и правила [Электронный ресурс]: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 20 дек. 2018., № 9-Т // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21933819p\\_1552510800.pdf](http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21933819p_1552510800.pdf).