

УДК 502/504

ПНЕВМОСЕПАРАЦИЯ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ СИМ-ТРИАЗИНОВЫМИ ГЕРБИЦИДАМИ, В ПРИСУТСТВИИ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ИХ РЕМЕДИАЦИИ

А. С. Чердакова, С. В. Гальченко

*Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина,
ул. Свободы, 46, 390000, г. Рязань, Российская Федерация, cerdakova@yandex.ru*

Проблема загрязнения окружающей среды гербицидами сим-триазинового ряда становится все более актуальной в связи с их достаточно широким применением в сельском и лесном хозяйствах. На основе передового научного опыта в статье анализируются перспективы очистки вод, загрязненных сим-триазиновыми гербицидами, путем их интенсивного окисления кислородом воздуха при пневмосепарации в сочетании с сорбционно-каталитическими процессами, инициируемыми гуминовыми веществами.

Ключевые слова: гербициды сим-триазинового ряда; загрязнение воды; пневмосепарация; гуминовые препараты; сорбционно-каталитические материалы.

PNEUMOSEPARTATION OF WATER CONTAMINATED WITH SIM-TRIAZINE HERBICIDES IN THE PRESENCE OF HUMIC PREPARATIONS FOR THEIR REMEDIATION

A. S. Cherdakova, S. V. Galchenko

*Ryazan State University named for S. Yesenin,
Svobody st., 46, 390000, Ryazan, Russian Federation, cerdakova@yandex.ru*

The problem of environmental pollution with symtriazine herbicides is becoming increasingly urgent due to their fairly widespread use in agriculture and forestry. Based on advanced scientific experience, the article analyzes the prospects for purifying water contaminated with simtriazine herbicides by intensive oxidation with air oxygen during pneumoseparation in combination with sorption-catalytic processes initiated by humic substances.

Keywords: herbicides of the sym-triazine series; water pneumatic separation; pollution; humic substances; sorption-catalytic materials.

Практически любые виды антропогенного воздействия на окружающую среду сопровождаются нарушением экологического состояния всех ее компонентов, в том числе, природных поверхностных и подземных вод. В последние десятилетия внимание ученых обращено на изучение процессов загрязнения природных вод продуктами техногенеза, включая химические средства защиты растений — гербициды. На данный момент

широкое применение, среди последних, нашли гербициды сим-триазинового ряда, ввиду их эффективности, низкой стоимости, и, соответственно, значительной востребованности в сельском и лесном хозяйствах. Указанные вещества хорошо растворимы в воде и интенсивно мигрируют из верхних горизонтов почвы в более глубокие слои, что может приводить к загрязнению подземных вод и поверхностных водных объектов. Кроме того, в научной литературе неоднократно подчеркивается опасность гербицидов сим-триазинового ряда из-за их высокой персистентности в окружающей среде. Данные обстоятельства ставят вопросы научного поиска путей ремедиации водных компонентов экосистем от загрязнения гербицидами сим-триазинового ряда в число важных экологических задач.

Среди существующих методов удаления данных токсикантов из загрязненных вод наиболее результативны способы, основанные на процессах их окислительной деструкции и адсорбции. При этом традиционные технологии, как правило, технически сложны, требуют значительных энергетических, временных и финансовых затрат. В качестве альтернативы широко применяемым способам окислительной деструкции гербицидов сим-триазинового, по нашему мнению, могут выступать методы пневмосепарации загрязненных вод (барботаж кислородом воздуха в турбулентном режиме).

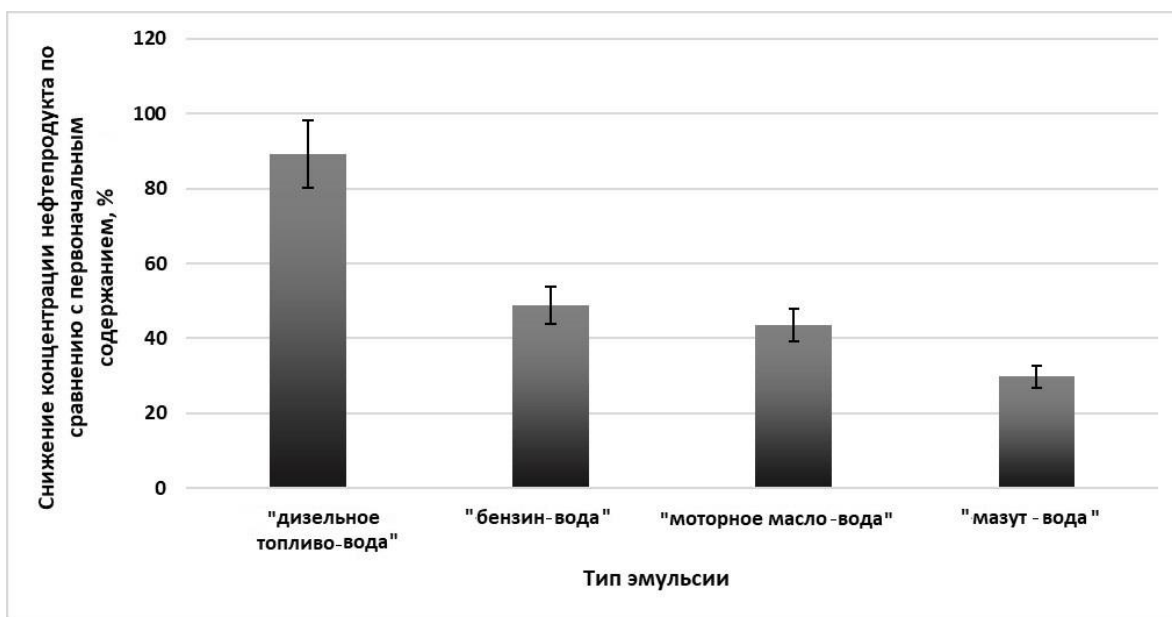
Анализ мирового научного опыта показывает, что в настоящее время приоритетными способами удаления сим-триазиновых гербицидов из водных сред являются методы окислительной деструкции [1, с. 15; 2, с. 2; 3, с. 80]. Наиболее широкое распространение получили комбинированные окислительные процессы или АОР (advanced oxidation processes), основанные на окислении органического вещества генерированными (под воздействием электричества, УФ-излучения или катализаторов) высокореакционными радикалами. Так, в работах исследовательской группы под руководством S. Komtchou установлена высокая эффективность применения процессов электрохимического и фотохимического окисления для удаления атразина и других сим-триазиновых гербицидов из водных сред [3, с. 87].

Исследования ряда других авторов также подчеркивают большие перспективы применения методов АОР в целях деструкции содержащихся в природных и сточных водах пестицидов [1, с. 25; 4, с. 110].

Однако данные технологии имеют ряд весомых недостатков, а именно: высокая стоимость, низкая производительность и необходимость тщательной предварительной очистки обрабатываемых вод [5, с. 173]. Указанных недостатков лишен метод пневмосепарации вод, представляющий собой барботаж кислородом воздуха в турбулентном режиме, который и может представлять альтернативу технологиям АОР.

Согласно проведенным нами ранее исследованиям, пневмосепарирование позволяет очищать воды даже от высоких концентраций органических загрязнителей [6, с. 40].

Так, была выявлена отчетливая тенденция к значительному снижению содержания различных нефтепродуктов в эмульсиях типа «нефтепродукт-вода» при их пневмосепарировании (рисунок).



Снижение концентрации нефтепродуктов в различных эмульсиях типа «нефтепродукт-вода» при их пневмосепарировании

По нашему мнению, данный факт обусловлен разрушением адсорбционных коллоидных пленок на каплях нефтепродуктов при интенсивном воздушном барботаже.

Однако в мировой научной литературе практически отсутствует информация о возможностях использования данного метода для ремедиации вод, загрязненных гербицидами.

С целью стимулирования реакции окисления, пневмосепарирование предпочтительнее сочетать с сорбционными и каталитическими процессами. Считаем, что перспективными сорбентами-катализаторами могут служить экологически чистые, естественные природные соединения – гуминовые вещества, использование которых становится все более актуальным в аспекте развития принципов «зеленой химии».

По сравнению с традиционными сорбционно–каталитическими материалами, применяемыми для очистки загрязненных вод (активные угли, цеолиты, зернистые материалы и др.), гуминовые вещества характеризуются более низкой себестоимостью, доступностью,

безопасностью для окружающей среды и высокой регенерируемостью. При этом, вопрос применения гуминовых веществ для очистки природных и сточных вод от органических загрязнителей, в том числе сим-триазиновых гербицидов до сих пор остается малоизученным. По большей части исследования зарубежных и отечественных авторов связаны с изучением перспектив применения гуминовых препаратов для удаления из природных и сточных вод неорганических примесей (тяжелые металлы, радионуклиды, фториды, сульфиды и др.).

Но имеющиеся на данный момент в литературных источниках немногочисленные сведения указывают на высокий потенциал гуминовых веществ в ремедиации загрязненных гербицидами вод.

Так, в работах E. Lipczynska-Kochany и J. Kochany продемонстрированы сорбционные свойства гуминовых веществ по отношению ко многим органическим загрязнителям в водных средах [2, с. 6; 7; 8, с. 435]. Также, в настоящее время, научно доказана способность гуминовых веществ активно связывать один из наиболее распространенных сим-триазиновых гербицидов — атразин, что способствует его активной детоксикации [9, с. 1810]. Помимо этого, отмечается, что гуминовые вещества могут в значительной степени катализировать процессы окисления органических поллютантов, выступая в качестве окислительно-восстановительных медиаторов [7; 8, с. 436].

Таким образом, необходимо дальнейшее проведение комплексных научно-обоснованных исследований с целью изучения возможности и эффективности ремедиации вод, загрязненных сим-триазиновыми гербицидами, методом пневмомсепарации в присутствии гуминовых веществ.

Библиографические ссылки

1. *Hicham Z.* The removal of pesticides from water by advanced oxidation processes (AOPs) // THÈSE pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris-Est et l'Université Ibn Zohr Sciences d'Agadir. Paris: Université Paris-Est, 2015. 173 p.
2. *Kochany J., Lipczynska-Kochany E.* Evaluation of biological treatment of industrial wastewater using aerobic and anaerobic respirometry // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2009. № 18. P. 1-7.
3. Degradation of atrazine in aqueous solution with electrophotocatalytic process using TiO₂-x photoanode / S. Komtchou, A. Dirany, P. Drogui, N. Deegan, M. A. El Khakani, D. Robert, P. Lafrance // *Chemosphere*. 2016. № 157. P. 79-88.
4. Advanced Oxidation Processes for the Degradation of Organochlorine Pesticides / K. Gandhi, N. Khan, K. Singh, N. Thacker // *Journal of ISAS*. 2022. № 1 (1). P. 109-122.
5. Advanced Oxidation Processes / M. B. Ray, J. P. Chen, L. K. Wang, S.O. Pehkonen // In book: *Advanced Physicochemical Treatment Processes*. New Jersey: Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2007. P. 140-233.

6. Ecological Aspects of Wastewater Treatment from Petroleum Products by the Method of Pneumoseparation when Applying Humate of Potassium / S.V. Galchenko, E. V. Vorob'eva, A. S. Cherdakova, Yu. M. Posevina // Ecology and Industry of Russia. 2018. № 1(22). P. 38-43.

7. *Lipczynska-Kochany E., Kochany J.* Application of humate - sustainable alternative for remediation of wastewater and groundwater [Электронный ресурс] // Conference: 2011 IWA Conference on Natural Organic Matter At: Costa Mesa, California, USA. URL: www.nwri-usa.org/nom2011.htm (дата обращения: 03.02.2024)

8. *Lipczynska-Kochany E.* Humic substances, their microbial interactions and effects on biological transformations of organic pollutants in water and soil: A review // Chemosphere. 2018. V. 202. P. 420-437.

9. Adsorption of Humic Substances onto Kaolin Clay Related to Their Structural Features / G. U. Balcke, N. A. Kulikova, S. Hesse, F.D. Kopinke, I. V. Perminova, F. H. Frimmel // Soil Science Society of America Journal. 2002. 3 66(6). P. 1805-1811.