Содержание

Секция «Materials for Energy Production, Conversion and Storage» **10**

A. V. Abanina, E. A. Styuf, A. M. Abakumov
Synthesis of $LiFePO_4$ by Spray Drying Method Using Citric Acid
as a Chelating Agent: Advancements in Sustainable Energy Storage Technologies 11

M. M. Agapitova, V. A. Nikitina
Thickness Dependence of the Electrochemical Properties of Amorphous
Titanium Oxide as Anode Material for High Power Rechargeable Proton Batteries 12

A. B. Bayeshov, A. K. Bayeshova, U. A. Oraz
Method of Electricity Storage Using Red-Ox Potentials
of Titanium and Iron in Aqueous Solutions 15

A. B. Bayeshov, A. A. Zharmenov, M. N. Turlybekova, Z. P. Khalmuratova
The Formation of Oxide Films (TiO_2) on the Surface of Titanium
in an Alkaline Solution 17

E. A. Dolzhikova, L. A. Sitnikova, A. A. Savina, A. M. Abakumov
High Perfomance Cathode Materials Based on Ni-Rich NMC for LiB 19

A. A. Hizbullin, O. I. Shmatova
Synthesis And Galvanostatic Cycling of Fluorinated Ethers
as Components of Electrolytes For Lithium-Based Batteries 21

T. V. Ivanova, E. E. Nazarov, S. S. Fedotov
Targeted Morphology Design of Manganese-Doped Lithium-Iron Phosphate
Cathode Materials for High-Power Lithium-Ion Batteries 22

V. V. Korsakova, V. A. Nikitina
Vanadium Oxynitride as a Promising Electrocatalyst for Selective Reduction
of Nitrogen to Ammonia 24

V. V. Maev, S. V. Porokhin, V. A. Nikitina
$(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$ as a Prospective Electrocatalyst for Oxygen Evolution Reaction
in Alkaline Media 27

R. Markopolskii, N. B. Timusheva, A. V. Morozov, A. A. Savina, A. M. Abakumov
Grain Boundaries Engineering in Garnet-Type $Li_{6.4}Ga_{0.2}La_3Zr_2O_{12}$ Solid Eletrolyte 29

M. M. Mikheeva, E. D. Orlova, A. A. Savina, A. M. Abakumov
Composite Cathode Materials Based on Ni-Rich Layered Oxides
and Solid Electrolytes for Lithium-Ion Batteries 31

K. A. Moiseev, M. Y.Tashlanov, S. S. Fedotov
Anion-Deficient Pyrochlores as Electrode Materials for Metal-Ion Batteries 32

Z. S. Nafula, G. O. Omokaro, O. K. Niambe, E. C. Nnoli, V. Pinaev
Renewable Energy Technologies for Efficient Energy Saving Material 33

Z. B. Narchaeva, A. V. Novikov
Optimization of the Inorganic Component of the Double Hole Transport Layer
to Increase the Stability of Perovskite Solar Cells 35

N. V. Ostrovsky
Hydrogen Energy: “For” and “Against” 37

A. V. Petrovichev, O. I. Shmatova
Fluorinated Esters as New Components Electrolyte for High Voltage Lithium Batteries 38

S. A. Shekhova, V. A. Nikitina
Electrolyte Effect on the Cycling Stability of Prussian Blue Analogues in Polyethylene Glycol/H_2O Mixtures 39

P. A. Sinitsyn, V. V. Kuznetsov, S. V. Levchenko
Ruddlesden-Popper Oxides as Promoting Electrocalysts for Oxygen Evolution Reaction in Alkaline Media 42

K. D. Zagorovskaya, A. G. Boldyreva
Studying Different Encapsulation Layers For Solar Modules Based on Complex Lead Halides 44

V. V. Zhulikov, V. V. Kuznetsov
Corrosion and Electrocatalytical Properties of Pd-Mo Alloy Prepared by Electrodeposition 47

Секция «Окружающая среда и устойчивое развитие» 49

V. Bianco, A. A. Zanin, M. A. Tolstov
Scenario Analysis of Electric Cars Deployment for Urban Decarbonization: A Bottom-Up Model for the Italian Automotive Sector 50

S. U. Khalilova, Y. E. Xurmatov
The Prospects for the Application of International Standards Global G.A.P. in Agriculture 52

O. K. Niambe, E. C. Nnoli, G. O. Omokaro, Z. S. Nafula, V. Pinaev
Climate Change Adaptability: Review of the Effects of Deforestation in Nigeria 54

S. E. Okeke, C. N. Didi, N. O. Nwobi
Integration of Geographic Information System (GIS), Gully Erosion, and Water Quality Data in Promoting Sustainable Practices;
A Case Study of Ebenato, Nnewi South, Anambra State, Nigeria 56

A. M. Paliukhovich
Wetlands Geoportal Concept 58

S. X. Shamuratov, S. B. Ruzimov, U. K. Alimov, U. S. Baltaev
Study of Organomineral Fertilizers Obtained on the Basis of Neutralization of the Acidic Runoff of the Oil and Fat Industry with Carbonate Phosphorite 60

А. Н. Ахмаджонов, Т. Ж. Пиримов, У. К. Алимов, А. Р. Сейтназаров, Ш. С. Намазов
Исследование влияния нормы азотной кислоты на процесс разложения серпентинита Арватенского месторождения 63

Б. Р. Ахметова, М. С. Александрова, Е. С. Жигачева
Сравнение активного и пассивного методов пробоотбора кислотообразующих веществ атмосферного воздуха 66

С. М. Береснева, Е. Н. Бубнова
Лабиринтуломицеты как альтернативные корма для рыб 68

А. В. Богданов, А. И. Шкрабо
Концепция технологии рекультивации промплощадки бывшего аккумуляторного завода «Востсибэлемент» 71

А. Ганиев, Н. Ш. Юсупов, Г. К. Бозарова
Снижение негативного воздействия на окружающую среду при сборе, приемке и хранении хлопкового сырья 74

В. А. Гонова
Внедрение электродиализной очистки промывных вод химических производств: аспект достижения устойчивого развития экосистем 76

А. Ф. Гордова, А. Р. Манаева, Л. Р. Шарифуллина
Утилизация отходов и ликвидация разливов, содержащих хлорорганические соединения 79

А. Е. Горева, З. А. Лялина, А. В. Русинов
Изучение влияния керамических сфер с содержанием серебра, меди и цинка на микробиологическую безопасность воды 82

С. В. Грошева, И. О. Тихонова
Биоремедиация нефтезагрязненных почв и грунтов как наилучшая природоохранная практика 85

А. А. Елисеева, А. С. Макарова
Оценка влияния наночастиц серебра на рост и развитие растений на загрязнённых почвах 87

А. Д. Завьялова, В. А. Кузнецов
Особенности горизонтального распределения диоксида азота в городском воздухе 90

Д. М. Зайкова, Л. В. Редина
Композиции фторполимерного латекса и карбоксиметилцеллюлозы 93

Д. А. Зайцев, И. Р. Хусаинов, И. А. Зайцева, Н. Н. Роева
Аналитический контроль содержания канцерогенных и токсичных загрязнителей в атмосфере (на примере Московской области) 95

Ю. А. Зайцева, А. В. Малков
Комплексное исследование влияния промышленности Красноярского края на состояние окружающей среды 97

С. В. Земятова
Современные методы аналитической химии в рамках концепции устойчивого развития 100

Д. В. Киракосян, Е. Г. Кривобородов
Серосодержащие полимеры для дорожных покрытий 103

Т. М. Киятханов, А. В. Малков
Комплексное решение вопросов охраны окружающей среды на предприятиях по производству аммиака на примере ПАО «Тольяттиазот» 105

В. В. Ковалева, В. А. Гинзбург
Утилизация попутного нефтяного газа: проблемы и перспективы развития 107

А. В. Козлов, Т. В. Погребная, О. В. Сидоркина
Метадисциплинарный подход в ОУР на основе прикладной диалектики 109

С. В. Королев, М. А. Мизиев
Перспективы внедрения ветроэнергетики в регионах России 112

Д. М. Косимов, А. А. Расулов, Ш. С. Намазов, А. Р. Сейтназаров, О. А. Бадалова
Обогащенный суперфосфат и аммофосфат улучшенного качества
на основе продуктов разложения мытого сушеного концентрата 114

М. А. Котов
Бобр обыкновенный (*Castor fiber L.*) как фактор восстановления
малых равнинных рек 117

В. В. Красникова, А. В. Малков
Комплексное решение вопросов охраны окружающей среды
предприятий деревообрабатывающей промышленности
на примере АО «Сокольский деревообрабатывающий комбинат» 120

И. Д. Кудряшова, О. Ю. Кузнецов
Разработка ресурсосберегающей технологии повышения экологоклиматической
безопасности водоснабжения котельных г. Прокопьевска 123

Д. А. Кузнецова, А. В. Малков
Оценка влияния нефтедобывающей промышленности
на состояние окружающей среды 125

А. В. Лавкова, А. В. Колесников
Влияние органических компонентов на электрофлотационное извлечение
ионов металлов из сточных вод 127

Е. М. Латанов, В. В. Морокишко
О порядке разработки технологических нормативов в рамках подготовки заявки
на получение КЭР 131

П. А. Лебедева, А. Н. Федосеев, А. С. Макарова
Разработка метода ликвидации мышьякового загрязнения
на территории городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области 134

В. Н. Лучина, В. В. Сивуха, Е. Д. Пытляк
Роль экологической этики в повышении качества
экологического образования студентов 136

П. С. Любашов, Е. О. Дубинина
Применение искусственного выветривания гранитов
для изучения динамики их остывания 139

И. Л. Макаров, А. И. Боличев, И. А. Бессонов, И. И. Крайник
Замена бионеразлагаемых эмульгаторов поверхностно-активными мономерами 142

А. И. Михрабов, Я. П. Молчанова
Оценка воздействия на окружающую среду как превентивный метод
защиты окружающей среды 144

К. И. Мищенко, Е. С. Жигачева, С. А. Громов
Динамика потоков сухих выпадений оксидов серы и восстановленного азота
на станции ЕАНЕТ Листвянка в регионе озера Байкал в 2017–2021 годах 147

М. А. Нишукова, М. А. Гавва
Сернокислотное извлечение ванадия из отработанных ванадиевых катализаторов 150

Ш. Ю. Номозов, А. Р. Сейтназаров, Ш. С. Намазов, Б. Н. Каршиев, У. К. Алимов
Упругость паров азотфосфорсодержащих удобрений 153

А. А. Ореховский, М. С. Никольский
Анализ элементарного состава растворов после выщелачивания Nd-содержащего боросиликатного стекла 156

В. В. Ошс, Л. В. Егорова
Влияние роста и развития города на видовой состав хвойных растений 158

Т. А. Павлищева, А. В. Десятов
Применение систем обратного осмоса для водоподготовки металлургических предприятий 160

Б. У. Пирназаров, Р. К. Курбаниязов, Ш. С. Намазов, А. Р. Сейтназаров, Б. Д. Маденов
Желваковые фосфориты каракалпакии в качестве вторичного фосфатного сырья в производстве концентрированных фосфорсодержащих удобрений 163

К. А. Плотникова
Зеленая инфраструктура города Воронеж 166

Н. М. Поливара, В. М. Лазарев
Термохимическое изучение процесса фотосинтеза растений средней полосы РФ 169

Е. А. Полтавский, В. А. Кузнецов
Оценка приоритетности факторов воздействия на состояния древесной растительности городских озеленённых территорий 171

А. А. Похвалитова, А. М. Гайдукова
Очистка водных растворов от фторид-ионов с помощью электрохимически модифицированного углеродного сорбента 174

В. А. Рогачкова, М. В. Абакумов, А. В. Колесников
Получение пероксодисерной кислоты электрохимическим методом 177

К. М. Родионов, В. А. Ершов, Н. П. Тарасова
Исследование свойств полифосфат-стабилизированных наночастиц серебра в природных водах 181

А. А. Рычкова, С. Г. Парамонов
Динамика и распределение загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами по данным станции комплексного фонового мониторинга в Астраханском биосферном заповеднике 184

Е. Е. Саратовцева
Изменение содержания тяжелых металлов в почвах природных биосферных заповедников 187

М. А. Сердюкова, А. С. Макарова, В. А. Лапченко
Оценка грунтовых вод на территории Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ 190

Е. В. Султанов, Д. А. Булушев, Н. И. Акинин
О методиках оценки выбросов и сбросов загрязняющих веществ при применении аммиачно-селитренных промышленных взрывчатых веществ эмульсионного типа 193

В. М. Сурков, К. А. Парутина, С. Л. Захаров
Защита окружающей среды от вредных компонентов сточных вод 197

Ю. В. Тарасова, О. В. Салищева
Возможность применения алюмосиликатной породы угледобычи в качестве сорбентов для очистки сточных вод от ионов-токсикантов 199

Г. Б. Темиров, У. К. Алимов, А. Р. Сейтназаров, Ш. С. Намазов
Влияние температуры на степень конверсии фосфогипса при его обработке кальцинированной содой 202

М. М. Титова, И. А. Немировская
Анализ изменения содержания углеводородов в донных осадках после нефтяного разлива в Норильске 204

А. С. Тюрина
Исследование продукционных показателей фитопланктона на разрезе «Восточный» 207

П. Д. Ускова, К. Н. Шатагин, Д. В. Гричук
Изотопный состав стронция питьевой воды Москвы и других регионов России 210

М. Х. Фазилова, У. К. Алимов, Ш. Б. Хасанов
Термические исследования нитрата аммония при добавке в ее плав катодного порошка литий-ионовых батарей 213

А. Э. Харитонов, К. В. Пищаева
Анализ производства и использования гидропонных растворов с применением микроэлементов в хелатирующей форме 215

Ж. Э. Холмуродов, Р. Раджабов, Ш. С. Намазов, А. Р. Сейтназаров, А. М. Реймов
Расчет материальных потоков жидкофазной конверсии сульфата кальция с получением гранулированного сульфата аммония 218

И. В. Холошенко, И. В. Шелухина
Определение уровня экспрессии мРНК субъединиц гетеромерных никотиновых ацетилхолиновых рецепторов (nAChR) для различных фенотипов макрофагов человека 222

П. С. Хомякова
Атмосферные реакции трихлоруксусной и монохлоруксусной кислот 225

И. Э. Хошимов, Ш. И. Турдиалиева, А. Р. Сейтназаров, Ш. С. Намазов, Р. Раджабов
Гранулированная форма монокальцийфосфата на основе термической фосфорной кислоты и известняка 228

Ж. Х. Худойбердиев, А. М. Реймов, Р. К. Курбаниязов, Ш. С. Намазов, Б. Д. Маденов, А. Р. Сейтназаров
Изучение процесса грануляции активированного простого суперфосфата в присутствии связующих растворов 231

И. Р. Хусаинов, Д. А. Зайцев, И. А. Зайцева, Н. Н. Роева
Исследование динамики изменения содержания поллютантов в атмосферном воздухе на основе данных локального мониторинга 234

С. В. Цуранова, А. Н. Федосеев, А. С. Макарова
Разработка метода ликвидации кадмиевого загрязнения на территории городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области 237

Ц. Ж. Цыренова, А. В. Малков
Влияние Братского алюминиевого завода на состояние окружающей среды города Братск 239

А. А. Чальцева, Л. В. Егорова
Озеленение крыш в зелёном строительстве 242

С. С. Чурина, Н. А. Осипова
Содержание полиароматических углеводородов в уличной пыли на территориях в зоне влияния угольных шахт и разрезов 244

А. С. Ярош, Е. А. Позднякова
Анализ данных подпрограммы «Повреждение лесов» Международной совместной программы комплексного мониторинга воздействий загрязнения воздуха на экосистемы 246

Секция

«Materials for Energy Production, Conversion and Storage»

Председатель

д. х. н., проф. Валерий Фёдорович Травень

Секретарь

Дмитрий Андреевич Чепцов

УДК 54.057

SYNTHESIS OF $LiFePO_4$ BY SPRAY DRYING METHOD USING CITRIC ACID AS A CHELATING AGENT: ADVANCEMENTS IN SUSTAINABLE ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES

Abanina Anna Vladimirovna
Master`s Student, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, anna.abanina@skoltech.ru
Styuf Elvira Andreevna*
Junior Research Scientist, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, e.styuf@skoltech.ru
Abakumov Artem Mikhaylovich*
Professor, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, a.abakumov@skoltech.ru

Keywords: *lithium iron phosphate; citric acid; energy storage; responsible consumption and production; sustainable development; renewable energy; Sustainable Development Goals*

One of the ways to obtain cathode (anode) materials with a high energy density is spray drying method, based on the dispersion of the suspension into a chamber with a drying agent (air). Under the influence of high temperatures (200-250°C) the primary particles of the material form spherical particles that have the densest packing during tapping (high tap density).

Recent research has demonstrated that using citric acid as a chelating agent in the preparation of a suspension for lithium iron phosphate cathodes (LFP) can significantly improve the density of the material since it has a significant effect on the rheology of the suspension [1]. The improvement of the tap density makes LFP a promising candidate for use in energy storage systems. Future research in this area could focus on optimizing the synthesis process by varying the citric acid concentration, reaction temperature, and time to further enhance the properties of LFP cathodes.

By optimizing the synthesis process of LFP cathodes using citric acid, researchers can contribute to Goal 9 on industry, innovation, and infrastructure by developing more efficient and sustainable energy storage solutions (Fig. 1).

Fig. 1. Sustainable Development Goals

Study aims to achieve Goal 9: Build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization, and foster innovation.

Literature:

1. Ahsan, Z., Ding, B., Cai, Z., Wen, C., Yang, W., Ma, Y., Zhang, S., Song, G., and Javed, M. S. (2020). "Recent Progress in Capacity Enhancement of $LiFePO_4$ Cathode for Li-Ion Batteries." ASME. *J. Electrochem. En. Conv. Stor*. February 2021; 18(1): 010801. https://doi.org/10.1115/1.4047222

УДК 544.636/.638

THICKNESS DEPENDENCE OF THE ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS TITANIUM OXIDE AS ANODE MATERIAL FOR HIGH POWER RECHARGEABLE PROTON BATTERIES

Agapitova Maria Maksimovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, agapitovamary5@gmail.com
Nikitina Victoria Andreevna*
Assistant Professor, Center for Energy Science and Technology, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, v.nikitina@skoltech.ru

Keywords: *proton batteries; amorphous titanium oxide; electrochemical formation of titanium oxide; cyclic voltammetry; rate capability*

The reserves of lithium in accessible forms are depleted every day, therefore, in recent decades, as an alternative to lithium-ion batteries, new batteries with high energy and power density are being actively developed. Proton batteries, which operate based on the reversible insertion of protons into the structure of transition metal oxides [1], are a promising technology, which could potentially replace lithium-ion batteries in applications related to large scale energy storage. Recently, it was found that reversible insertion of protons is possible not only in strongly acidic solutions, but also in concentrated solutions of divalent metal ions (for example, $MgCl_2$) due to a local decrease in pH caused by hydrolysis of a doubly charged cation [2]. However, as the electrochemical stability window of aqueous solutions is very limited, more advanced electrolytes attracted the attention of researchers. In this study, we explore the behavior of amorphous films of TiO_2 having different thicknesses in polyethylene glycol (PEG-400)/water 40:60 mixtures with $MgCl_2$ as the electrolyte.

Amorphous titanium oxide was obtained by electrochemical anodizing of titanium foil in solution of 0.1 M KF + 1 M H_2SO_4 + 0.2 M citric acid with different anodizing times under the constant voltage of 25 V [3]. Metallic titanium anodizing was carried out in a two-electrode configuration. Preliminary tests were performed with samples after 20 h of anodizing to determine the cathodic limit of reversible proton insertion, which minimizes the contribution from hydrogen evolution reaction (HER). Fig. 1a shows cyclic voltammograms (CVs) of TiO_2 film in PEG/H_2O mixture with 1 m $MgCl_2$ as the electrolyte with different cathodic limits. The difference between the anodic and cathodic charges vs. the cathodic potential limit is shown in Fig. 1b. Cathodic potential limit of -0.9 V vs (3 M AgCl/Ag) was chosen as the optimal potential limit for investigating cycling performance of TiO_2 films due to minimal interference of HER.

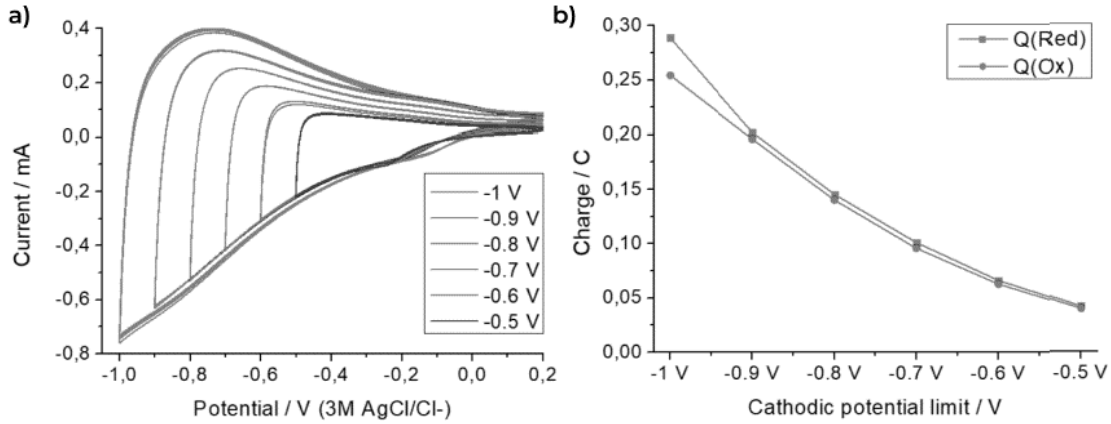


Fig. 1. a) CVs of amorphous TiO_2 film after anodizing time 20 hours in PEG/H_2O mixture with 1 m $MgCl_2$. b) Dependence of the charge passed during reduction (Q_{Red}) and oxidation (Q_{Ox}) on the cathodic potential limit.

At the next step, we obtained TiO_2 films after different anodizing times (from 2 to 16 h). Fig. 2 shows the CVs of the obtained TiO_2 films. After 12 h of anodizing the reversible charge shows no further alteration, while significant ohmic distortions appear in the CVs. Thus, the anodizing time of 12 hours was chosen as optimal. Fig. 2 b shows the variation of the reversible charge for the samples with different anodizing times.

To conclude on the rate capability characteristics of the obtained TiO_2 films, samples after anodizing for 2, 6 and 12 h were chosen for CV tests with different scan rates: 0.25 – 5 mV/s (Fig. 3). When the scan rate changes from 0.25 – 5 mV/s, the capacity of the sample anodized for 2 hours drops by 21%, for the anodized 6 and 12 hours - by 31%. We found that the decay of the reversible charge with the increase in the scan rate is very close for the samples with different anodizing times. Therefore, we selected the 12 h TiO_2 sample as the most prospective due to the high reversible charge and high rate capability.

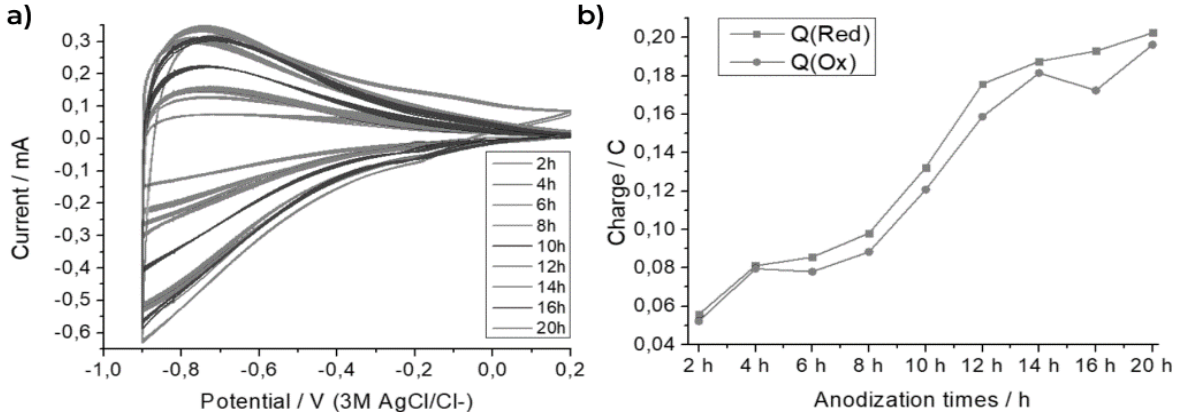


Fig. 2. a) CVs of the TiO_2 films with different anodizing time in PEG/H_2O mixture with 1 m $MgCl_2$. b) Dependence of the charge passed during reduction (Q_{Red}) and oxidation (Q_{Ox}) on anodizing time.

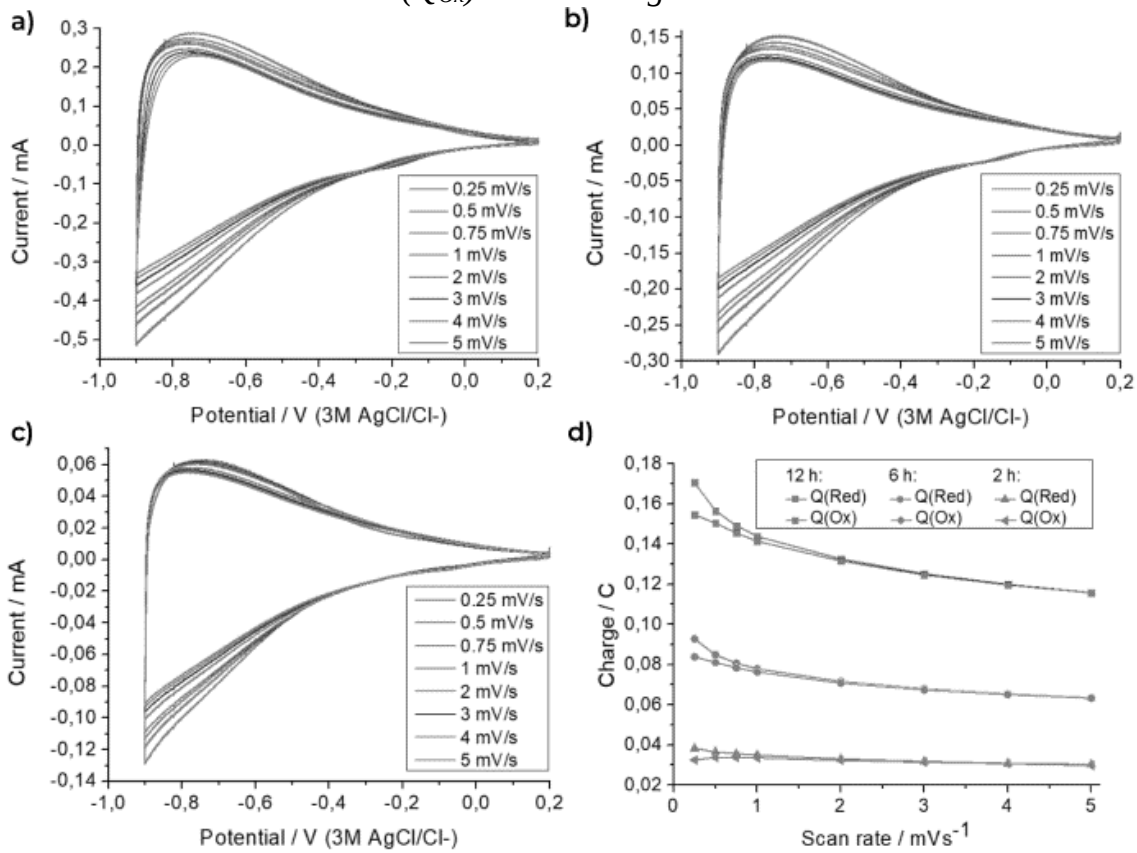


Fig. 3. CVs of TiO_2 films after anodizing for 12 hours (a), 6 hours (b), 2 hour (c) and the plots of charge passed during reduction (Q_{Red}) and oxidation (Q_{Ox}) vs. scan rate (d).

The TiO_2 film obtained after anodizing for 12 h was tested for charge/discharge under constant current conditions at 0.5C, 1C, 2C, 5C and 10C rates. Fig. 4 shows high capacity retention at 10C rate, which proves the high rate capability of the materials. The material showed a capacity of 38 mAh/g at 0.5C. At 10C rate the capacity decreased by only 20%, which indicates prospects of application of this material for high power and low temperature applications after further optimization to achieve higher capacity values.

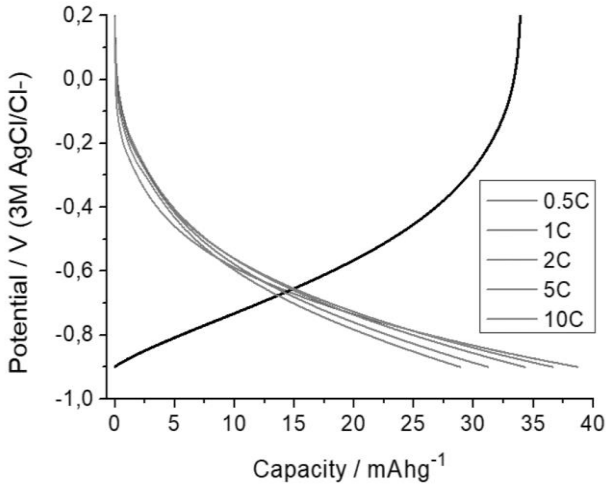


Fig. 4. Galvanostatic charge/discharge curves of TiO_2 film (12 h) at different C-rates.

Our research aims to achieve Goal 7: Ensure universal access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all, and shows the promise of replacing lithium-ion batteries with more suitable modern alternatives.

Literature:

1. N. Makivić, J.-Y. Cho, K. D. Harris, J.-M. Tarascon, B. Limoges, V. Balland. Evidence of Bulk Proton Insertion in Nanostructured Anatase and Amorphous TiO2 Electrodes // Chem. Mater. 2021; 33(9):3436. https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.1c00840

2. I. Komayko, S. V. Ryazantsev, I. A. Trussov, N. A. Arkharova, D. E. Presnov, E. E. Levin, V. A. Nikitina. The Misconception of Mg2+ Insertion into Prussian Blue Analogue Structures from Aqueous Solution // ChemSusChem. 2021; 14(6):1574. https://doi.org/10.1002/cssc.202002916

3. Y. Fu, A. Mo. A Review on the Electrochemically Self-organized Titania Nanotube Arrays: Synthesis, Modifications, and Biomedical Applications // Nanoscale Res. Lett. 2018; 13:187. https://doi.org/10.1186/s11671-018-2597-z

УДК 544.635

METHOD OF ELECTRICITY STORAGE USING RED-OX POTENTIALS OF TITANIUM AND IRON IN AQUEOUS SOLUTIONS

Bayeshov Abduali Bayeshovich*
Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of Laboratory, National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, bayeshov@bk.ru
Bayeshova Azhar Kospanovna
Doctor of Technical Sciences, Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, azhar_b@bk.ru
Oraz Ulzhan Alhanovna
PhD - doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, alhanovna.u@gmail.com

Keywords: *titanium; iron; ions; membrane; electrode; electromotive force; short circuit current*

The prospects for the development of autonomous power sources depend on the state of developments in the field of chemical current sources (CCS). In this regard, scientists and technologists are constantly interested in questions related to the practical use of CCS [1]. Our developments dedicated to the creation of various models of chemical current sources are based on changes in the potentials of "red-ox" systems, their novelty is protected by patents of the Republic of Kazakhstan [2-5]. The aim of our work is to develop a fundamentally new method of accumulating electricity using redox potentials of reversible reactions involving variably valent metal ions in an aqueous medium.

The value of the "red-ox" potential is determined by the Nernst equation:

$$E_{red/ox} = E^{o}_{red/ox} + \frac{RT}{nF} ln \frac{a_{ox}}{a_{red}} \quad (1)$$

where a_{ox} – activity of oxidized forms of ions; a_{red} – активность восстановленных форм ионов.

For example, when using the "red-ox" Ti(III)–Ti(IV) system, which has a standard potential $E^o = -0.04$ V, and Fe(II)–Fe(III) ($E^o = +0.77$ V), an EMF of ~ 0.8 V is theoretically formed between two graphite electrodes. When charging, i.e. passing current, titanium (IV) ions are restored to a trivalent state:

$$Ti^{4+} + e \rightarrow Ti^{3+} \quad (2)$$

and divalent iron ions are oxidized to a trivalent state:

$$Fe^{2+} - e \rightarrow Fe^{3+} \quad (3)$$

After discharge, i.e. upon receipt of an electric current, reactions (2) and (3) proceed in the opposite direction until the concentration of trivalent titanium ions and trivalent iron ions decreases to a certain value. In this case, the value of the "red-ox" potentials of the system at each electrode obeys the Nernst equation (1). During the process, an EMF (E) is formed between the electrodes, the theoretical value of which is 0.81 V, according to the calculation:

$$E = E^o(Fe^{3+}/Fe^{2+}) - E^o(Ti^{4+}/Ti^{3+}) = +0{,}77 - (-0{,}04) = 0{,}81 V$$

A schematic diagram of a secondary chemical current source, i.e. a battery, is shown in Fig. 1. The chemical current source, i.e. the battery is an electrolyzer (1) with graphite electrodes (3, 4), the electrode spaces are separated by an anionite membrane (2). One electrode space (5) of the electrolyzer is filled with a solution of titanium sulfate (IV), and the other (6) is filled with a solution of iron sulfate (II). When charging, a graphite electrode in a solution containing titanium (IV) ions is cathodically polarized, and a graphite electrode in a

solution of iron (II) sulfate is anodically polarized. When charging on a graphite electrode (cathode), a reduction reaction of titanium (IV) ions to titanium (III) ions occurs by reaction (2). At this moment, on another, anodically polarized graphite electrode, iron (II) ions are oxidized to a trivalent state by reaction (3). As a result of electrochemical processes occurring by reactions (2) and (3), the electric current is converted into chemical energy, while ions of trivalent iron and trivalent titanium are formed.

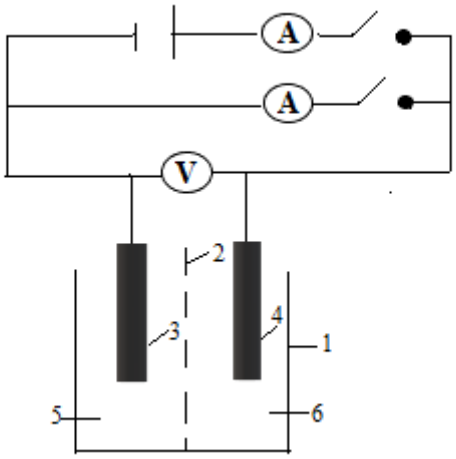


Fig. 1. Schematic diagram of the device of a chemical current source (battery) using a "red-ox" system of titanium and iron ions

When discharging, reverse processes occur. An electric current flows through an external closed circuit, while chemical energy on the basis of redox processes occurring on the electrodes is again converted into electric current. An EMF is formed between the electrodes. The dependences obtained over time showed that the EMF values in the interval of 0-30 minutes are 670-710 mV, and the value of the short-circuit current varies in this interval from 58 mA to 63 mA. We note that in the proposed energy storage, i.e. in the battery, graphite electrodes are used, as well as iron and titanium salts, which are easy to obtain. We have developed new electrochemical methods for obtaining salts of these metals [6,7], the implementation of which does not harm the environment.

The study aims to achieve Goal 7: Ensuring universal access to affordable, reliable, sustainable and modern energy sources for all.

Literature:

1. Nizhnikovsky E. Prospects for the use of chemical current sources for the power supply of autonomous electronic equipment //Modern electronics. - 2010. – Vol. 2. – p. 12.
2. Baeshov A., Baisheva S. A., Asanbayeva Z. K., Baeshova A. K., Toishibekova G. S. Chemical current source, Innovation patent of RK No. 22448 dated 01.04.09.
3. Baeshov A., Baisheva S. A., Baeshova A. K., Koytanova E. B. Transformation heat energy into electrical energy Patent of the Republic of Kazakhstan No. 24466 dated 16.07.08.
4. Baeshov A., Baeshova A. K., Atabekova A. A. Chemical current source, Innovative Patent of the Republic of Kazakhstan No. 31177 dated 12.03.15
5. Baeshov A., Baeshova A. K., Turlybekova M. Nu Chemical current source, Innovative patent of RK No. 31159 dated 04/03/15.
6. Baeshov A., Baeshova A. K., Dauletbayev A. Method of obtaining tetravalent titanium sulfate // Innovative patent of RK No. 22655 dated 05/19/09.
7. Baeshov A., Baeshova A. K., Bizhanova D. A. et al . Method for obtaining iron sulfate (II) // Innovative patent of the Republic of Kazakhstan No. 26380.

УДК 544.635

THE FORMATION OF OXIDE FILMS (TiO_2) ON THE SURFACE OF TITANIUM IN AN ALKALINE SOLUTION

Bayeshov Abduali Bayeshovich*
Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Head of Laboratory, National Center for Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, bayeshov@mail.ru
Zharmenov Abdurassul Aldashevich
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic Kazakhstan, Head Director, National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nc@cmrp.kz
Turlybekova Makpal Nyshangalyevna
Master, research associate, National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, m.t.89@mail.ru
Khalmuratova Zhanar Polatovna
Engineer**,** National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan, janarkalmuratova99@gmail.com

Keywords: *anodic process; titanium; oxide film; photoelectric effect*

It is known that an oxide film TiO_2 is always present on the surface of titanium and according to literature data [1-3], the thickness of this film does not exceed 20-40 nm, however, this film, which has a natural origin, does not have photocatalytic and other properties. The purpose of this work is to study the formation of oxide films on the surface of titanium by measuring the oxidation current. Preliminary studies have shown that during anodic polarization, titanium electrodes are instantly passivated due to the formation of a thin film of dioxide with semiconductor properties on their surface. The process of formation of titanium oxide films has been studied at various voltages between the electrodes by determining the value of the anode current over time of electrolysis. It was found that during anodic polarization of titanium after the formation of an oxide film by the reaction: $Ti + 2H_2O \rightarrow TiO_2 + 4H^-$ a small-magnitude anode current is observed in the electrochemical circuit. We believe that these currents are spent on the growth of the oxide film, which constantly continues to form, or, under certain conditions, on the dissolution of titanium by a transpassive mechanism with the formation of its ions. Table 1 shows the results of a study devoted to determining the effect of the voltage between the electrodes on the amount of titanium oxidation current with the formation of titanium dioxide over time. It is shown that the value of the oxidation current after passivation of the titanium electrode increases with an increase in the voltage between the electrodes due to the fact that at high voltages between the electrodes, the rate of formation of oxide films of TiO_2 increases. It should be noted that with anodic polarization, even at high voltages between the electrodes, the dissolution of titanium with the formation of its ions does not occur. At a voltage between the electrodes equal to 5 V and with a process duration of 30 minutes, the value of the anodic oxidation current is 73 mA, and at E = 20 V - 275 mA. Table 2 shows data characterizing the effect of the concentration of sodium hydroxide solution on the formation of titanium dioxide. The rate of formation of oxide films was judged by the value of the anode current, which was determined after passivation of the titanium anode. The value of the titanium oxidation current increases with an increase in the concentration of sodium hydroxide and, consequently, the rate of formation of oxide films increases.

Table 1

The effect of the voltage between the electrodes (E, V) on the oxidation current (I, mA): NaOH - 80 g/l, t= 25 ° C.

The value of the oxidation current, mA							
τ, min / E, V	2	5	10	15	20	25	30
0	0	0	0	0	0	0	0
5	50	52	54	58	63	70	73
10	135	137	139	140	142	143	145
15	201	204	207	211	214	215	220
20	250	254	259	265	269	271	275

Table 2

The effect of the concentration of sodium hydroxide on the value of the oxidation current with the formation of titanium dioxide: E = 10 V, t = 25 ° C

The value of the oxidation current, mA							
τ, min / NaOH, g/l	2	5	10	15	20	25	30
40	70	76	81	89	100	110	120
80	135	136	139	140	142	143	140
120	125	138	137	141	148	150	155

We have assembled a special installation that allows us to measure the potential of titanium dioxide in the light and in the dark. A 40 V halogen lamp was used as a light source. Over time, the potential of a titanium electrode coated with titanium dioxide was continuously measured using a potentiostat. The halogen lamp was turned on and off observing certain time intervals.

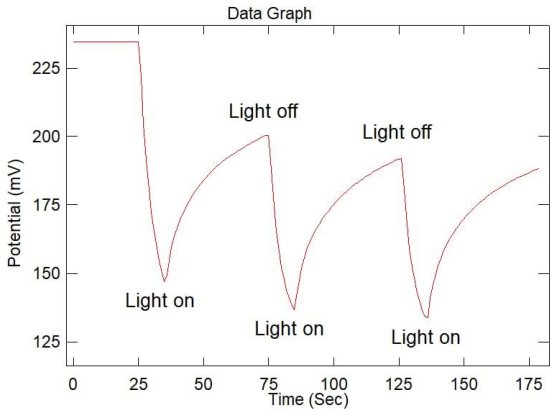


Fig. 3. Photoelectric behavior of the film TiO_2 at different degrees of illumination by a halogen lamp

It is shown that when illuminated (Fig. 3) the potential of the electrode decreases, and increases in the dark. This indicates that the titanium dioxide film has "p" - conductivity. The study aims to achieve Goal 7: Ensuring universal access to affordable, reliable, sustainable and modern energy sources for all.

Literature:

1. Yakimenko L.M. Electrode materials in applied electrochemistry, Moscow: Chemistry, 1977, p.264.

2. Лучинский Г.П. Химия титана. М. :1971, с. 480

3. Baeshov A., Iztleuov G., Baeshova S.A., Abduvalieva U. Electrochemical behavior of molybdenum, tungsten and titanium under polarization by nonstationary currents. Shymkent: 2020, p.316.

УДК 546

HIGH PERFOMANCE CATHODE MATERIALS BASED ON Ni-RICH NMC FOR LIB

Dolzhikova Ekaterina Andreevna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, dolzhikova01@list.ru
Sitnikova Lyutsia Alexandrovna
Master student, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, lyutsia.sitnikova@skoltech.ru
Savina Aleksandra Alexandrovna*
PhD, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, a.savina@skoltech.ru
Abakumov Artem Mikhailovich*
PhD**,** Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, a.abakumov@skoltech.ru

Keywords: *Li-ion batteries; cathode materials; solid-state chemistry; inorganic chemistry; material characterization; inorganic materials; synthesis; inorganic synthesis*

Layered lithium and transition metals oxides $LiNi_xMn_yCo_zO_2$ (x + y + z = 1) with ultra-high nickel content (x>0.8, Ni-rich NMCxyz), are considered to be the most promising candidates as cathode materials for next-generation Li-ion batteries (LIBs) due to their higher specific capacity (up to 220-240 mAh/g, 2.7-4.3 V vs Li/Li^+) and higher energy density (up to 800-900 Wh/kg) compared to currently used NMC622 and NMC811. However, despite their high electrochemical capacity, Ni-rich NMCs with x>0.8 are still very limited in terms of practical application due to fast capacity fading upon electrochemical cycling, low thermal and structural stability [1, 2]. One of the promising approach to solve the mentioned problems is development of core-shell structured NMCs, where Ni-rich NMC as high-capacity sources act as the core, and more stable layered oxides are chosen as the shell [3-6].

In this work, a series of cathode materials $Li[(Ni_{0.95}Co_{0.025}Mn_{0.025})_{1-x}(Co)_x]O_2$ was obtained with a core–shell structure with a different shell thickness from 0.2 to 1 microns using microwave-assisted hydrothermal synthesis technique. First, a mixed precursor ($Ni_{0.95}Co_{0.025}Mn_{0.025}(OH)_2$, NMC95, core) was obtained via the conventional co-precipitation method. Then, the as-prepared mixed precursor, $CoSO_4$ and urea (aq.) with the desired molar ratio were transferred into a 30 ml glass vessel with 70% loading and treated under microwave hydrothermal conditions in the Anton Paar 400 reactor at 180°C for 30 min. The obtained precursors $(NMC95)_{1-x}(Co)_x(OH)_2$ (x=0-0.2) were subjected to high-temperature treatment with a lithium source in oxygen flow to prepare final $Li[(Ni_{0.95}Co_{0.025}Mn_{0.025})_{1-x}(Co)_x]O_2$.

Based on powder X-ray diffraction, scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) the prepared materials are layered oxides with hexagonal crystal structure (sp. gr. *R*-3*m*), low anti-site disordering (Ni^{2+} in Li^+ site 2-3%), spherical-like morphology and the designed core-shell structure. Moreover, the obtained spherical-like particles of 10-12 μm are found to have microstructure organization different from those of unmodified agglomerates. Indeed, HAADF-STEM images of the $Li[(Ni_{0.95}Co_{0.025}Mn_{0.025})_{1-x}(Co)_x]O_2$ obtained by microwave-assisted hydrothermal route demonstrate a clearly oriented arrangement of rectangular primary crystallites, where their largest dimension is co-directed with the radius of the spherical agglomerate. The electrochemical performance of the obtained $Li[(Ni_{0.95}Co_{0.025}Mn_{0.025})_{1-x}(Co)_x]O_2$ (x = 0-0.2) was evaluated via prolonged galvanostatic cycling test. The capacity retention underwent significant boosting from 70% to 86% after 300 cycles (1C rate) when switching from parent NMC95 to its core-shell modifications with Co-rich shell, while slight decreasing of

reversible specific discharge capacity was observed (from 220 mAh/g for x = 0 to 215, 200 mAh/g and 180 mAh/g for x = 0.05, x = 0.1 and x = 0.2, respectively, 0.1C rate).

The research is aimed at achieving Goal 9: Industrialization, Innovation and Infrastructure.

This research work is supported by the Russian Science Foundation (project #23-73-30003, https://rscf.ru/project/23-73-30003/).

Literature:

1. Ding Y, Cano ZP, Yu A, Lu J, Chen Z. Automotive Li-Ion Batteries: Current Status and Future Perspectives. Electrochem Energy Rev. 2019;2(1):1-28.
2. Wu F, Maier J, Yu Y. Guidelines and trends for next-generation rechargeable lithium and lithium-ion batteries. Chem Soc Rev. 2020;49(5):1569-1614.
3. Sun, Yang-Kook, et al. "Synthesis and characterization of Li [(Ni0. 8Co0. 1Mn0. 1) 0.8 (Ni0. 5Mn0. 5) 0.2] O2 with the microscale core− shell structure as the positive electrode material for lithium batteries." Journal of the American Chemical Society 127.38 (2005): 13411-13418.
4. Sun, Yang-Kook, et al. "High-energy cathode material for long-life and safe lithium batteries." Nature materials 8.4 (2009): 320-324.
5. Kim, U-H. Kuo L-Y., and J-H. Mücke R. Kim. "Kaghazchi P. Yoon CS Sun Y." K. ACS Energy Lett 4 (2019): 576-582.
6. Cho Y, Oh P, Cho J. A new type of protective surface layer for high-capacity ni-based cathode materials: Nanoscaled surface pillaring layer. Nano Lett. 2013;13(3):1145-1152.

УДК 544.6.018.47-039.7

SYNTHESIS AND GALVANOSTATIC CYCLING OF FLUORINATED ETHERS AS COMPONENTS OF ELECTROLYTES FOR LITHIUM-BASED BATTERIES

Hizbullin Alexander Adikovich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, greenxvatit@gmail.com
Shmatova Olga Igorevna*
Researcher, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, o.shmatova@skoltech.ru

Keywords*: ethers; organofluorine compounds; electrolytes; lithium-ion batteries; lithium metal batteries*

At the moment, renewable energy sources are becoming increasingly relevant, which largely depend on storage systems for the generated electricity. Lithium-based batteries are modern energy storage systems, which have a number of disadvantages associated with their electrolytes. Such disadvantages include flammability, high- voltage instability, electrolyte and/or capacity degradation with cycling etc. The synthesis of a series of ethers (Fig. 1) were carried out. The solubility in ethers of the basic salts (LiPF6, LiBF4, LiFSI) used in lithium-ion batteries was measured. And galvanostatic cycling of lithium metal batteries with prepared electrolytes was implemented. Compared to conventional electrolyte solvents (organic carbonates) the obtained ethers have a number of advantages, including higher oxidative stability, good wettability of the polypropylene separator, coulombic efficiency and reduced flammability. This makes them promising components of lithium-metal battery electrolytes. In addition, electrolytes based on fluorinated solvents proved to be more stable at potentials above 4.3 V than commercial electrolytes.

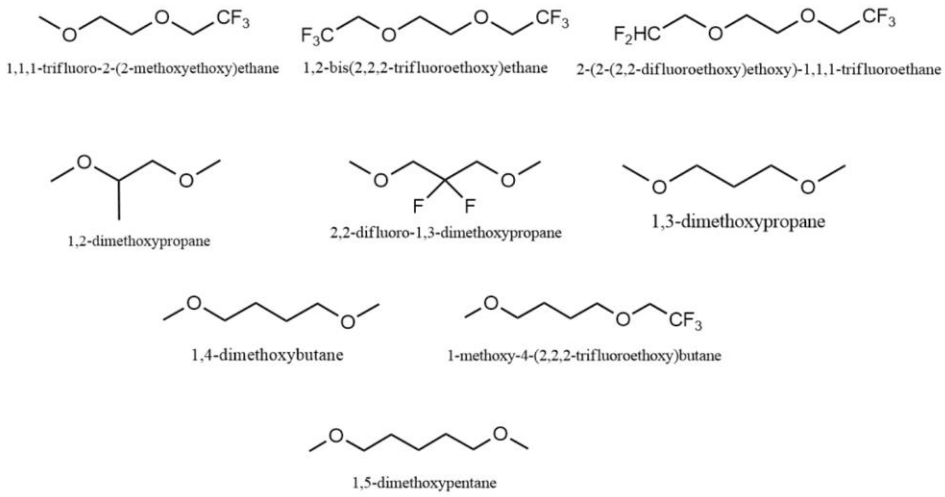


Fig. 1. Synthesized ethers

Goal 7: Ensure universal access to affordable, reliable, sustainable and modern energy sources for all.

Literature:

1. Yu, Z., Wang, H., Kong, X. et al. Molecular design for electrolyte solvents enabling energy-dense and long-cycling lithium metal batteries. Nat Energy 5, 526–533 (2020). https://doi.org/10.1038/s41560-020-0634-5
2. Yu, Z., Wang, H., Kong, X. et al. Molecular design for electrolyte solvents enabling energy-dense and long-cycling lithium metal batteries. Nat Energy 5, 526–533 (2020). https://doi.org/10.1038/s41560-020-0634-5

УДК550.510

TARGETED MORPHOLOGY DESIGN OF MANGANESE-DOPED LITHIUM-IRON PHOSPHATE CATHODE MATERIALS FOR HIGH-POWER LITHIUM-ION BATTERIES

Ivanova Tatiana Vitalievna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, ivanova.Ti@outlook.com
Nazarov Evgeny Evgenievich
Junior Researcher, Skolkovo Institute of Science and Technology, Center for Energy Sciences and Technologies, Moscow, Russia, eugene.nazarov@skoltech.ru
Fedotov Stanislav Sergeevich*
Assistant Professor, Skolkovo Institute of Science and Technology, Center for Energy Sciences and Technologies, Moscow, Russia, s.fedotov@skoltech.ru

Keywords: *lithium-ion batteries; cathode; triphylite; target design; tap density*

The key role of lithium-ion batteries is to provide zero-emission mobility by powering electric vehicles. Batteries with high energy storage capacity and fast charging capability are needed to make electric vehicles competitive with internal combustion engine vehicles.

In the field of energy storage research, there is a considerable activity devoted to the finding new cathode materials for lithium batteries. The triphylite-structured compound $LiFePO_4$ has become deeply studied. The attention also continues to be paid to the other transition metal phosphates, such as $LiMnPO_4$, largely due to the higher operation potential than $LiFePO_4$.

$LiMnPO_4$ has lower electrical conductivity by several orders of magnitude than $LiFePO_4$ [1]. The possibility of improved energy density over $LiFePO_4$ has therefore generated continued interest in the triphylite-type mixed system $LiFe_{0.5}Mn_{0.5}PO_4$ (LFMP) [2].

The cathodes with the triphylite structure are safe and stable over the entire cycling interval, but they have been mostly produced in form of nanoparticles that have a low tap density and increased contact area with electrolyte, leading to undesirable side reactions, poor thermal and cycling stability. Obtaining microspheres for electrode materials during the synthesis process is an important strategy to increase the tap density and improve the electrochemical performance of the material, because microspheres composed of nanoscale primary particles can provide high volumetric energy density and good cycling stability [3].

In this work, cathodes based on LFMP with the triphylite structure developed by hydrothermal and co-precipitation synthesis techniques for high-power lithium batteries are considered.

The use of urea plays a crucial role in controlling the morphology of the final product, and the use of ethylene glycol as a stabilizer avoids particle agglomeration in the hydrothermal synthesis without stirring. In this method, we obtain LFMP at pressure of 30 atmospheres with a particle size of 10 μm in one step and achieve a high tap density of 1.55 g/cm^3. Using X-ray diffraction, we determined that the samples obtained are single-phase.

Considering the co-precipitation, this method of obtaining LFMP occurs in two stages: 1) producing $NH_4Fe_{0.5}Mn_{0.5}PO_4$ with dittmarite structure (S.G. $Pmn2_1$), which is close to the structure of the final product, 2) hydrothermal treatment. The product of this reaction contains phase-pure $LiFe_{0.5}Mn_{0.5}PO_4$ with the triphylite type structure (S.G. *Pnma*). An infrared spectroscopy experiment was performed to establish the completeness of the process, i.e., the substitution of ammonium for lithium. This synthesis consumes only 1.05 mol-equivalents of lithium, which is almost 3 times less than in the hydrothermal synthesis, also the synthesis undergoes under mild conditions, and the resulting LFMP material has a high tap density and

spherical morphology [4].

This talk will detail ways to optimize LFMP-based cathode materials resulting in significant improvements in tap densities.

The study seeks to achieve Goal 7: Ensure universal access to affordable, reliable, sustainable, and modern energy for all.

Literature:

1. Yuanfu Deng, Chunxiang Yang, Kaixiang Zou, Xusong Qin, Zhenxia Zhao,
2. and Guohua Chen. Recent Advances of Mn-Rich $LiFe_{1-y}Mn_yPO_4$ ($0.5 \leq y < 1.0$) Cathode Materials for High Energy Density Lithium Ion Batteries // Adv. Energy Mater. 2017, 1601958. https://doi.org/10.1002/aenm.201601958
3. Grahame R. Gardiner and M. Saiful Islam. Anti-Site Defects and Ion Migration in the $LiFe_{0.5}Mn_{0.5}PO_4$ Mixed-Metal Cathode Material // Chem. Mater. 2010, 22, 3, 1242–1248. https://doi.org/10.1021/cm902720z
4. Myeong-Seong Kim, Jong-Pil Jegal, Kwang Chul Roh and Kwang-Bum Kim. Synthesis of $LiMn_{0.75}Fe_{0.25}PO_4$/C microspheres using a microwave-assisted process with a complexing agent for high-rate lithium ion batteries // J. Mater. Chem. A**,** 2014, 2, 10607-10613. https://doi.org/10.1039/C4TA01197J
5. Violeta G. Koleva, Tanya J. Boyadzhieva, and Radostina K. Stoyanova. Crystal and Morphology Design of Dittmarite-Type Ammonium Iron−Manganese Phosphates, $NH_4Mn_{1-x}Fe_xPO_4 \cdot H_2O$, as Precursors for Phospho-olivine Electrodes // *Cryst. GrowthDes.* 2019, 19, 7, 3744–3754. https://doi.org/10.1021/acs.cgd.9b00094

УДК 544.653.3

VANADIUM OXYNITRIDE AS A PROMISING ELECTROCATALYST FOR SELECTIVE REDUCTION OF NITROGEN TO AMMONIA

Korsakova Violetta Vyacheslavovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, k.villi1362@gmail.com
Nikitina Victoria Andreevna*
Assistant Professor, Center for Energy Science and Technology, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia**,** v.nikitina@skoltech.ru

Keywords*: electrochemical nitrogen reduction; electrocatalysis; transition metal oxynitrides; spectrophotometric ammonia detection; stability of electrocatalysts*

Transition metal nitrides and oxynitrides are promising electrocatalyst for the electrochemical nitrogen reduction reaction (NRR) [1]. In particular, several recent publications reported on the exceptional activity in reducing N_2 to ammonia for vanadium nitride, with the active centers being identified as oxynitride phase on the surface of the bulk VN particles [2]. High activity of nitride and oxynitride phases is frequently attributed to the nitrogen vacancy-mediated NRR mechanism (Mars−van Krevelen mechanism). Still, currently, faradaic efficiencies of NH_3 production via NRR are extremely low (<10%), which is mostly due to the high overpotentials needed to activate the triple bond in the N_2 molecule and thus the unfavorable competition with the hydrogen evolution reaction (HER), which requires lower overpotentials.

In this work, we studied the electrochemical stability and activity of single-phase vanadium oxynitride having a composition of $VN_{0.8}O_{0.2}$ (VNO), which has a stable rock salt structure (Fig. 1a). The synthesized VNO powder shows quasispheroidal morphology of particles (Fig. 1b) and has a high surface area (S_{BET} = 19.5 m^2 g^{-1}), which makes it a suitable electrode material for electrocatalytic studies.

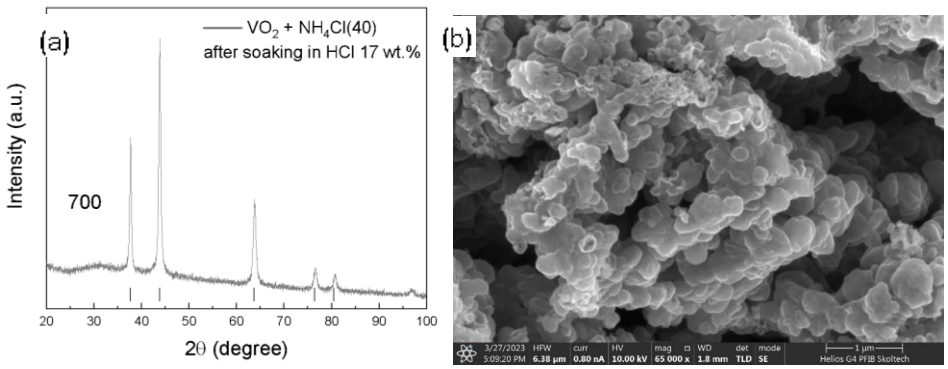


Fig. 1. PXRD of the VNO powder. The ticks indicate the PDF 01-089-2532 positions for VNO (a). SEM image of the VNO particles (b).

At the first step, we explored the stability of the VNO particles under the electrochemical cycling conditions in three electrolytes with different pH values: 1 M H_2SO_4, 1 M Na_2SO_4 and 1 M NaOH. The VNO powders were mixed with 30% wt. carbon black XC-72 and deposited onto the surface of a glassy carbon disk electrode from water/isopropanol solution containing Nafion™ 117 as ionomer. The VON loading was 100 μg cm^{-2}. We found that the VNO materials showed only minor signs of irreversible behaviour in all the electrolytes in the potential range 0 – 0.8 V (vs. RHE) (Fig. 2).

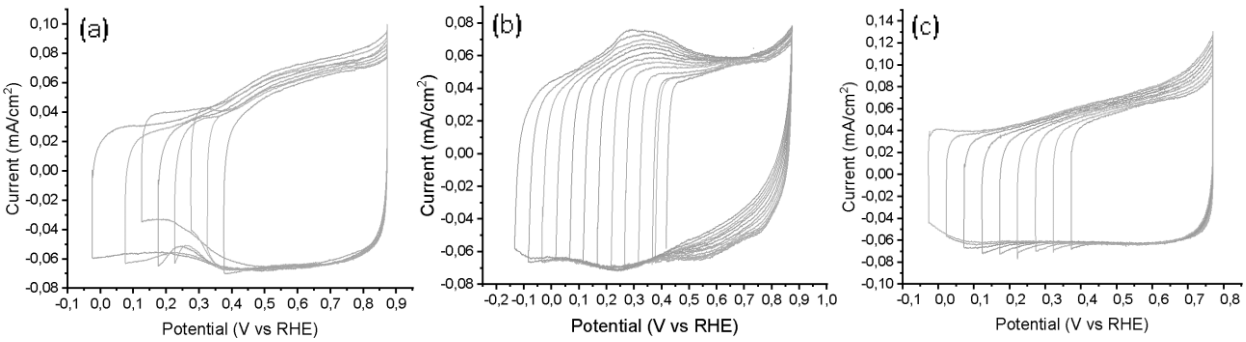


Fig. 2. Cyclic voltammograms of VNO electrodes (with subtracted contribution from carbon black and glassy carbon support) in 1 M Na_2SO_4 (a), 1 M NaOH (b), and 1 M H_2SO_4 (c) solution at 10 mV s^{-1} scan rate.

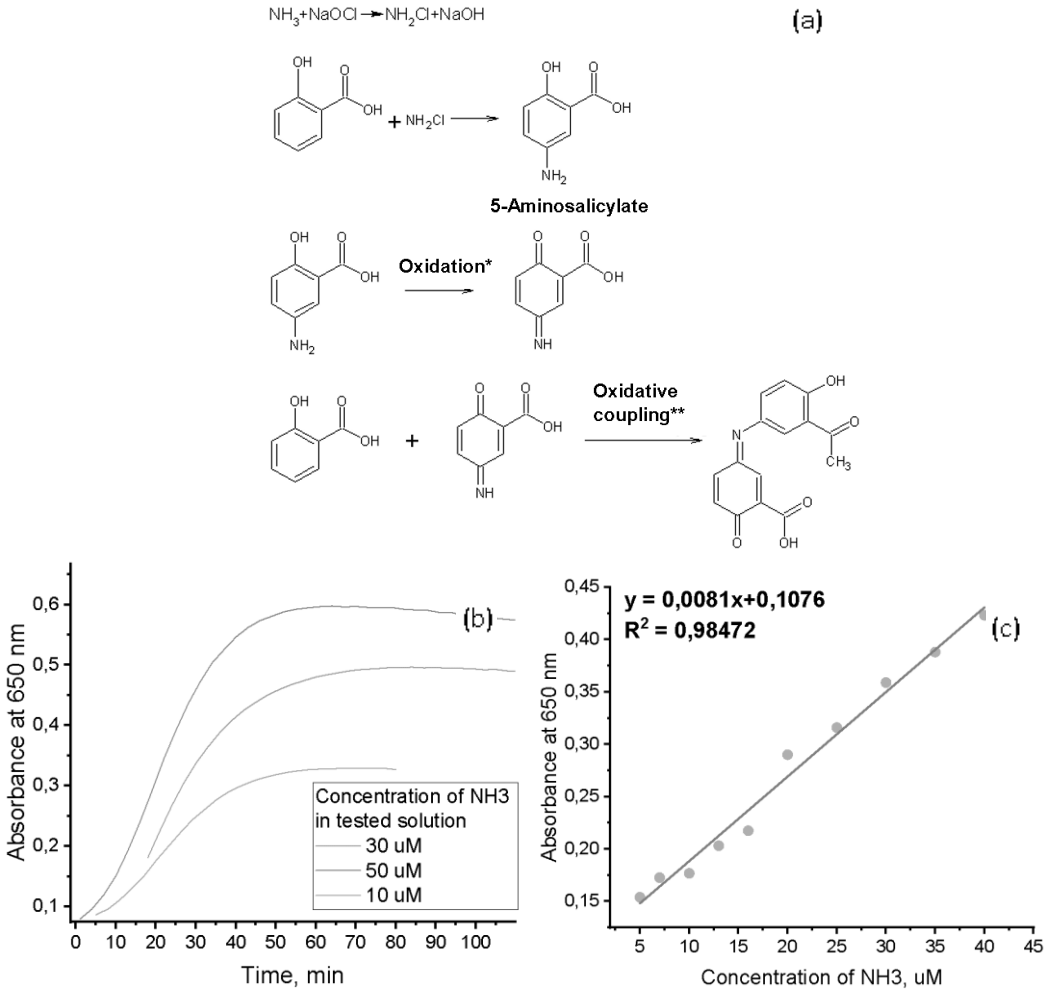


Fig. 3. Scheme of the photometric reaction (a). Time-dependent absorbance of NH_3-containing solutions (b). Calibration plot used for determining NH_3 concentration (c).

At the next step, we optimized a spectrophotometric ammonia detection technique (‘indophenol method’) to detect the produced ammonia and to characterize the activity of the VNO electrocatalyst. The photometric reaction converts ammonia into a colored indophenolic compound (Fig. 3a). The influence of the pH value on the intensity of the absorption band was determined. The pH value of 12.6 was established as the optimal for the reaction. The optimal reaction time of 90 minutes was discovered by a series of time-dependent spectroscopic measurements (Fig. 3b).

A calibration plot (Fig. 3c) was constructed using a series of solutions with low concentrations of ammonium chloride (0.5 M Na_2SO_4 containing x μM of NH_4Cl, x = 5 - 40). The calibration curve was used to determine NH_3 concentration in solutions after continuous

electrolysis of N_2 gas in preliminary electrochemical experiments, which were performed in an H-cell configuration.

Further studies will be focused on testing the activity of the VNO electrocatalysts in different electrolytes and at different potentials with gas diffusion electrodes, which allow for more efficient transport of N_2 molecules to the active sites of the electrocatalyst. The reported study contributes to the achievement of the sustainable development goal 13 (urgent action to combat climate change and its impacts).

The reported study was supported by the Center for Energy Science and Technology, Skolkovo Institute of Science and Technology, NGP project #0428. The authors thank Dr. S. Porokhin, P. Sinitsyn, N. Ionidis for the synthesis and characterization of VNO powders.

Literature:

1. D. Ologunagba, S. Kattel. Transition metal oxynitride catalysts for electrochemical reduction of nitrogen to ammonia // Mater. Adv. 2021; 2(4): 1263–1270.

2. X. Yang, J. Nash, J. Anibal, M. Dunwell, S. Kattel, E. Stavitski, K. Attenkofer, G C. Jingguang, Y. Yan, B. Xu. Mechanistic Insights into Electrochemical Nitrogen Reduction Reaction on Vanadium Nitride Nanoparticles // J. Am. Chem. Soc. 2018; 140(41):13387-13391.

3. M. Krom. Spectrophotometric determination of ammonia: a study of a modified Berthelot reaction using salicylate and dichloroisocyanurate // Analyst. 1980; 105(1249): 305-316.

УДК 544.636/.638

$(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$ AS A PROSPECTIVE ELECTROCATALYST FOR OXYGEN EVOLUTION REACTION IN ALKALINE MEDIA

Maev Vladislav Vyacheslavovich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, vladmaev@mail.ru
Porokhin Sergei Viktorovich
Junior Research Scientist, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, s.porokhin@skoltech.ru
Nikitina Victoria Andreevna*
Assistant Prof., Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, v.nikitina@skoltech.ru

Keywords: *electrocatalysis; Ruddlesden-Popper phase; oxygen evolution reaction; electron transfer kinetics; alkaline water electrolysis*

Currently, developments are underway to improve the efficiency of water electrolysis in order to produce hydrogen as source of clean and renewable energy. However, the oxygen evolution reaction (OER) is the main reason of energy losses due to slow electron transfer kinetics. Complex oxides of transition metals are actively studied as catalysts for OER under alkaline electrolysis conditions. In particular, Ni-based transition metal oxides show the highest activity. In this study we explore the electrocatalytic activity of a calcium-doped nickel lanthanum Ruddlesden-Popper (RP) oxide phase $(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$, synthesized by spray pyrolysis from a nitrate solution (Fig. 1). Electrochemical measurements were carried out using a rotating disk electrode in a three-electrode cell with 1M KOH as an electrolyte. In the course of cycling, an increase in the activity of the catalyst is observed, which implies the restructuring of the surface RP-phase layer into another more active phase (nickel oxyhydroxides). From the first to the fifth cycle the increase in the activity with cycling slows down substantially (Fig. 2, Table 1).

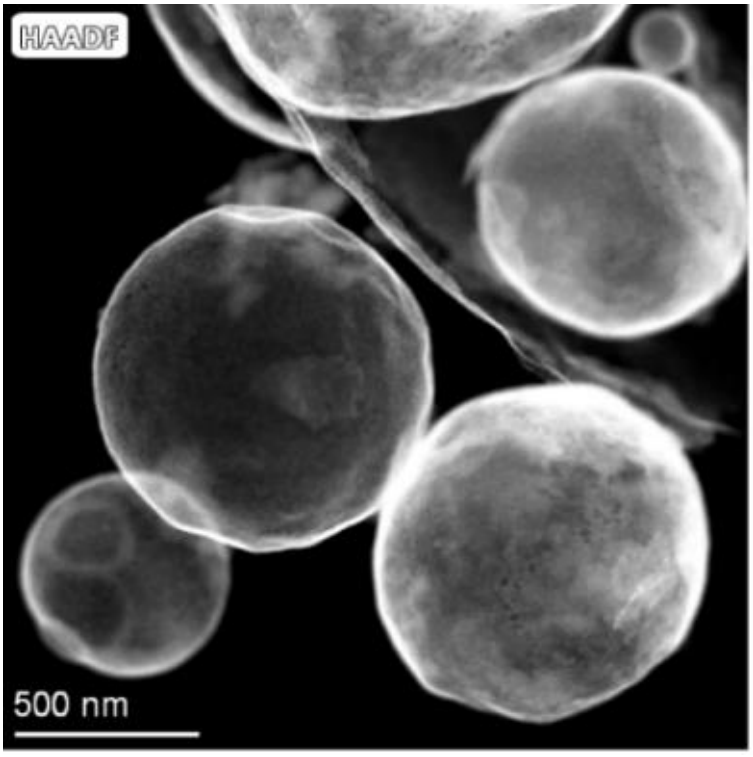


Fig. 1. HAADF-STEM image of spherical hollow particles of the $(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$, with BET surface area of 20 $m^2 g^{-1}$.

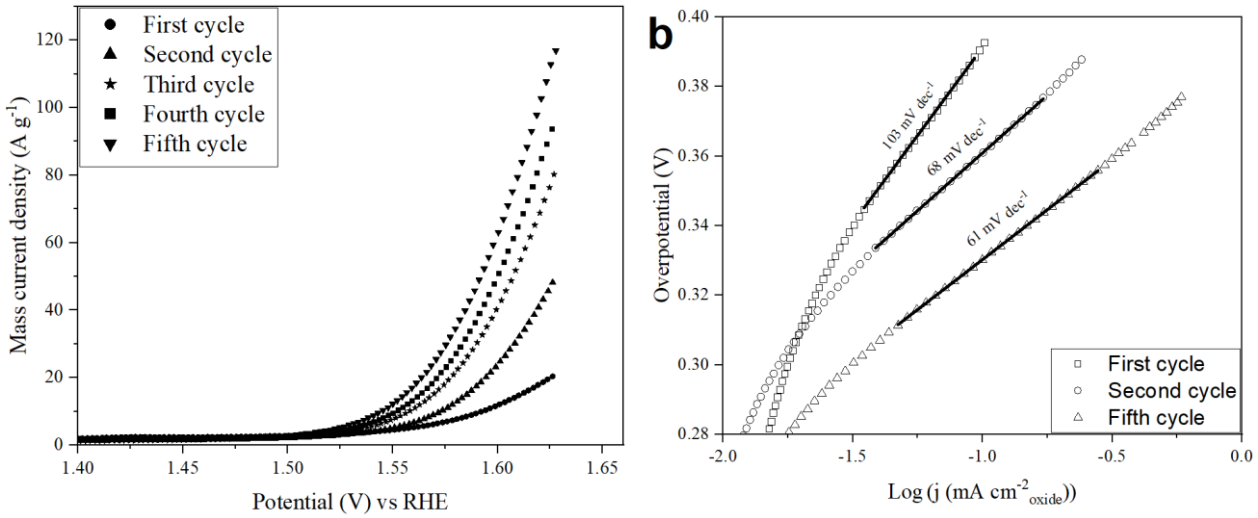


Fig. 2. (a) CVs of the $(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$ with 20 wt.% of the Vulcan Carbon XC72 and total mass loading 100 μg cm^{-2}. (b) Tafel plots for first, second and fifth cycles. Ar-saturated 1M KOH solution at 10 mV s^{-1}, 1600 RPM.

The mass and specific activity of the sample in 1 M KOH in the fifth cycle is 120.5 A g$^{-1}_{oxide}$ and 0.60 mA cm$^{-2}_{oxide}$ at 1.61 V vs RHE, which is higher than the activity of another nickel-based RP-oxide and simple nickel oxide (Table 1). The results of activity measurements demonstrate the prospects of the compound $(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$ as a catalyst for OER in alkaline media. Further studies will be aimed at testing the performance of this material in electrochemical cells with gas diffusion electrodes and anion exchange membranes to develop a prototype of an alkaline zero-gap electrolyzer.

Table 1

Comparison of the obtained results with the literature at 1.61 V vs RHE

Sample	Specific activity (mA cm$^{-2}_{oxide}$)	Mass activity (A g$^{-1}_{oxide}$)	Tafel slope (mV dec^{-1})
$(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$ (1st cycle)	0.08	15.0	103
$(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$ (2nd cycle)	0.17	32.2	68
$(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$ (5th cycle)	0.60	120.5	61
$La_5Ni_4O_{13-\delta}$ [1]	NA	27.2	70
NiO-(i) nanoparticle [2]	0.004	5.9	62

The study aims to achieve Goal 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy. The reported study was supported by the Center for Energy Science and Technology, Skolkovo Institute of Science and Technology. The authors thank Prof. Artem M. Abakumov for the TEM characterization of the $(La_{0.6}Ca_{0.4})_2NiO_{4-\delta}$ material. The access to the TEM facilities has been granted by AICF of Skoltech.

Literature:

1. S. R. Choi, J.-I. Lee, H. Park, S. W. Lee, D. Y. Kim, W. Y. An, J. H. Kim, J. Kim, H.-S. Cho, J.-Y. Park. Multiple perovskite layered lanthanum nickelate Ruddlesden-Popper systems as highly active bifunctional oxygen catalysts // Chem. Eng J. 2021; 409:128226. https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.128226

2. S. Jung, C. C. L. McCrory, I. M. Ferrer, J. C. Peters, T. F. Jaramillo. Benchmarking nanoparticulate metal oxide electrocatalysts for the alkaline water oxidation reaction // Journal of Materials Chemistry A. 2016; 4(8):3068-3076. https://doi.org/10.1039/C5TA07586F

УДК 550.510

GRAIN BOUNDARIES ENGINEERING IN GARNET-TYPE $LI_{6.4}Ga_{0.2}La_3Zr_2O_{12}$ SOLID ELETROLYTE

Markopolskii Roman
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, R.Markopolskii@skoltech.ru
Timusheva Natalia Borisovna
PhD student, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, Natalia.Timusheva@skoltech.ru
Morozov Anatolii Vladimirovich
PhD candidate, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, Anatolii.Morozov@skoltech.ru
Savina Aleksandra Alexandrovna*
PhD, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, A.Savina@skoltech.ru
Abakumov Artem Mikhailovich*
PhD**,** Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, A.Abakumov@skoltech.ru

Keywords: *Li-ion batteries; all-solid-state batteries; solid-state electrolytes; garnet solid electrolyte; grain boundaries engineering*

All solid-state batteries (ASSBs) based on ceramic solid electrolytes are considered as promising alternatives to those with conventional liquid organic electrolyte due to enhanced specific gravimetric and volumetric energy density and higher safety [1]. A boost in specific energy density and safety of ASSBs is provided by both an ability to accommodate high power density electrodes (Li-metal anode and Li-rich NMC cathode) as well as wide electrochemical stability window and the absence of flammable components [2]. Nevertheless, Li dendrite formation, growth and propagation through solid electrolyte upon cycling is still a serious drawback of ASSBs limiting their practical deployment, because it inevitably causes short circuit i.e. battery failure. Meanwhile, solid-state electrolytes are polycrystalline materials and contain numerous grains and grain boundaries, so Li dendrite propagation takes place along the grain boundaries and the solid electrolyte microstructure is pivotal for electrochemical behavior [3][4]. Therefore, establishing the relationship between the microstructure of solid-state electrolytes and their electrochemical performance as well as developing a grain boundaries engineering guidelines are vital for building sustainable commercially viable ASSBs.

For this reason, our work was focused on studying the influence of synthesis parameters on the microstructural organization of garnet-type $Li_{6.4}Ga_{0.2}La_3Zr_2O_{12}$ (Ga-LLZO) solid electrolyte, which was chosen due to its high Li-ion conductivity (~10^{-3} - 10^{-4} S/cm at 25 °C), wide electrochemical stability window (0.05–5 V vs. Li/Li^+) and chemical stability against metallic Li [5].

Single-phase Ga-LLZO electrolyte pellets with a relative density of > 90% were obtained by solid-state synthesis modified with the implementation of ball-milling technique and isostatic pressing. In this work, the influence of different parameters of ball-milling step (e.g., solvent media, duration, powder to grinding balls mass ratio) on the microstructural organization were investigated. The synthesis conditions were varied in a wide range, which provided an understanding of correlations between the grinding conditions and Ga-LLZO grain structure. Further work will be devoted to the investigation of the relationship between solid-state electrolyte microstructure and electrochemical properties. This research is aimed at achieving Goal 9: Industrialization, Innovation and Infrastructure.

This research work is supported by the Russian Science Foundation (project #23-73-30003).

Literature:

1. Jung Y.C. et al. Ceramic separators based on Li^+-conducting inorganic electrolyte for high-performance lithium-ion batteries with enhanced safety // J. Power Sources. Elsevier B.V, 2015. Vol. 293. P. 675–683.
2. Thompson T. et al. Electrochemical Window of the Li-Ion Solid Electrolyte $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ // ACS Energy Lett. 2017. Vol. 2, № 2. P. 462–468.
3. Milan E.R., Pasta M. The role of grain boundaries in solid-state Li-metal batteries // Materials Futures. 2023. Vol. 2, № 1. P. 0–17.
4. Yu S., Siegel D.J. Grain Boundary Softening: A Potential Mechanism for Lithium Metal Penetration through Stiff Solid Electrolytes // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2018. Vol. 10, № 44. P. 38151–38158.
5. Chen S. et al. All-Solid-State Batteries with a Limited Lithium Metal Anode at Room Temperature using a Garnet-Based Electrolyte // Adv. Mater. 2021. Vol. 33, № 1.

УДК 546

COMPOSITE CATHODE MATERIALS BASED ON NI-RICH LAYERED OXIDES AND SOLID ELECTROLYTES FOR LITHIUM-ION BATTERIES

Mikheeva Maria Maksimovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, maria210900@gmail.com
Orlova Elena Dmitrievna*
PhD student, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, elena.orlova2@skoltech.ru
Savina Aleksandra Aleksandrovna*
PhD, Research Scientist, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, a.savina@skoltech.ru
Abakumov Artem Mikhailovich*
D. Sc., Professor, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, a.abakumov@skoltech.ru

Keywords: *cathode material; Li-ion battery; layered oxide; Ni-rich NMC; phosphate-containing composite; grain boundary*

Nowadays, development of high-energy-density cathode materials for Li-ion batteries is in great demand as a world moves towards more environmentally sustainable energy sources. Such promising cathode materials as Ni-rich layered oxides, containing Ni, Mn and Co (NMCs), with their high practical capacity of over 200 mAh/g and high energy density larger than 800 Wh/kg, can provide desired characteristics necessary for fast recharging and longer service of Li-ion batteries. However, Ni-rich NMCs still have several drawbacks, namely significant capacity drop over prolonged cycling, that prevent them from wide application. One of the most promising but poorly studied strategies for improving cathode materials' electrochemical properties is grain boundaries engineering with a Li-conductive solid electrolyte. It allows to improve mechanical properties of cathode materials and enhance Li-ion transportation between particles in agglomerate. Thus, the present work aims at obtaining composite cathode materials based on the Ni-rich NMC ($LiNi_{0.8}Mn_{0.1}Co_{0.1}O_2$), modified via $Li_{2+x}S_{1-x}P_xO_4$ solid solution, with enhanced electrochemical properties. Cathode materials based on $LiNi_{0.8}Mn_{0.1}Co_{0.1}O_2$ (NMC811) and solid electrolyte $Li_{2+x}S_{1-x}P_xO_4$, where $0.4 \leq x \leq 0.7$, were synthesized via co-precipitation method using transition metals sulfates solutions and $(NH_4)_2HPO_4$ of various concentrations. According to XRD analysis, all synthesized materials possess well-crystalline layered structure (s.g. R-*3m*) with a minor presence of additional phase, attributed to $Li_{2+x}S_{1-x}P_xO_4$ with γ-Li_3PO_4 structure. EDX-STEM and EELS elemental distribution maps showed that phosphorus and sulfur are distributed mostly at the grain boundaries and intergranular contacts. Quantitative estimation of elemental content showed that overall amount of the additive reaches its maximum of 2.18 mol. % when using 60 mM $(NH_4)_2HPO_4$ solution. This sample also demonstrates the smallest surface area of 1.15 m^2/g, confirming that solid electrolyte “closes” gaps preventing penetration of electrolyte into particles. Due to the prolonged galvanostatic charge/discharge cycling in the 2.7-4.3 V vs. Li/Li^+ potential range at different current densities from 0.1C to 1C (1C=200 mAh/g), it was established that composite cathode materials based on the NMC811 and $Li_{2+x}S_{1-x}P_xO_4$ possess slightly increased rate capability, compared to the one, modified by Li_2SO_4 [1], and significantly enhanced stability as the capacity retention over 300 cycles at 1C elevated from 68% to 81%. The study aims to achieve Goal 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy.

Literature:

1. Savina AA, Orlova ED, Morozov A V., Luchkin SY, Abakumov AM. Sulfate-containing composite based on Ni-rich layered oxide LiNi0.8Mn0.1Co0.1O2 as high-performance cathode material for li-ion batteries. Nanomaterials. 2020;10(12):1-17. doi:10.3390/nano10122381

УДК 544.636/.638

ANION-DEFICIENT PYROCHLORES AS ELECTRODE MATERIALS FOR METAL-ION BATTERIES

Moiseev Konstantin Alexandrovich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, 2002Bubnov@mail.ru
Tashlanov Mikhail Yurievich*
PhD student, Skolkovo Institute of Science and Technology, Center for Energy Sciences and Technologies, Moscow, Russia, mikhail.tashlanov@skoltech.ru
Fedotov Stanislav Sergeevich*
Assistant Professor, Skolkovo Institute of Science and Technology, Center for Energy Sciences and Technologies, Moscow, Russia, s.fedotov@skoltech.ru

Keywords*: anion-deficient pyrochlores; potassium-ion batteries; ion exchange reaction*

Potassium-ion batteries (PIBs) along with sodium-ion batteries (SIBs) are the energy storage technologies that considered as alternative to lithium-ion batteries (LIBs) due to low price of its precursors, their distribution in the earth crust and comparable with LIBs electrochemical characteristics [1]. Nevertheless, the safety problem remains relevant for all types of batteries with liquid flammable electrolytes. Transition from organic electrolytes to solid-state ones is the main path to solve this problem. Therefore, development of new materials for PIBs and SIBs, including solid-state electrolytes, is of great interest now.

Theoretical calculations with bond valence energy landscapes (BVEL) and density functional theory (DFT) methods shown that anion-deficient pyrochlores (ADPs) with general formula $KM_xW_{2-x}O_6$ (M = Nb, Al, Cr and other) have an isotropic three-dimensional migration system of potassium ions with low energy barriers (~0.2-0.3 eV), which is unique feature among all investigated candidates for the role of inorganic potassium solid electrolytes. Modification flexibility of this ternary oxides class suggests the synthesis of analogues with other cations (H, Na), which also expands the range of ADPs potential application, for example, as electrode materials for different types of batteries. During the research, a number of anion-deficient pyrochlores ($KNbWO_6$, $KAl_{0,33}W_{1,67}O_6$, $KTi_{0,25}W_{1.75}O_6$, $KCr_{0,33}W_{1,67}O_6$) was obtained with conventional solid-state route [2] and characterized with powder diffraction, scanning electron microscopy with energy dispersive analysis, infrared spectroscopy and for the first time with electrochemical techniques. Niobium-containing sample showed the highest stability in galvanostatic cycling with different C-rates and during long-cycling tests, so $KNbWO_6$ was chosen as a model material for further steps. An ion exchange route was carried out to obtain $HNbWO_6$ and then $NaNbWO_6$ [3]. Phase purity and element composition was also confirmed with powder diffraction and scanning electron microscopy. At this stage, we obtained $HNbWO_6$ with trace amount of potassium, but the replacement of H by Na is incomplete (only 75-80%), despite the different sodium precursors (HCOONa, $Na_2C_2O_4$, NaGlu), HNW-to-Na salt ratio and annealing regimes. Electrochemical tests with $NaNbWO_6$ is in progress. In the report, the synthesis, characterization and electrochemical properties of anion-deficient pyrochlores will be considered in more detail. My research is directly related to Goal 7: Ensuring universal access to affordable, reliable, sustainable and modern energy sources for all.

Literature:

1. Rajagopalan, R., Tang, Y., Ji, X., Jia, C., Wang, H., Advancements and Challenges in Potassium Ion Batteries: A Comprehensive Review. *Adv. Funct. Mater.* 2020, 30, 1909486. https://doi.org/10.1002/adfm.201909486
2. Mayer, S.F.; Falcón, H.; Fernández-Díaz, M.T.; Alonso, J.A. The Crystal Structure of Defect KBB'O6 Pyrochlores (B,B': Nb,W,Sb,Te) Revisited from Neutron Diffraction Data. *Crystals* 2018, 8, 368. https://doi.org/10.3390/cryst8100368
3. Paris W. Barnes, Patrick M. Woodward, Yongjae Lee, Thomas Vogt, and Joseph A. Hriljac. Pressure-Induced Cation Migration and Volume Expansion in the Defect Pyrochlores ANbWO6 (A = NH_4^+, Rb^+, H^+, K^+). *Journal of the American Chemical Society* **2003,** *125* (15), 4572-4579. 10.1021/ja0292187

УДК 54.01

RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES FOR EFFICIENT ENERGY SAVING MATERIAL

Nafula Zipporah Simiyu
MSc Student, Ecology, First Year, RUDN University, Moscow, Russia, 1032229110@pfur.ru
Omokaro Godspower Oke
MSc Student, Ecology, First Year, RUDN University, Moscow, Russia, 1032225307@pfur.ru
Niambe Obed Kohol
MSc Student, Ecology, First Year, RUDN University, Moscow, Russia, 1032225329@pfur.ru
Nnoli Eucharia Chisom
MSc Student, Ecology, First Year, RUDN University, Moscow, Russia, 1032225306@pfur.ru
Pinaev Vladimir*
Cand.Sc.Econ., Docent, Department of Environmental Safety and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, RUDN University, Moscow, Russia, pinaev-ve@rudn.ru

Keywords: *renewable energy technologies; sustainable energy sources; energy efficient materials; cost effective*

Renewable energy technologies have become increasingly important in the search for more efficient and sustainable energy sources. One of the key benefits of renewable energy technologies is their ability to save energy and reduce reliance on fossil fuels. Examples of energy efficient materials include advanced insulation, high-performance windows, and energy-efficient lighting systems. These materials can significantly reduce energy consumption and improve indoor comfort while lowering energy costs. These technologies are becoming increasingly cost-effective and are being adopted at a rapid pace around the world. Renewable energy technologies and energy-efficient materials are critical components of a sustainable energy future and they are likely to play an increasingly important role in meeting the world's energy needs while promoting a cleaner, healthier planet.

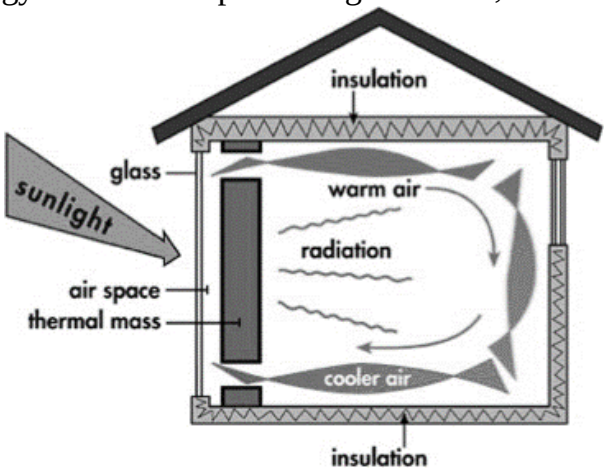


Fig. 1 Trombe wall

Source: Renewable energy technologies for sustainable development of energy efficient building 2018 by Arvind Chel and Geetanjali Kaushik.

Using a Trombe wall which is part of an exterior wall composed of a glazing surface directed at sun exposure behind the glazing there is an air void then a thermal mass wall made out of compressed earth blocks painted black to absorb the solar radiation and store heat

behind the glazing and in the high thermal mass wall.

Fig. 2 SDGs (source: UNESCO)

The Aim of the paper is to solve SDG 7 on affordable and clean energy.

Literature:

1. International Renewable Energy Agency. (2020). Renewable Energy Statistics 2020
2. U.S. Department of Energy. (n.d.). Energy-Efficient Home Design
3. Renewable energy technologies for efficient energy saving material

УДК 66.085.2

OPTIMIZATION OF THE INORGANIC COMPONENT OF THE DOUBLE HOLE TRANSPORT LAYER TO INCREASE THE STABILITY OF PEROVSKITE SOLAR CELLS

Narchaeva Zarina Bezhanovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, zarinanarchaeva24@gmail.com
Novikov Artem Vladimirovich*
Research Intern, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, Ar.Novikov@skoltech.ru

Keywords: *perovskite solar cells; hole-transport layer; p-i-n solar cells; mixed oxides; device stability; UV-VIS spectroscopy*

Experiments with the double hole-transport layer based on polymer (PTAA) and higher vanadium oxide showed good results: it was possible to increase the stability of the PSCs up to 4500 h.[4] As an inorganic component of hole-transport layer (HTL) tungsten oxide also shows good results.[5] Recent experiments have shown that thermal evaporation of vanadium pentoxide from a tungsten boat produces a film of mixed composition containing both tungsten oxides and vanadium oxides. Therefore, mixed tungsten-vanadium oxides are among the best hole-transport materials reported to date. However, no systematic study of the oxide stoichiometry impact on the efficiency and stability of PSCs has been performed yet. Therefore, the purpose of this work is to study the optoelectronic properties of mixed vanadium tungsten oxides (VOx)a(WOx)1-a with various stoichiometry and investigate the performance of PSCs containing HTL based on the combination of these oxides with PTAA. Therefore, in the first stage of the study, it was decided to investigate thin films of (VOx)a(WOx)1-a on glass using such methods as UV-vis absorption spectroscopy and X-ray diffraction. The bandgap values of these materials were calculated from UV-vis spectra. The next step was to assemble the devices and measure their photovoltaic characteristics. Based on the data obtained, it can be noted that the devices based on mixed oxide compositions W1V1 and W2V3 have good performance. Moreover, their characteristics are close to those of devices with pure vanadium oxide (VOx), which previously showed good stability and efficiency results.

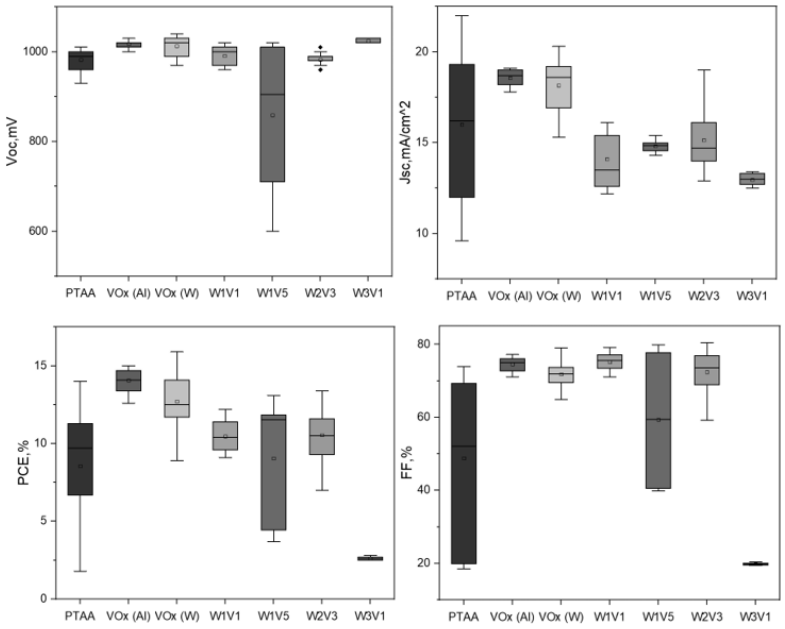


Fig. 1. Distribution of characteristics for devices with mixed metal oxides of different concentrations

In conclusion, this study shows a high potential of using mixed vanadium-tungsten oxide films as part of hybrid organic-inorganic HTMs for highly efficient perovskite solar cells. Further investigation will reveal their role in the stability of PSCs.

The study aims to achieve Goal 7: Ensure universal access to affordable, reliable, sustainable, and modern energy sources. The study aims to achieve universal access to affordable, reliable, sustainable, and modern energy sources for all, and shows the prospects for replacing expensive organic solar cell components with more appropriate modern equivalents.

Literature:

1. Saliba, M.; Correa-Baena, J.-P.; Grätzel, M.; Hagfeldt, A.; Abate, A. Perovskite Solar Cells: From the Atomic Level to Film Quality and Device Performance. Angew. Chem. Int. Ed. **2018**, 57 (10), 2554–2569. https://doi.org/10.1002/anie.201703226.
2. Wiley, A. J. LEWIS FRAAS LARRY PARTAIN.
3. Sanehira, E. M.; Tremolet de Villers, B. J.; Schulz, P.; Reese, M. O.; Ferrere, S.; Zhu, K.; Lin, L. Y.; Berry, J. J.; Luther, J. M. Influence of Electrode Interfaces on the Stability of Perovskite Solar Cells: Reduced Degradation Using MoO_x/Al for Hole Collection. ACS Energy Lett. **2016**, 1 (1), 38–45. https://doi.org/10.1021/acsenergylett.6b00013.
4. Tepliakova, M. M.; Mikheeva, A. N.; Frolova, L. A.; Boldyreva, A. G.; Elakshar, A.; Novikov, A. V.; Tsarev, S. A.; Ustinova, M. I.; Yamilova, O. R.; Nasibulin, A. G.; Aldoshin, S. M.; Stevenson, K. J.; Troshin, P. A. Incorporation of Vanadium(V) Oxide in Hybrid Hole Transport Layer Enables Long-Term Operational Stability of Perovskite Solar Cells. J. Phys. Chem. Lett. **2020**, 11 (14), 5563–5568. https://doi.org/10.1021/acs.jpclett.0c01600.
5. Tepliakova, M. M.; Mikheeva, A. N.; Somov, P. A.; Statnik, E. S.; Korsunsky, A. M.; Stevenson, K. J. Combination of Metal Oxide and Polytriarylamine: A Design Principle to Improve the Stability of Perovskite Solar Cells. Energies **2021**, 14 (16), 5115. https://doi.org/10.3390/en14165115.

УДК 620.92

HYDROGEN ENERGY: “FOR” AND “AGAINST”

Ostrovsky Nikolay Vladimirovich
Ecologist, Kirovo-Chepetsk, Russia, ecolog01@gmail.com

Keywords: *hydrogen energy; fuel cell; electric vehicle; renewable energy sources*

The term "hydrogen energy" is ambiguous, so the assessment of "hydrogen energy" should be carried out individually for various technical solutions and areas of their application.

Initially, this term began to be used for chemical power sources that use the process of hydrogen oxidation in an electrochemical cell (the process is the reverse of the electrolysis of water).

Hydrogen current sources can be used in electric vehicles and then we should compare them with lithium-ion batteries. But if we are talking about electric locomotives, a comparison with a conventional electric locomotive that receives energy from a contact network will be more practically significant.

If we are talking about objects operating offline, for example, weather stations, then it may be appropriate to compare atomic thermoelectric converters.

Later, the term "hydrogen energy" was extended to thermal power engineering, where hydrogen acts as an alternative to natural gas. Obviously, hydrogen obtained from methane cannot be such an alternative, since its production requires more energy than can then be obtained by burning it.

If we consider hydrogen obtained by electrolysis, then we must, firstly, compare it with methane, and, secondly, compare the sequence of processes electrolysis-transport-reproduction of energy with direct transmission of electricity.

Finally, we should compare the production of hydrogen by electrolysis for energy storage both with other methods of storage and with energy consumption balancing within large energy systems, in which the flow of electricity makes it possible to compensate for temporary surpluses (deficiencies) in local subsystems.

УДК 544.6.018.47-039.7

FLUORINATED ESTERS AS NEW COMPONENTS ELECTROLYTE FOR HIGH VOLTAGE LITHIUM BATTERIES

Petrovichev Aleksei Vladislavovich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, avpet@mail.ru.
Shmatova Olga Igorevna*
Researcher, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, O.Shmatova@skoltech.ru

Keywords: *esters; organofluorine compounds; electrolytes; lithium-ion batteries; sodium-ion batteries*

Nowadays, renewable sources are becoming more and more relevant, which largely depends on energy storage systems, which have a number of problems related to their electrolytes. These drawbacks include flammability, high voltage instability, degradation of electrolyte and/or capacity during cycling, and others.

There are examples of application of fluorinated esters as components for high-voltage lithium metal batteries and lithium-ion batteries.[1] We decided to choose an electrolyte for the promising NMC811||graphite system utilizing fluorinated esters. For this reserch we used several organofluorine esters (Fig. 1).

In this work new high-voltage electrolytes for lithium-ion batteries based on fluorinated esters were developed. It was found that for the stable operation of such electrolyte it is necessary to use 4-fluoro-1,3-dioxolan-2-one or 1,3-dioxolan-2-one to form SEI, whose formation prevents the solvent consumption at the anode.

In addition, electrolytes based on fluorinated solvents proved to be more stable at potentials above 4.3 V than commercial electrolytes.

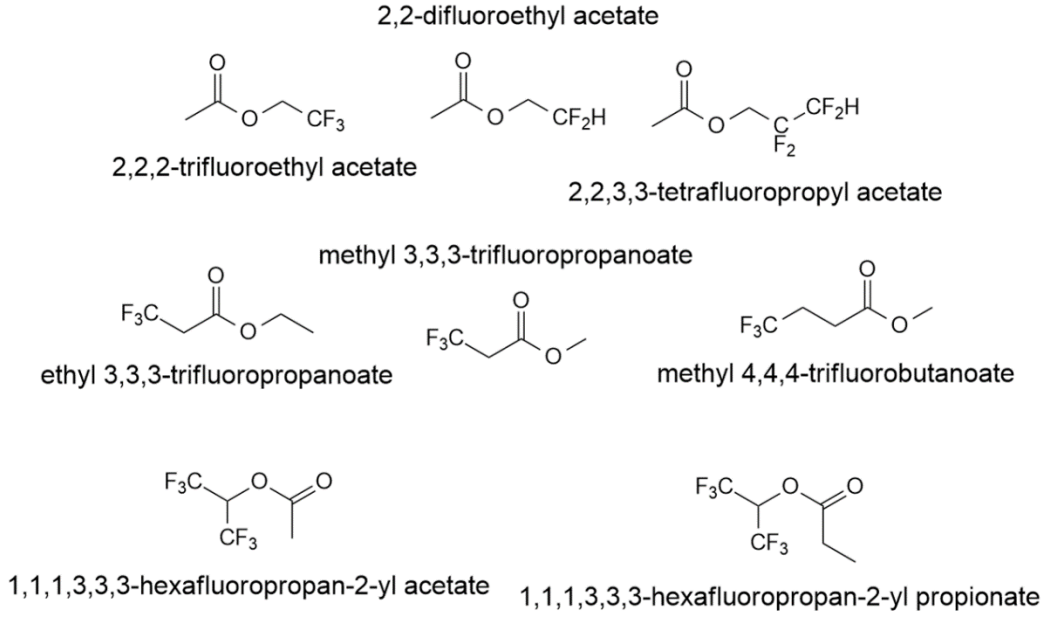


Fig. 1. List of used fluorinated esters

Goal 7: Ensure universal access to affordable, reliable, sustainable and modern energy sources for all.

Literature:

1. Zheng, Xiangzhen, et al. "Enhancing the high-voltage cycling performance of $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$/graphite batteries using alkyl 3, 3, 3-trifluoropropanoate as an electrolyte additive." *ACS applied materials & interfaces* 9.22 (2017): 18758-18765.

УДК 544.653.2/.3

ELECTROLYTE EFFECT ON THE CYCLING STABILITY OF PRUSSIAN BLUE ANALOGUES IN POLYETHYLENE GLYCOL/H_2O MIXTURES

Shekhova Sofya Alekseevna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, shehova.sa@gmail.com
Nikitina Victoria Andreevna*
Assistant Professor, Center for Energy Science and Technology, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia**,** v.nikitina@skoltech.ru

Keywords*: Prussian Blue analogues; reversible proton insertion; electrochemical window; eutectic solvents, cycling stability*

The increasing significance of grid scale energy storage demands the promotion of inexpensive and durable rechargeable batteries to store energy from intermittent sources. Alternative aqueous rechargeable batteries technologies based on reversible proton insertion could fill the niche of low cost and environmentally friendly energy storage due to better cyclability [1]. It was previously reported that Prussian blue analogues (PBA) demonstrate reversible insertion of protons during the redox of transition metals in PBA structures in solutions of divalent cations (Mg^{2+}, Ca^{2+}) chlorides and could be applied as cathode materials [2].

However, the width of the electrochemical window of aqueous solutions is too narrow for a high energy density proton battery, and the development of more stable electrolytes becomes highly desirable. The addition of polyethylene glycol (PEG-400) suppresses hydrogen evolution, widens electrochemical stability window due to molecular crowding effect and decreases freezing temperature, which is beneficial for low-temperature applications [3]. The aim of this work is to design an electrolyte which allows for a stable cycling of electrodes based on PBAs in PEG/water mixtures with a magnesium salt as an electrolyte.

According to the phase diagram, optimal molar ratio of water:PEG-400 is 40:60 [4], which provides the lowest freezing temperature (about -35° C) due to eutectic point. At the first stage, we studied the electrochemical behaviour of nickel hexacyanoferrate ($Na_2Ni[Fe(CN)_6]\cdot xH_2O$, NiHCF) and copper hexacyanoferrate ($Cu_3[Fe(CN)_6]_2]\cdot xH_2O$, CuHCF) in water/PEG-400 60:40 mixtures with 1 m $MgCl_2$ (Fig. 1a,b). Cyclic voltammograms (CVs) of NiHCF and CuHCF electrodes demonstrate reversible responses corresponding to insertion/deinsertion of protons in/out of PBA's structure. As the capacity values for NiHCF were low and a noticeable capacity decay was observed for CuHCF (Fig. 1c, d), we decided to increase the concentration of the electrolyte to 5 m $MgCl_2$. More stable cycling performance was observed for 5 m $MgCl_2$ electrolyte (Fig. 2a, b). Capacity values at the first cycle were 54 mAh/g and 58 mAh/g for NiHCF and CuHCF, respectively, and capacity decay after 10 cycles was 11% for NiHCF (Fig. 2c) and 14% for CuHCF (Fig. 2d). At the next stage, magnesium chloride was replaced with acetate in order to increase the buffering properties of the electrolytes and stabilize the local pH. As the solubility of magnesium acetate is lower than that of $MgCl_2$, the maximal concentration of the electrolyte was 2.5 m. CVs were registered in 1 m and 2.5 m solutions of $Mg(CH_3COO)_2$. NiHCF (Fig. 3a,d) demonstrated similar patterns as with $MgCl_2$ electrolyte salt, while charge redistribution and capacity decay was observed for CuHCF (Fig. 3b,f) (from 64 mAh/g to 50 mAh/g after 10 cycles in 1 m $Mg(CH_3COO)_2$ (22% loss) and from 53 to 41 mAh/g in 2.5 m $Mg(CH_3COO)_2$ (23% loss)). Capacity decay (Fig. 3c,f) for NiHCF was 15% (from 52 to 44 mAh/g) in 1 m and 10% (from 52 to 47 mAh/g) in 2.5 m $Mg(CH_3COO)_2$.

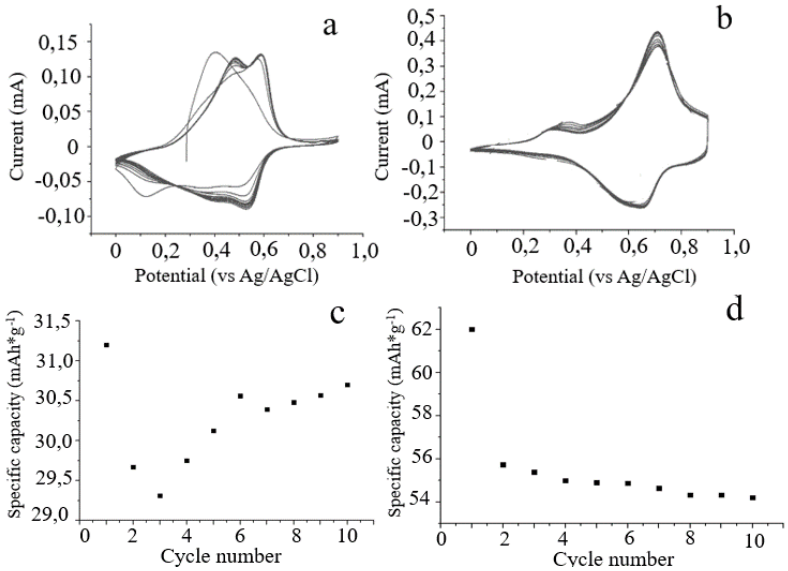


Fig. 1. CVs of electrodes based on NiHCF (a) and CuHCF (b) in water/PEG-400 mixture with 1 m $MgCl_2$ at 0.2 mV/s. Cycling performance for NiHCF (c) and CuHCF (d) at 0.2 mV/s.

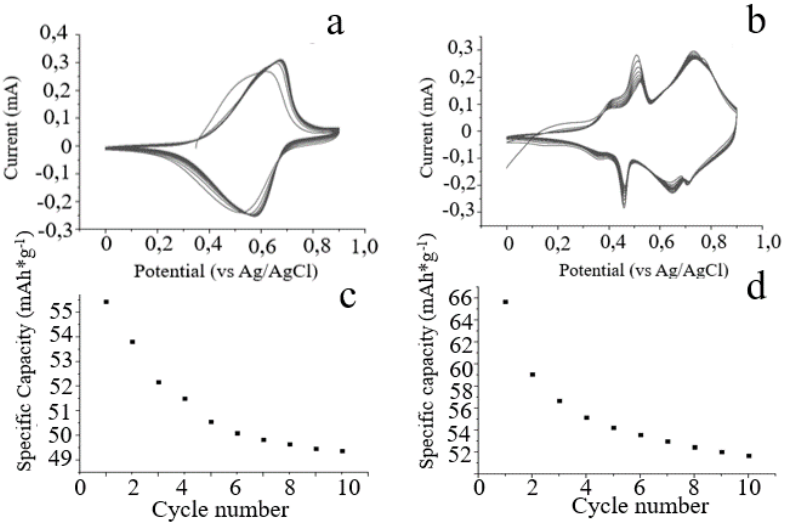


Fig. 2. CVs of electrodes based on NiHCF (a) and CuHCF (b) in water/PEG-400 mixture with 5 m $MgCl_2$ at 0.2 mV/s. Cycling performance for NiHCF (c) and CuHCF (d) at 0.2 mV/s.

We conclude that NiHCF in 2.5 m $Mg(CH_3COO)_2$ and CuHCF in 5 m $MgCl_2$ show the highest cycling stability. In further studies, the optimization of the electrolyte composition will be continued in order to achieve maximal cycling stability of the NiHCF and CuHCF electrodes in mixtures with PEG-400.

The study is aimed at achieving Goal 7: Ensuring universal access to inexpensive, reliable, sustainable and modern energy sources for all, and shows the prospects of replacing lithium-ion batteries with their more suitable analogues for large-scale energy storage.

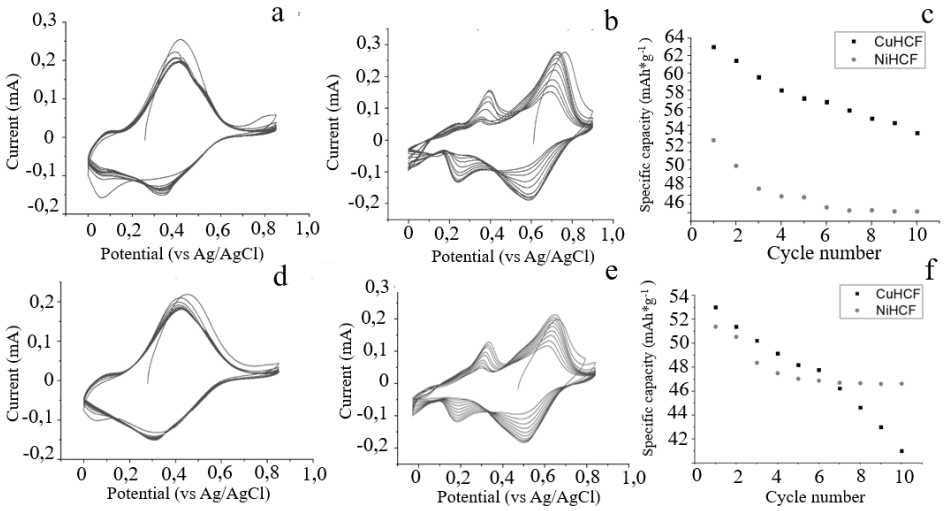


Fig. 3. CVs of NiHCF (a, d) and CuHCF (b, e) electrodes in water:PEG-400 with 1 m $Mg(CH_3COO)_2$ (a, b, c) and 2.5 m $Mg(CH_3COO)_2$ (d,e,f) at 0.2 mV/s. Cycling performance (c,f) for NiHCF and CuHCF at 0.2 mV/s.

Literature:

1. Y. Xu, X. Wu, X. Ji, Y. Xu, X. Wu, X. Ji. The Renaissance of Proton Batteries // Small Struct., 2021; 2(5):2000113. https://doi.org/10.1007/s40820-022-00864-y

2. A. Komayko, S. Ryazantsev, I. Trussov, N. Arkharova, D. Presnov, E. Levin, V. Nikitina. The Misconception of Mg^{2+} Insertion into Prussian Blue Analogue Structures from Aqueous Solution // ChemSusChem. 2021; 14(6):1574. https://doi.org/10.1002/cssc.202002916

3. Y. Guo, J. Gu, R. Zhang, S. Zhang, Z. Li, Y. Zhao, Z. Huang, J. Fan, Z. Chen, C. Zhi. Molecular Crowding Effect in Aqueous Electrolytes to Suppress Hydrogen Reduction Reaction and Enhance Electrochemical Nitrogen Reduction // Adv. Energy Mater. 2021; 11(36):2101699. https://doi.org/10.1002/aenm.202101699

4. Huang L., Nishinari K. Interaction between Poly(ethylene glycol) and Water as Studied by Differential Scanning Calorimetry // J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys. 2001; 39(5):496.

УДК 554.653.2/.3

RUDDLESDEN-POPPER OXIDES AS PROMOTING ELECTROCALYSTS FOR OXYGEN EVOLUTION REACTION IN ALKALINE MEDIA

Sinitsyn Pavel Alekseevich
PhD student, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, pavel.sinitsyn@skoltech.ru
Kuznetsov Vitaly Vladimirovich
Professor, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, vitkuzn1@mail.ru
Levchenko Sergey Vladimirovich*
Assistant Professor, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia, s.levchenko@skoltech.ru

Keywords: *pure hydrogen production; water splitting; Ruddlesden-Popper phases; oxygen evolution reaction; electrocatalysis; ultrasonic spray-pyrolysis; Sustainable Development Goals*

Ruddesden-Popper (RP) transition metal oxides with the general formula $A_{n+1}B_nO_{3n+1}$ are universal functional materials that can include a wide variety of compositions with compromising structural stability. Substitutions in A and B positions allow to precisely control of the functional properties of these materials. This opens up wide opportunities for rational crystallographic design. In particular, it has been demonstrated that some of these materials are effective and stable catalysts for the electrochemical reaction of oxygen release (OER) - one of the key processes in electrolyzers.

The aim of this work was to obtain a number of phases of the Ruddesden-Popper $LaSrM^1_{1-x}M^2_xO_4$ (M^1, M^2 – Fe, Co, Ni) from aqueous solutions of metal nitrates using the method of ultrasonic spray pyrolysis (USP) and to characterize their electrocatalytic activity in OER.

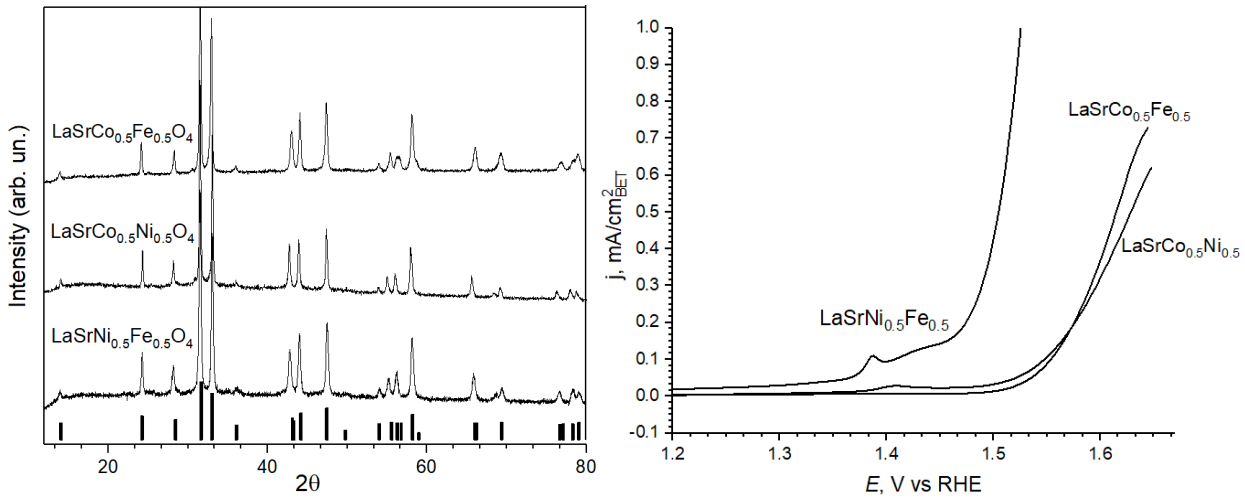


Fig.1. (a) X-ray diffraction patterns of compounds obtained by the USP method after annealing at 850℃ for 12 hours. b – linear voltammograms (anodic scans) of the obtained catalysts on VDE in the potential range of the onset of oxygen evolution. Rotation speed - 1600 rpm, solution - 5 M KOH, potential sweep rate 10 mV/s.

It was found that the phase purity of samples synthesized by the USP method is higher compared to samples obtained by solid-phase synthesis or precipitation from aqueous solutions followed by calcination, which were used in previous studies of perovskite systems [1]. Obtaining oxides directly from the liquid phase increases the uniformity of the distribution of metal cations and avoids further pressing at the annealing stage.

There are no peaks of impurity phases on the diffractograms of the obtained materials (Fig. 1a). The reflexes of the synthesized RP phases coincide well with the reference from the JCPDS database (#01-075-5726) and correspond to the layered structure with the space group $I_{4/mmm}$ after substitution with various transition metals in the B-position. However, the exact positions of the most intense peaks (31.7–33.1 of angle 2θ) differ slightly for $LaSrNi_{0.5}Fe_{0.5}O_4$, $LaSrCo_{0.5}Fe_{0.5}O_4$ and $LaSrCo_{0.5}Ni_{0.5}O_4$, probably due to the difference in the ion radii of Fe^{3+} (0.645 Å), Co^{3+} (0.615 Å) and Ni^{3+} (0.60 Å).

It was found that $LaSrNi_{0.5}Fe_{0.5}O_4$ (LSNF) oxides are sufficiently active in the OER in a 5 M KOH solution: the current density at an overvoltage of 0.27 V is 0.5 mA/cm^2 of the true surface, which is comparable to the activity of noble metals [2].

Moreover, it was found that at a potential of 1.55 V (RHE), the current density does not significantly change for 2 hours under the conditions of a potentiostatic experiment. Thus, the conducted studies allow us to draw preliminary conclusions about the prospects of the obtained catalysts for use in alkaline electrolyzers.

The research is aimed at achieving Goal 7: Ensuring universal access to affordable, reliable, sustainable and modern energy sources.

The work was supported by the Russian Science Foundation, project № 21-13-00419.

Literature:

1. Bhowmick S., Dhankhar A., Sahu T.K., Jena R., Gogoi D., Peela N.R., Ardo Sh. Qureshi M., Low Overpotential and Stable Electrocatalytic Oxygen Evolution Reaction Utilizing Doped Perovskite Oxide, $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$, Modified by Cobalt Phosphate // ACS Appl. Energy Mater. 2020; 1279–1285.

2. Zagalskaya A., Alexandrov V., Role of Defects in the Interplay between Adsorbate Evolving and Lattice Oxygen Mechanisms of the Oxygen Evolution Reaction in RuO_2 and IrO_2 // ACS Catal. 2020; 10; 3650–3657.

УДК: 66.085.2

STUDYING DIFFERENT ENCAPSULATION LAYERS FOR SOLAR MODULES BASED ON COMPLEX LEAD HALIDES

Zagorovskaya Ksenia Denisovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, zagga.k@yandex.ru
Boldyreva Alexandra Gennadievna *
Ph.D. Research scientist, Center of Energy Science and Technology, Skoltech, a.boldyreva@skoltech.ru

***Keywords**: perovskite solar cells; encapsulation; stability*

Nowadays development of highly effective alternative energy sources is topical in terms of solution of environmental problems. Perovskite solar cells is one of the fastest developing photovoltaic technologies that set the records in many aspects of material science. Many of complex lead halides have outstanding electronic properties, tunable bandgap, high absorption coefficient, remarkable power conversion efficiencies currently beyond 25% [1] and defect tolerance, which make them easy to fabricate from solution. Simple and cheap in fabrication, this technology has a great chance to replace expensive and bulky silicon or at least find its own niche on the energy market. One of the main challenges yet to be solved by material scientists is to achieve operation lifetime of PSCs as long as of commercial leaders based on Si, GaAs, and CIGS (copper indium gallium selenides) light absorbers. One of the most commonly used material is methylammonium lead iodide $MAPbI_3$ (MAPI). It was shown that $MAPbI_3$ is thermally unstable at 60^0C and is prone to degradation by humidity[2][3]. MAPI's decomposition in two ways can be described by the following reactions [4]:

$$MAPbI_3 \rightarrow CH_3NH_2 + HI + PbI_2 \; MAPbI_3 \rightarrow CH_3I + NH_3 + PbI_2$$

Good news that decomposition of MAPbI3 is reversible if all decomposition products are kept under encapsulation.

Encapsulation of the devises plays the key role in extrinsic stability. Depending on type of encapsulating layer and encapsulation method, the operation lifetime of PSCs can be significantly prolonged. There are many encapsulation materials for different photovoltaic technologies presented in literature: various epoxies, ethylene vinyl acetate (EVA), polyvinyl butyral (PVB), polyethylene terephthalate (PET) etc. [5] The aim of the present study is to find suitable effective method for solar modules based on complex lead halides.

Encapsulation material should protect cells from ambient environment, elevated temperatures and prevent evaporation of volatile degradation products. It should also be adhesive and preferably transparent and do not chemically interact with any compounds of solar cell. In our research we studied thermal stability of $MAPbI_3$ film covered with encapsulating layer (parylene and polyisobutyl rubber PIB). Parylene is known for its good barrier properties: resistance to external influences, low water vapor transmission rate [6]. Among the flaws can be identified its poor adhesion. PIB have a low water vapor transmission rate, low application temperature, and low cost, so it could be an ideal encapsulant for PSCs [7]. However, PIB rubber typically has black color, which limits its application in multijunction solar cells. In this study, film of $MAPbI_3$ perovskite was covered with encapsulator and then subjected to elevated temperatures (85^0C) in inert atmosphere. Parylene film of varying thickness was sequentially deposited on the top of the $MAPbI_3$ layer using a vapor-deposition technique. The XRD was used for checking the stability of perovskite layer. Fig. 1 shows the XRD measurements for substrates with different palylene layer's thickness: 40 nm (a), ~150 nm (b) and ~300 nm (c).

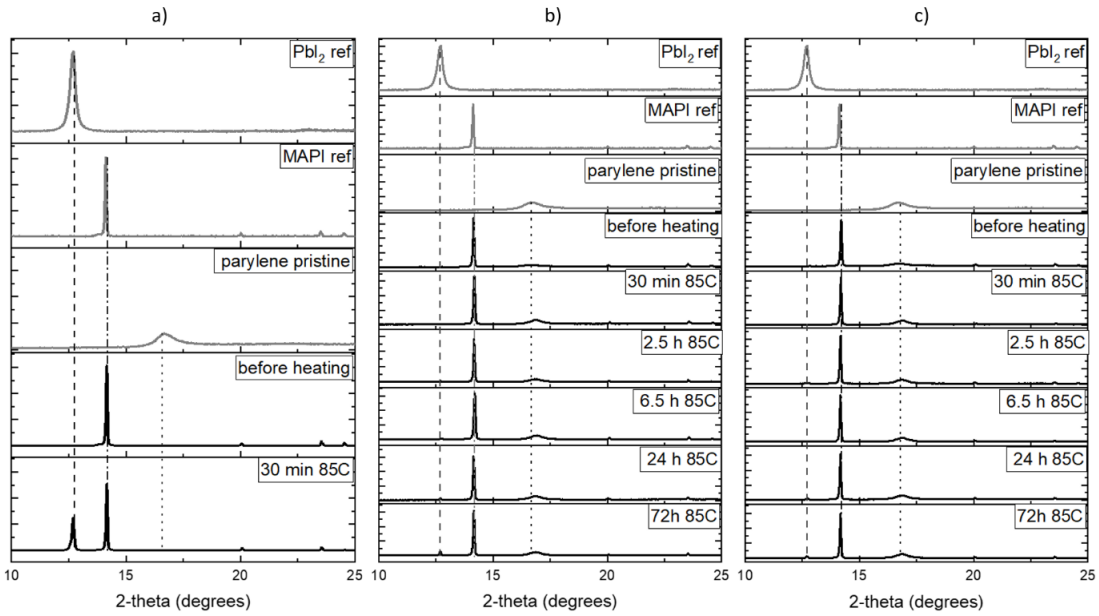


Fig. 3. XRD spectra of substrates with a) 40 nm b) 150 nm c) 300 nm parylene film during degradation at elevated temperature (85 ºC) in inert atmosphere

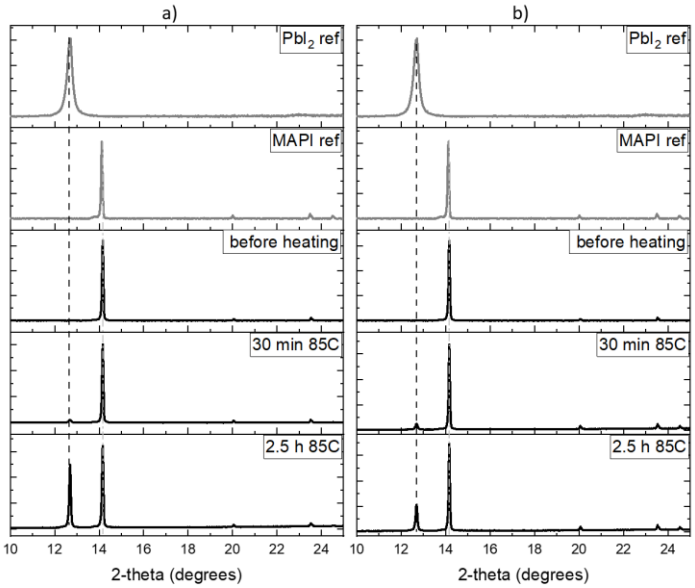


Fig. 4. XRD spectra of substrates with a) ~700 nm b)~1 µm PIB film during degradation at elevated temperature (85 ºC) in inert atmosphere

Experimental data shows that with growing parylene thickness the stability of perovskite film is improving. On films with 40 nm parylene PbI2 phase forms already after 30 min of thermal stress. Films with 150 and 300 nm of parylene starts to decompose only after 2 days of thermal stress. PIB was dissolved in hexane (56 mg/ml). The solution was filtered and spin-coated at 4000 rpm and 2000 rpm. Film's was determined later using AFM. Fig. 2 shows the XRD measurements for substrates with different PIB film's thickness: ~700 nm (a) and ~1 µm (b). It is clear that perovskite stability depends on PIB film thickness. Perovskite under thicker film withstands thermal stress better than non-encapsulated (Fig. 3). According to the results, it can be said that parylene and PIB increase thermal stability of perovskite layer (Fig.2 and Fig.3) however further optimization of film thickness is required to achieve longer stability, especially for PIB encapsulant. Other types of encapsulation will be studied later in this research, as well as the stability of encapsulated solar cells.

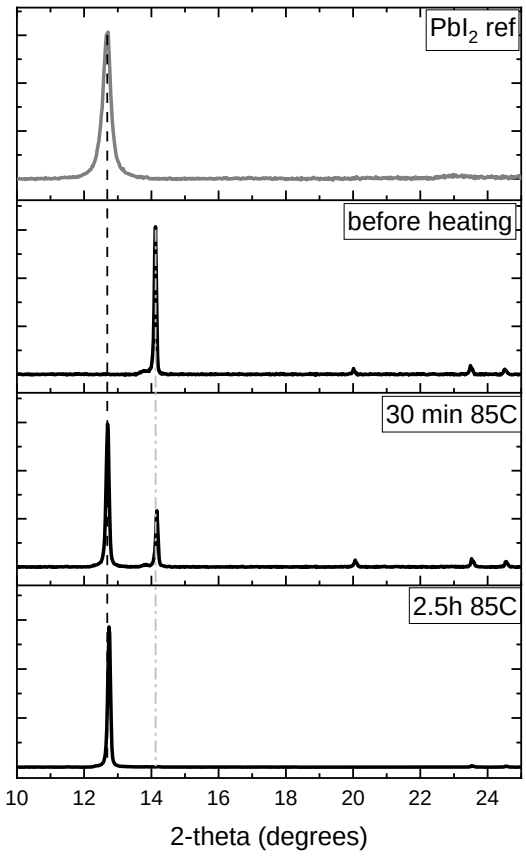


Fig. 5 XRD spectra of MAPbI3 during degradation at elevated temperature (85°C) in inert atmosphere

The study is aimed at achieving Goal 7: Ensuring universal access to inexpensive, reliable, sustainable and modern energy sources for all, and shows the prospects of development highly effective alternative energy sources.

Literature:

1. 'Best Research-Cell Efficiency Chart'. https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html (accessed Apr. 03, 2023).
2. B. Conings *et al.*, 'Intrinsic Thermal Instability of Methylammonium Lead Trihalide Perovskite', *Adv. Energy Mater.*, vol. 5, Jun. 2015, doi: 10.1002/aenm.201500477.
3. J. Yang, B. D. Siempelkamp, D. Liu, and T. L. Kelly, 'Investigation of CH3NH3PbI3 Degradation Rates and Mechanisms in Controlled Humidity Environments Using in Situ Techniques', *ACS Nano*, vol. 9, no. 2, pp. 1955–1963, Feb. 2015, doi: 10.1021/nn506864k.
4. 'Photodecomposition and thermal decomposition in methylammonium halide lead perovskites and inferred design principles to increase photovoltaic device stability - Journal of Materials Chemistry A (RSC Publishing)'. https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/ta/c8ta03501f (accessed Apr. 04, 2023).
5. Y. Wang *et al.*, 'Encapsulation and Stability Testing of Perovskite Solar Cells for Real Life Applications', *ACS Mater. Au*, vol. 2, no. 3, pp. 215–236, May 2022, doi: 10.1021/acsmaterialsau.1c00045.
6. H. Kim *et al.*, 'Enhanced Stability of MAPbI3 Perovskite Solar Cells using Poly(p-chloro-xylylene) Encapsulation', Sci. Rep., vol. 9, no. 1, Art. no. 1, Oct. 2019, doi: 10.1038/s41598-019-51945-9.
7. 'Gas chromatography–mass spectrometry analyses of encapsulated stable perovskite solar cells | Science'. https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba2412 (accessed Apr. 03, 2023).

УДК 544.653

CORROSION AND ELECTROCATALYTICAL PROPERTIES OF Pd-Mo ALLOY PREPARED BY ELECTRODEPOSITION

Zhulikov Vladimir Vladimirovich
Ph.D. in chemistry, Faculty member, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, Senior researcher, Alexander Frumkin Institute of physical chemistry and electrochemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, vladimirzh91@gmail.com
Kuznetsov Vitaly Vladimirovich
Ph.D. in chemistry, Professor, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, Senior researcher, Alexander Frumkin Institute of physical chemistry and electrochemistry of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, vitkuzn1@mail.ru

Keywords: *palladium; molybdenum; electrocatalysis; electrodepositon; corrosion resistance*

Palladium and palladium-containing materials are in demand in the technology of electrodes for low-temperature fuel cells [1]. Pd-based alloys are promising as cathode catalysts for the oxygen reduction reaction (ORR) since their activity in this reaction is comparable to that of platinum electrodes. PdMo electrodes exhibit a stable catalytic effect towards ORR in both acidic and alkaline [2] solutions. It was suggested that it is due to the synergistic effect of Pd and Mo. Pd-Mo catalysts with a core-shell structure, were studied in [3]. They demonstrated high catalytic activity in oxygen reduction (ORR) and hydrogen evolution (HER) reactions. The corrosion resistance of palladium alloys with other metals (PdM) is of particular interest from the point of view of the possibility of electrocatalytic applications. The mechanism of this process is still the subject of discussion. Therefore, the aims of this work were: 1) collection of data on the corrosion resistance of electrolytic deposits of PdMo; 2) determination of the catalytic activity of PdMo electrolytic deposits in the reactions of formic acid and methanol electrooxidation.

PdMo alloys were deposited onto the surface glassy carbon electrodes from acetate solutions. The deposits contained 22 ± 2 at.% Mo. The anodic and cathodic dissolution of PdMo alloys was studied in a 0.5 M solution of H_2SO_4 at the different polarization modes (Fig. 1).

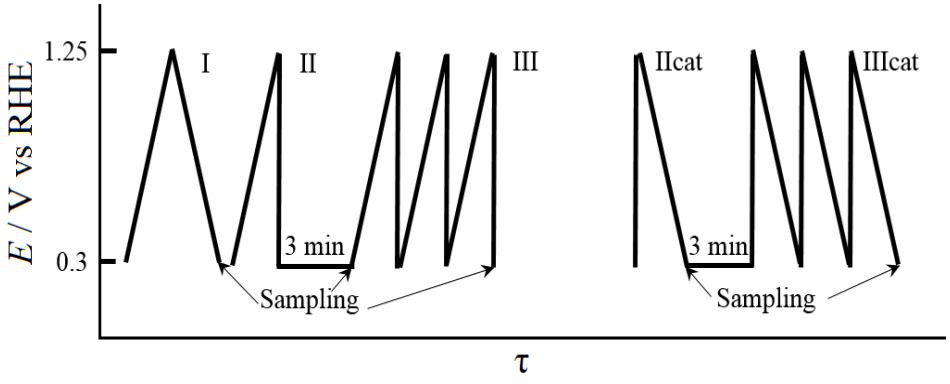


Fig. 1 Programs of scanning electrode potential used in the present work.

The determination of the amounts of dissolved Pd and Mo in order to reveal the effect of Mo additives on the corrosion resistance of palladium deposits was carried out by the chemical analysis of the solutions after recording slow-rate cyclic voltammograms, anodic and cathodic half-cycles. It was found that the specific solubility of palladium from PdMo electrodeposits is ~ 1.5 times less than that from the individual palladium electrodeposit. It was found that the dissolution rate of Mo from PdMo electrodeposits is unexpectedly low. It

can be assumed that such an unusual behavior of electrodeposited PdMo may be due to the very high binding energy of Pd–Mo. It has been found that the presence of Mo on the Pd surface has an inhibitory effect on the rate of formic acid oxidation reaction and a promoting effect on the methanol oxidation reaction. This is due to the oxophilicity of Mo.

Study aims to achieve goal 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy.

Literature:

1. Antolini E. Palladium in fuel cells catalysis // Energy Environ. Sci. 2009. №2. P. 915.
2. Grden M., Łukaszewski M., Jerkiewicz G., Czerwinski A. Electrochemical behavior of palladium electrode: Oxidation, electrodissolution, and ionic adsorption // Electrochimica Acta. 2008. Vol. 53. P. 7583.
3. Cao Ch., Liu X., Liu Q., Synthesis of nanostructured PdMo electrocatalysts for oxygen reduction reaction in fuel cells // Adv. Mater. Res. 2013. V.785-786. P.390.

Секция

«Окружающая среда и устойчивое развитие»

Председатель

д. т. н., проф. Владимир Алексеевич Кузнецов

Секретари

к. х. н. Ефрем Георгиевич Кривобородов

Андрей Николаевич Федосеев

УДК [621.331::629.331]: 551.583

SCENARIO ANALYSIS OF ELECTRIC CARS DEPLOYMENT FOR URBAN DECARBONIZATION: A BOTTOM-UP MODEL FOR THE ITALIAN AUTOMOTIVE SECTOR

Bianco Vincenzo
Full Professor, Parthenope University of Naples, Naples, Italy, vincenzo.bianco@uniparthenope.it
Zanin Alexey Andreevich
Associate Professor, UNESCO Chair in Green Chemistry for Sustainable Development, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, zanin.a.a@muctr.ru
Tolstov Maxim Alexandrovich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, neomaxjpeg@gmail.com

Keywords: *decarbonization; fuel efficiency; electric vehicles; sustainable mobility; E-cars; energy modelling; e-mobility.*

The electrification of the road transport sector is a crucial component to the global effort of urban decarbonization [1]. As transportation is responsible for a significant amount of carbon emissions, reducing these emissions from the transportation sector is to meeting climate goals [2]. Electric cars are a promising solution as they emit significantly fewer pollutants than traditional gasoline-powered vehicles and shows a significant potential for the reduction in energy demand [3]. The progressive electrification of the transport fleet will put a burden on the power system of several countries that will need to increase the share of renewables and decrease fossil fuel consumption [4]. However, the transport electrification represents an opportunity to achieve the sustainability goals thanks to the improvement of the electricity generation from hydropower maximizing the plants efficiency [5] without affecting the natural environment [6].

To assess the potential impact of electric cars on the energy transition in the long term, a scenario analysis was conducted using the Long-range Energy Alternative Planning platform. The study focused on the Italian automotive sector and employed a unique bottom-up model that provided a detailed description of the car stock [7], comprising twenty-eight categories of cars segmented by fuel, engine displacement, and fuel efficiency [8]. The model's applicability is not limited to Italy but can be applied to any European Union country.

The simulations showed that deploying electric cars could lead to a significant reduction in energy consumption and emissions. Specifically, the study estimates that energy consumption could decrease by up to 23%, and emissions could be reduced by a considerable amount. Furthermore, the model's effectiveness was demonstrated through three different scenarios in terms of penetration of electric vehicles – 10%, 20%, and 40% [9].

The study also analyzed the impact of electric cars on the Italian electricity system, given the projected increase in the number of cars until 2030. A detailed bottom-up energy model of the Italian car fleet was developed; analyzing the fleet in terms of energy consumption, carbon emissions, and externalities costs. The analysis suggested that the introduction of electric cars would always lead to primary energy savings, with increasing penetration rates corresponding to a decrease in primary energy consumption, carbon emissions, and better energy balance [10].

Overall, the study demonstrates the necessity of the electrification of the road transport sector and the potential impact of electric cars on urban decarbonization. The model's unique approach provides a valuable tool for policymakers and stakeholders to assess the impact of

electric vehicles in their respective countries and implement effective policies to facilitate the transition to sustainable mobility.

Study aims to achieve Goal 13: Take urgent action to combat climate change and its impacts.

Literature:

1. D. Li, W. Chen. TIMES modeling of the large-scale popularization of electric vehicles under the worldwide prohibition of liquid vehicle sales // Applied Energy. 2019; 254:113627.
2. Goal 13: Take urgent action to combat climate change and its impacts. United Nations Sustainable Development Goals. https://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change/
3. D. García-Gusano, T. O'Mahony, D. Iribarren, J. Dufour. Lessons for regional energy modelling: enhancing demand-side transport and residential policies in Madrid // Regional Studies. 2019; 53(6):826.
4. V. Nimesh, D. Sharma, V. M. Reddy, A. K. Goswami. Implication viability assessment of shift to electric vehicles for present power generation scenario of India // Energy. 2020; 195:116976.
5. Kuriqi, A. N. Pinheiro, A. Sordo-Ward, L. Garrote. Flow regime aspects in determining environmental flows and maximising energy production at runof-river hydropower plants // Applied Energy. 2019; 256:113980.
6. N. Suwal, X. Huang, A. Kuriqi, Y. Chen, K. P. Pandey, K. P. Bhattarai. Optimisation of cascade reservoir operation considering environmental flows for different environmental management classes // Renewable Energy. 2020; 158:453.
7. 16th report on the Italian mobility // ISFORT (Istituto Superiore Formazione e Ricerca per i Trasporti). Rome. 2019.
8. S. Abd Alla, V. Bianco, L. A. Tagliafico, F. Scarpa // Energy. 2021; 221:119882.
9. S. Abd Alla, V. Bianco, F. Scarpa, L. A. Tagliafico. The impact of e-mobility on the Italian electricity system // Transportation Research Procedia. 2020; 48:2031.
10. G. Cerruti, M. Chiola, V. Bianco, F. Scarpa. Impact of electric cars deployment on the Italian energy system // Energy and Climate Change. 2023; 4:100095.

УДК 664.631

THE PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF INTERNATIONAL STANDARDS GLOBAL G.A.P. IN AGRICULTURE

Khalilova Saida Usmonjanovna
Doctoral student of Tashkent state agrarian university, Andizhan region, Uzbekistan saidaroziya@gmail.com
Xurmatov Yuldashali Ergashaliyevich*
Teacher of Andizhan Institute of agricultural and agrotechnologies, Andizhan region, Uzbekistan,Mehr1183@ru

Keywords: *Global G.A.P.; Experts; safe product; International standards;sertificate*

Global G.A.P. (Good Agricultural Practice) – The best agricultural practice. It is the first level standard for the production of agricultural products, from the time of planting agricultural crops to the harvesting of products. The international system of quality and safety standards applied in the production of agricultural products. It is used at enterprises involved in crop production, animal husbandry, aquaculture and feed production. The GLOBALG.A.P. standard assumes a certain number of risk assessments that need to be undertaken in order to promote food safety, employee health and environmental protection.

The Global G.A.P standard takes into account and controls microbiological, chemical, radiation contamination and mechanical contamination of products. Today, the main engine of the GlobalGAP standard is retail chains, processing enterprises and catering enterprises. The guarantee of the safety of products offered to consumers is one of the main requirements. For example, the key condition for the products purchased from the vast majority of European supermarkets is compliance with its Global G.A.P requirements.

For food producers, it is necessary to have a certified safety management system confirming that they grow and supply safe and healthy products to the market. Producers should use production methods that reduce the impact of agriculture on the environment, minimize the use of chemicals, effectively use natural resources, while taking care of workers, farm animals and marine life.

Thus, the GLOBALGAP certification shows the manufacturer's commitment to good (proper) farming and fish farming practices. GLOBALGAP certification has become a prerequisite for access to the international market.To date, 1,276 standards related to the agricultural sector have been implemented (893 of which are harmonized with international standards, 70%). 309 of them are international and 6 are standards of foreign countries.On September 19, 2018, [1] an initial memorandum was signed between the Uzstandart agency, the Republican Center for Testing and Certification, and the Italian company Rina Simtex [2,3,4]. Italian company Global G.A.P. In Uzbekistan began to help in the practical implementation of national personnel training and certification in accordance with. According to experts' assessment, the world market of organic products has grown by an average of 15 percent per year over the past 5 years, and in 2022, the trade turnover is forecast to reach 212 billion USD dollars (20 percent of the total volume of world agricultural production).

According to the Institute for Organic Agriculture Research (FiBL), 103 countries around the world have passed laws on organic agriculture, and another 6 countries are developing laws [1]. In the 2019 edition of the statistics of world organic agriculture, the Republic of Uzbekistan is included among the 10 countries in the world with favorable conditions for growing fruit, and it is noted that our republic has favorable land areas for organic fruit production.

In 2017-2019, a total of 1,848 tons of organic raisins were grown by "Sunny Fruit Production" LLC in our republic, which were exported to the Russian Federation, France,

Germany, the Netherlands, Italy, and Greece at prices 14.7% higher than the traditional type of raisins and 4.1 times higher [2]. More net profit received.

Global G.A.P. (Good Agricultural Practice) – The best agricultural practice. It is the first level standard for the production of agricultural products, from the time of planting agricultural crops to the harvesting of products. If it is in animal husbandry, it is a standard that covers all production processes from the time of starting production to the state of intermediate products (feeding and slaughtering). The GLOBAL GAP standard was established in Germany in 1997 and is now widely distributed around the world. According to last year's information, the GLOBAL GAP standard was introduced in 124 countries of the world. In these countries, more than 180,000 large firms and enterprises producing agricultural products and engaged in food trade have certificates.

Worldwide Global G.A.P. We can see that the number of organizations that have received a certificate by introducing the standard is growing year by year. GLOBAL G.A.P. It is currently the most important standard that serves to minimize food safety threats in exporting enterprises.Therefore, this standard is an important standard in the field of agriculture currently [5,6].

In addition to the continuous supply of food, it is an important task for every country to search for consumers in the world market, to meet their requirements, to organize quality products, quality packaging and care services, and most importantly, to ensure that it is safe for human health. This country serves to raise its economic indicators and make its national name known in the world community.

In this regard, representatives of agriculture should grow, store and process products in accordance with the requirements of international standards. We can see that the number of organizations receiving a certificate in the cultivation and processing of safe agricultural products around the world is growing every year due to the introduction of the international standard of GLOBAL G.A.P in agriculture.

Literature:

1. Ismatullaev F.R., Parpiev M.P. Ismoilov B.H. "Waste treatment". Educational guide. T. THTI. 2019. 48 s
2. Abduvaliev A.A., “Metrology, standardization and certification" Vostok " 2018.607-B. Educational guide.
3. P.R.Ismatullaev, P.M.Matyakubova, A.Turaev, “Standardization” T. 2019, 333b. Educational guide.
4. Parpiev M.P. Rakhmonova G.S., Inogamova N.S., “Internatinal standards”. Onkuv kulanma. “Top Image Media”. 2014. 125 b. Educational guide.
5. Parpiev M.P. Abdurakhmonova O.H., Nazarov A.M. Asilova F.M., "Standardization of the basis".. 2020 yil 80 B. Educational guide.

УДК

CLIMATE CHANGE ADAPTABILITY: REVIEW OF THE EFFECTS OF DEFORESTATION IN NIGERIA

Obed Kohol Niambe
MSc Student, Ecology, First Year, RUDN University, Moscow, Russia, 1032225329@pfur.ru
Eucharia Chisom Nnoli
MSc Student, Ecology, First Year, RUDN University, Moscow, Russia, 1032225306@pfur.ru
Godspower Oke Omokaro
MSc Student, Ecology, First Year, RUDN University, Moscow, Russia, 1032225307@pfur.ru
Zipporah Simiyu Nafula
MSc Student, Ecology, First Year, RUDN University, Moscow, Russia, 1032229110@pfur.ru
Vladimir Pinaev*
Cand.Sc.Econ., Docent, Department of Environmental Safety and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, RUDN University, Moscow, Russia, pinaev-ve@rudn.ru

***Keywords*:** *deforestation; climate change; carbon sinks; conservation; biodiversity; greenhous gas; sustainability*

This article discusses the role of forest in global climate change adaptability and reviews the effects of deforestation in Nigeria focusing on the causes, consequences and possible solutions [3]. Forest serves as carbon sinks, absorbing carbon dioxide from the atmosphere and storing it in their biomass and soils, making conservation and restoration crucial for mitigating the effects of climate change [2]. Nigeria is one of the countries in the world with the highest deforestation rates.

Deforestation in Nigeria is driven by various factors, including agriculture, logging, fuelwood and charcoal, leading to the loss of biodiversity, soil erosion, reduced water availability and increased greenhouse gas emissions [4]. To promote global climate change adaptability in Nigeria, sustainable forest management should be made to address the root cause of deforestation [1]. The conservation and restoration of forest are essential for promoting sustainability and resilience in the face of climate change [5].

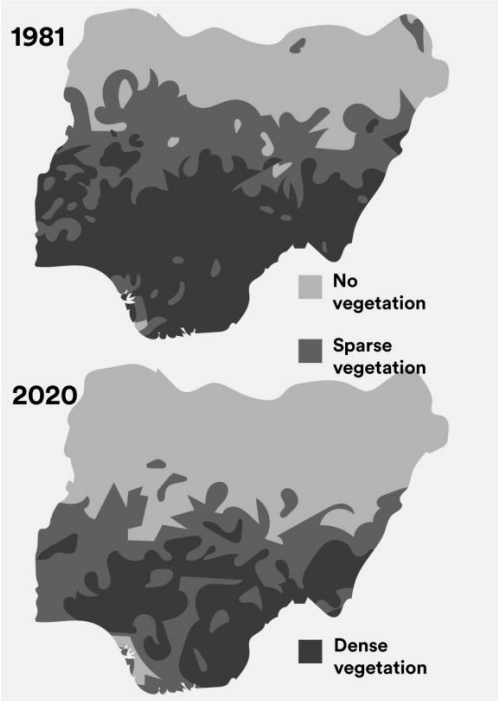


Fig. 1: Deforestation rate in Nigeria

Fig. 2. Sustainable Development Goals

Study aims to achieve Goal 13 and 15: Climate Action and Life on Land

Literature:

1. Abood, S. A., Lee, J. S. H., Burivalova, Z., Garcia-Ulloa, J., & Koh, L. P. (2015). Relative contributions of the logging, fiber, oil palm, and mining industries to forest loss in Indonesia. Conservation Letters, 8(1), 58-67.
2. FAO. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
3. Legg, S. (2021). IPCC, 2021: Climate Change 2021 - the Physical Science basis. Interaction, 49(4), 44–45. https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.315096509383738
4. Maijama'a, R., Musa, K. S., Saleh, Z. M., & Garba, A. (2020). Assessing the drivers of deforestation in Nigeria: Evidence from fully modified ordinary least squares. International Journal of Research and Innovation in Social Sciences, 4(5), 466-473.
5. Ogundele, A. T., Oladipo, M. O., & Adebisi, O. M. (2016). Deforestation in Nigeria: The needs for urgent mitigating measures. International Journal of Geography and Environmental Management, 2(1), 15-26.

УДК

INTEGRATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS), GULLY EROSION, AND WATER QUALITY DATA IN PROMOTING SUSTAINABLE PRACTICES; A CASE STUDY OF EBENATO, NNEWI SOUTH, ANAMBRA STATE, NIGERIA

Okeke Solomon Ekene
Student, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
solomonekene.o@gmail.com, 1132215006@rudn.ru
Didi Chekwube Nnamdi
Student, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
1132215003@rudn.ru
Nwobi Nelson Onyebuchi
Student, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
Keywords**:** *GIS, sustainability, gully erosion, water quality*

The unsustainable practices by the locals of Ebenato Town, Nnewi South Local Government Area, have created a huge environmental degradation challenge which is devastating the town. The study was aimed at investigating the major reasons for the escalation of the gully site using approaches such as geographic information system (GIS) for reconnaissance survey, field mapping, and laboratory analysis. From the field studies, we noticed that Ebenato town is situated on a porous sandstone ridge, making it susceptible to gully erosion processes due to the weak nature of the substratum (soil). Two factors such as natural and anthropogenic factors played major role in the widening of the gully. The natural factors includes the climate (prolonged rainfall), the vegetation (trees with tap roots dislodging the soil), the topography (sandstone ridge), and the geology (very loose soil). However, the anthropogenic factors can be attributed to the unsustainable practices by the locals such as making ridges along slope (giving a leeway for rapid flow of water during runoffs and prolonged rainfall), the dumping of municipal solid wastes (MSW) containing hard objects like metals, bottles and some plastics also worsens the situation of the gully. These wastes impact the various water resources negatively especially the river which was seen to contain some heavy metals from the water quality analysis. The other sources such as spring and borehole requires proper treatment due to the presence of coliform bacteria and E.coli. Hence, they are not potable and fit for consumption unless they are properly treated. We recommend that the locals stop disposing wastes in the gully to ensure that the water quality (groundwater and surface water) is free from contaminants and fit for consumption. Furthermore, we recommend that ridges for cultivation be made across slope to ensure that the soil does not get washed off during prolonged rainfall. These two practices will promote sustainability once there is strict compliance. Finally, establishing legislation and enacting fines will checkmate the rate of compliance in the town and increase sustainable practices among the locals.

The nations of sub-Saharan Africa are facing challenging environmental degradation resulting in desert encroachment, drought, and soil deterioration due to either wind impact or very high-intensity rainfall resulting in heavy runoff and soil loss. The problems have adversely impacted agricultural productivity and thus heaved mistrust in food protection in the zone. The ecological and anthropogenic systems are disturbed, leading to losses in human and material capital. [1], opined that the most significant hazard to the environment of south-eastern Nigeria is the incremental but steady degradation of the landmass by water. Although the nascent stages of soil erosion through rain drop or splash, sheet, rill, and are efficiently controlled by individuals through suggested soil conservation techniques, the gully forms

have assumed a different dimension such that concessions and scarce arable land are in danger. However, it is essential to know that gully erosion concerns have become a hot potato among soil scientists, ecologists, geoscientists, engineers, and social scientists [1]. According to [1], about 1.6% of the entire land area of eastern Nigeria is devastated by gullies. [2], indicated that the fourth stage of erosion (gully erosion) is the most physically identified in Nigeria because of the impression they leave on the earth's surface. The land is precious and crucial for every living thing on earth to thrive. The Sustainable Development Goals (SDGs) are the methods proposed by the United Nations in 2015. These SDGs aim to build and attain a more profitable and sustainable future. The increase in pressure on land is highly likely to transpire to fulfil the SDGs related to food, health, water, and climate [3]. Recent demographic studies and projected growth in the global population (to exceed nine billion by 2050) are estimated to result in a 60% increase in demand for food, feed, and clothing [4]. However, to satisfy the need to achieve a sustainable generation in terms of no deprivation, zero starvation, healthiness, and well-being, the land is explored to meet all these needs through agribusiness and development. Exploration of the land has produced land degradation concerns. Therefore, there is a pressing necessity to halt land degradation and establish frameworks for sustainable land systems [4]. Soil erosion is a global concern and is one of the major issues in many countries. This concept generally refers to the devastation of soil by the movement of natural phenomena (such as the agents of denudation like running water, wind, sea wave, and glacier) and human-made factors (intensive and extensive agriculture) operating in conjunction [5]. According to [6], in the first category, soil erosion occurs under normal conditions for millions of years and is the means for new soil formation. However, accelerated soil erosion occurs due to human activities like deforestation, overgrazing, and non-suitable farming practices where soil loss is much more than its formation. Soil erosion impacts agricultural production, quality of source water, and ecosystem health in terms of aquatic and land environments [7]. Factors such as the nature of the substratum, topography, climate, and vegetation contribute to soil erosion.

Literature:

1. Igwe, C. A. (2012). Gully Erosion in Southeastern Nigeria: Role of Soil Properties and Environmental Factors. InTech. doi: 10.5772/51020
2. Okereke, C. N., Onu, N. N., Akaolisa, C. Z., Ikoro, D. O., Ibeneme, S. I., Ubechu, B. (Mrs), Chinemelu, E. S. (Mrs) and Amadikwa, L. O., (2012). Mapping Gully Erosion Using Remote Sensing Technique: A Case Study of Okigwe Area, Southeastern Nigeria. Vol. 2, Issue 3, , pp.1955-1967
3. Keesstra, S., Mol, G., De Leeuw, J., Okx, J., Molenaar, C., De Cleen, M., Visser, S., (2018). Soil-Related Sustainable Development Goals: Four Concepts to Make Land Degradation Neutrality and Restoration Work. *Vol. 7,* 133. https://doi.org/10.3390/land7040133
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). Sustainable development goals for land and soils. Retrieved from http://www.fao.org/ sustainable-development-goals/overview/fao-and-the-post-2015- development-agenda/land-and-soils/en/
5. Chu, E., and Karr, J., (2017). Environmental Impact: Concept, Consequences, Measurement. 10.1016/B978-0-12-809633-8.02380-3.
6. Chu & Karr (2016), Chu EW, Karr JR. Environmental Impact: Concept, Consequences, Measurement. Reference Module in Life Sciences. 2017:B978-0-12-809633-8.02380-3. doi: 10.1016/B978-0-12-809633-8.02380-3. Epub 2016 Oct 31. PMCID: PMC7157458.
7. Fayas, C. M., Abeysingha, N. S., Nirmanee, K. G. S., Samaratunga, D., & Mallawatantri, A. (2019). Soil loss estimation using rusle model to prioritize erosion control in KELANI river basin in Sri Lanka. International Soil and Water Conservation Research, 7(2), 130e137

УДК 004.031.42:91

WETLANDS GEOPORTAL CONCEPT

Paliukhovich Andrei Mikalaevich
Master's degree, Belarusian State University, Minsk, Belarus, napikm@mail.ru

Keywords: *geoportal, concept, wetlands, Ramsar territories, GIS*

Currently, GIS is used in many areas of society. It has the necessary tools to solve problems related to the management of the region. GIS allows you to visualize, collect, systematize and store not only statistical, but also spatial data; perform analysis and make forecasts. And the web implementation of the geoinformation system allows users to receive information via the Internet.

Currently Ramsar lands occupy 777894.83 hectares on the territory of Belarus, which is 3.7% of the country's area. They are important elements of the landscape that presenting numerous environmental services. Wetlands are sources of biodiversity and perform an environment-forming function.

The purpose of this study is to develop the concept of the geoportal "Wetlands of international importance of the Republic of Belarus" using geoinformation methods and GIS technologies.

The concept of developing a wetlands geoportal has six main stages. At the first stage, the goals and objectives of the implementation of the wetlands geoportal have been determined. The geoportal is being created as a geoinformation model of wetlands of international importance of the Republic of Belarus to assess the current state. The purpose of the geoportal is to present a geographical information model of key wetlands of international importance of the Republic of Belarus.

At the second stage, the possibilities of creation and practical use of a geoportal have been identified. The development of the geoportal is based on the results of the author's scientific research. The developed portal is of great practical significance due to the demand for such products for the territory of the country.

The created geoportal combines various types of information (cartographic, graphic, text, etc.), providing a possibility of quick and timely information updating, quick and convenient distribution, as well as unlimited amount of information presented.

The third stage is data accumulation. The work at this stage includs the systematization and analysis of information: the study of documentation, reference publications, available cartographic, photographic and geolocation data for the examined territories.

The essence of the fourth stage is to create the basic elements of the geoportal. During this stage maps, geoportal web pages (short descriptions and analytical texts) have been implemented.

At the fifth stage the development of the structure and stylistic design of the geoportal has been carried out. The final sixth stage focuses on the publication of the geoportal on the Internet and its testing.

To create cartographic products, the capabilities of the desktop GIS QGIS, a cloud GIS platform from ESRI (ArcGIS Online), have been used. The geoportal has been developed on the basis of Google Sites templates.

The scientific significance of the geoportal lies in the integration of diverse and heterogeneous information about the current state of wetlands in Belarus with the help of geoinformation technologies. Practical importance is the possibility to benefit from obtained geoportal when organization of sustainable usage of wetlands, as well as forecasting their ecological status and further implementation. The economic and social value of the project is the popularization of the relevance of wetlands through free access to diverse information

(interactive cartographic databases, cartographic products, etc.), presented in the geoportal.

Access to the geoportal can be obtained by following the link: https://sites.google.com/view/wetland-belarus. The main page of geoprtal presents a cartographic database of wetlands with an international status (Fig. 1). The database contains brief information about the wetland and a link to access a page with a satellite image and additional information about the territory.

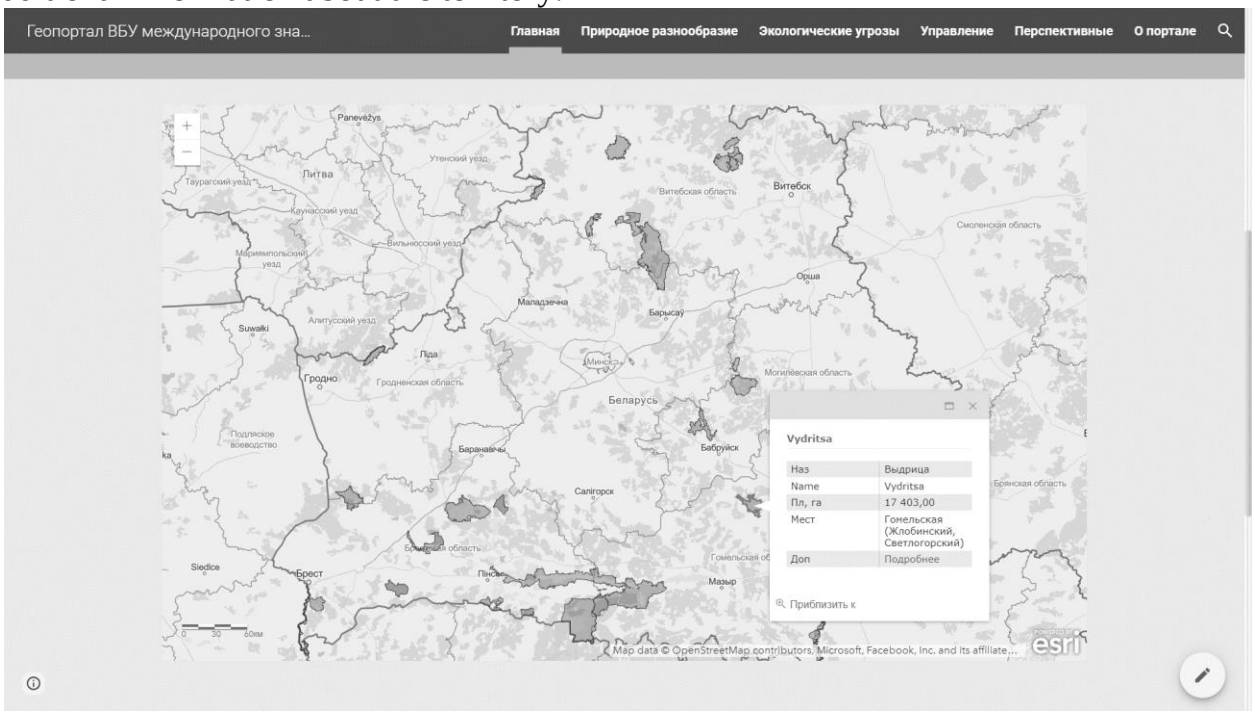


Fig. 1. The main page of the geoportal "Wetlands of international importance of the Republic of Belarus"

There are 6 structural blocks in the geoportal (Tab. 1).

Table 1

Structural blocks of the geoportal

Title	Content
Home	A cartographic database of wetlands of international importance is presented.
Natural diversity	The natural diversity is considered on the basis of the biotopes that have been allocated for each wetland.
Environmental threats	Information about the main environmental threats of wetlands is presented and their specific features are displayed.
Control	Measures aimed at the conservation of wetlands and measures to combat degradation have been collected.
Promising	Promising wetlands for obtaining international status have been identified, which are also displayed on the web map.
About the project	The purpose, scientific, practical and social significance of the geoportal are substantiated.

Thus, on the basis of geoinformation technologies, it is proposed to integrate diverse and heterogeneous information about the state of wetlands of international importance in Belarus, which will allow to assess the in current state, to identify dynamic features and to develop recommendations for their rational use.

УДК 664.31/(075.6)661.632.14

STUDY OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS OBTAINED ON THE BASIS OF NEUTRALIZATION OF THE ACIDIC RUNOFF OF THE OIL AND FAT INDUSTRY WITH CARBONATE PHOSPHORITE

Shamuratov Sanjarbek Xusinbay ugli
Ph.D. student, Urgench state university, Urgench, Uzbekistan, sanjar.sh@urdu.uz
Ruzimov Shamsiddin Bakhodir ugli
3rd year undergraduate student, Urgench State University, Urgench, Uzbekistan, shamsiddinruzimov@gmail.com
Alimov Umarbek Kadirbergenovich
Leading follow, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, umaralihonalimov@mail.ru
Baltaev Umidbek Satimbaevich
PhD, Tashkent Institute of chemistry and technology, Tashkent, Uzbekistan, umidbek.bo@urdu.uz

Keywords: *Phosphorite; acid runoff; activation; manure composting; humification*

The influence of acidic effluent (AE), from soapstock production was neutralized by calcareous phosphorite as mineralized mass (MM). The experiment was carried out with wide changes in the mass ratios of AE : MM (from 100:10 to 100:40) at a temperature of 60 °C and a time duration of 30 min. At that the content of the relative form of phosphorus in 2% citric acid ranged from 1.95 to 1 .63 and from 3.67 to 1.72 times at a content of 9.11% of the assimilable form of P_2O_5 for citric acid in MM, respectively. Activated phosphorite obtained at a mass ratio of AE: MM = 100:20 was introduced into cattle manure at various mass ratios from 100:8 to 100:20 for composting for 3 months with keeping humidity of 65-70%. It has been established that with an increase in the content of activated phosphorite and the duration of composting time.

According to statistics, it is known that in 1970 there were 0.22 hectares of irrigated land per capita, and now this figure has decreased to the level of 0.12 hectares [1, 2]. Despite this, the government of the republic has increased over the past ten years the area from 20 million 280 thousand to 25 million 736 thousand hectares for agricultural land [3, 4]. In order to ensure food security, it is necessary to increase crop yields with the use of agricultural products, in particular mineral fertilizers. The share of mineral fertilizers for the growth and development of crops is on average 40-50% [1, 2].

In a case, drawbacks phosphate fertilizers, acid effluent from vegetable oil company can be used as a reagent to dissolute phosphate ore. Consequently, there are been solved problem concerning to eliminate environment issue surrounding the edible oil industry and soap production.

As an object of study, mineralized mass (MM) from the deposits of the Central Kyzylkum were used: MM contained in its composition (wt.,%): P_2O_5 - 15.09; CaO - 43.17; MgO - 1.21; CO_2 - 14.00; Fe_2O_3 - 1.34; Al_2O_3 - 1.22; SO_3 - 2.17; F - 1.7; insoluble residue - 11.24; CaO: P_2O_5 - 2.86; $P_2O_{5acceptable}$ / P_2O_{5total} according to citric acid - 9.11.

The acid effluent from soap production of JSC "Urganch yog'-moy" was neutralized by MM.

A study on the neutralization of acidic runoff was carried out at the same mass ratios of AE : MM = 100 : 10, 100 : 15, 100 : 20, 100 : 25, 100 : 30, 100 : 35 and 100 : 40 at a temperature of 60°C and duration time 30 min [3]. An increase in the mass fraction of MM leads to a decrease in the relative assimilable form of P_2O_5 for citric acid and Trilon B, which varies in the range of 33.45-15.68% and 26, 64-13.99%, respectively. These indicators are the

highest in comparison with the initial raw materials, which are approximately from 3.67 to 1.72 folds more with a content of 17.52 and 9.11% of the assimilable form of P_2O_5 for citric acid MM. This is due to the transition of P_2O_5 from an indigestible form to an assimilated one for plants, i.e. raw materials are activated.

After neutralization the physicochemical characteristics and composition of the AE are given in Tables 1 and 2.

The optimal mass ratio can be considered AE : MM = 100:20. In this case, we obtain activated phosphorites for PP composition (mass %): P_2O_{5total} - 14.80; $P_2O_{5assim.}$ by 2% citric acid - 4.97; $P_2O_{5assim.}$. 0.2 M solution of EDTA - 3.92; CaO - 39.05; SO_3 - 16.01; where is the relative form $P_2O_{5assim.}$ /P_2O_{5total} - 33.58 by 2% citric acid and $P_2O_{5assim.}$ /P_2O_{5total} - 26.49% by 0.2 M solution of EDTA.

Table 1

Indicators of neutralized water

pH of AWW	Clarity	Taste	Color	Odour	Biological oxygen demand,	Chemical oxygen demand, mgO_2/l	Hardness meq / l		Dry residue mg / l		Suspended substances, mg / l
							Carbonate	Non-carbonate	Experimental	Estimated	
4,7	Reddish	Brine	Brown	Specific	4200	13332	1,2	113,8	56,5	55,341	960

Table 2

Chemical composition of neutralized water

Cations	mg/l	meq / l	% -eq / l	Anions	mg/l	meq / l	% -eq / l
Na^+	15675	681,53	86	Cl^-	1063	30	4
K^+	-	-	-	SO_4^{2-}	36665	763,85	96
NH_4^+	-	-	-	NO_2^-	-	-	-
Ca^{2+}	1050	52,50	6	NO_3^-	92	1,48	-
Mg^{2+}	760	62,5	8	CO_3^-	-	-	-
Fe^{3+}	-	-	-	HCO_3^-	73	1,2	-
Fe^{2+}	-	-	-	Total	37893	796,53	100
Total	17485	796,53	100				

As for the activated phosphorites based on MM, the composition has (mass %): P_2O_{5total} - 12.09; $P_2O_{5assim.}$ by 2% citric acid – 3,11; $P_2O_{5assim.}$. 0.2 M solution of EDTA - 3,32; CaO - 36.89; SO_3 - 6.89; where is the relative form $P_2O_{5assim.}$ /$P_2O_{5total.}$ – 25,72 and $P_2O_{5assim.}$ /P_2O_{5total} - 26.49% by 0.2 M solution of EDTA.

Further, the samples obtained at a mass ratio of 100: 20 in wet form were used for the preparation of composts. An increase in the amount of activated phosphate raw materials in relation to the manure in the compost leads to a decrease in the relative assimilable forms of P_2O_5. On the other hand, an increase in the duration of composting exposure from 15 to 90 days, an increase in the total and relative forms of phosphorus is observed in all mass ratios of cattle manure to MM.

For instance, at a mass ratio of cattle manure : MM = 100:8 and 100 : 20 during 15 days of compost holding, the content of organic matter in composts decreases from 25.02 to

24.46 and from 19.06 to 18.33%, respectively, at mass ratios of cattle manure: MM = 100:8 and 100:20 at composting holding times of 15 and 90 days.

It should be noted that during the composting process, cattle manure undergoes losses of organic matter and nitrogen, which for both types of raw materials averages 14-15 and 25-30%, respectively [4].

The research results showed that the product is an organomineral fertilizer containing more than 50% of the relative assimilable form of phosphorus and significant amounts of humic acids, fulvic acids and water-soluble organic matter. These types of product can be successfully used in agriculture, where there is a shortage of phosphorus and humus in the soil.

Literature:

1. Beglov B.M., Zakirov B.S., Namazov Sh.S. Problems of chemicalization of agricultural production in Uzbekistan and ways to solve them // Chemical Journal of Kazakhstan. 2015, No. 2, 24-29.
2. Practical recommendations for agriculture: land, water, fertilizers. - Tashkent. 1996. 108.
3. Shamuratov S., BaltaevU., Alimov U., Shafoat N., Kurambaev S., Ibadullaev B. 2021. Utilization process research of the soap industry acid waste water with high carbonate phosphorite of central Kyzylkum. E3S Web of Conferences 264, 04079 (2021). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404079
4. Shamuratov S., Baltaev U., AchilovaS., Alimov U., Namazov Sh., Usanbaev N. 2023. Enhancement of availability of high calcareous phosphorite by neutralization of acid effluent and composting of cattle manure E3S Web Conf., 377 (2023) 03004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337703004

УДК 631.846:321

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НОРМЫ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОЦЕСС РАЗЛОЖЕНИЯ СЕРПЕНТИНИТА АРВАТЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ахмаджонов Ахмаджон Нематжон угли
базовый докторант, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, ahmadjonov.ahmadjon34@mail.ru
Пиримов Туйчи Жумаевич
Докторант, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, pirimov0978@mail.ru
Алимов Умарбек Кадырбергенович
д.т.н., старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, umaralihonalimov@mail.ru
Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
д.т.н., проф., главный научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, atanazar77@mail.ru
Намазов Шафоат Саттарович
проф., акад., д.т.н., заведующий лабораторией, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com

Ключевые слова: серпентинит, азотная кислота, коэффициент разложения, степень переход.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE NITRIC ACID CONSUMPTION ON THE DECOMPOSITION PROCESS OF SERPENTINITE OF THE ARVATEN DEPOSIT

Ahmadjonov Ahmadjon Nematjon o'g'li
Basic doctoral student, Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, ahmadjonov.ahmadjon34@mail.ru
Pirimov Tuychi Jumayevich
Doctoral student, Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, , pirimov0978@mail.ru
Alimov Umarbek Kadirbergenovich
Doctor of technical sciences, senior fellow, leading fellow, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, umaralihonalimov@mail.ru
Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich
Doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru
Namazov Shafoat Sattarovich
Professor, doctor of technical sciences, academician, Head of laboratory, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: diana-ye@yandex.com

Keywords: *serpentinite; nitric acid; decomposition coefficient; degree of transition*

Serpentinite from Arvaten deposit was studied regarding nitric acid dissolution. For that influence of nitric acid's (30%) norm ranged 70-120% from stoichiometry the decomposition degree of the serpentinite was studied at 80°C during 3 hours. It was established that increasing the consumption of the acid can increase recovering MgO, Fe_2O_3 and Al_2O_3 in ranging from 78.30 to 90,25 %, from 31.71 to 43.90 and from 85.69 to 96.23% respectively.

Благодаря стремительному росту потребления строительным, огнезащитным, огнеупорным материалам, адсорбентам, коагулянтам, флокулянтам, и фармацевтическим препаратам (вы основном для нейтрализации кислоты в желудке) прослеживается большой интерес бруситу ($Mg(OH)_2$, магнезиту ($MgCO_3$) и

каустическому магнезиту (MgO). Кроме того, эти соединения хорошо себя прорекомендовали в металлургической, нефтехимической, химической, лакокрасочной отраслях [1]. Основными сырья для получения вышеуказанных минералов являются доломит, магнезит, сапонит и серпентинит. Последний наиболее перспективный с точки зрения его доступности и распространенности в природе. Серпентинит содержит в своем составе магнийсодержащих минералов такие как серпентин (не менее 50%), хлориты, форстерит, диопсид, авгит, гидроталькит, лизардит, оливин, а также примеси магнетит, амфиболы, карбонаты, сульфиды и полевые шпаты, не содержащие в своей структуре магния [2].

Были хорошо изучены солянокислотные методы переработки серпентинитов в работах [3-5]. В работе [4] Добшинский серпентинит подвергается сперва измельчению (до 0,315 мкм), а потом обжигу между 600 и 800ºС в течение 10-60 мин. полученный обожженный серпентинит обрабатывался соляной, уксусной кислотами, а также хлоридом аммония. Установлено максимальное значение скорости растворения магния при температуре прокаливания 600°С, располагающиеся в следующем порядке: HCl > CH_3COOH > NH_4Cl ($2{,}1 \times 10^{-6} > 1{,}7 \times 10^{-6} > 5{,}1 \times 10^{-7}$ моль $м^{-2}$ $с^{-1}$. В [5] показано, что при температуре 70°С и времени взаимодействия 1-2 ч разложение серпентинита месторождения Оутокумпу (Финляндия) с размером зёрен 74-125 мкм в 2 М растворах H_2SO_4 и HCl и HNO_3 привело к полному извлечению MgO (100%) и 38-67% железа, <4% кремния. В конце процесса разложение сопровождается в диффузионной области, при котором кажущаяся энергия активации составляет 68 кДж $моль^{-1}$ для H_2SO_4, и 70 кДж $моль^{-1}$ для HCl.

Настоящее сообщение посвящается азотнокислотному переработку местного серпентинита месторождения Арватен Джизакской области. Методами химического, физико-химического и рентгенофазового анализа установлено, что основным породообразующим серпентенитным минералом является состав породы: антигорит ($Mg_8[Si_2O_3](OH)_4$)-75%; хризотил $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$ 3-5 %; тальк ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)10-15%, магнезит ($MgCO_3$) 0,5-1 %, рудный минерал, т.е. магнетит ($FeO{\cdot}Fe_2O_3$) с микровключениями хромита ($FeCr_2O_4$) и сульфидов никеля (NiS) 3-5%.

В исследование был использован Арватенский серпентинит состава (масс.%): SiO_2 40,2– 41,5; CaO – 0,87-2.12; $A1_2O_3$ – 0.98-2.34; Fe_2O_3 – 7.27-7.78; MgO – 34.1-38.18; Cr_2O_3 – 0.306; NiO – 0.276; SO_3 – 0.76-1.20; H_2O – 4.35. Кроме того, в составе серпентинита имеется растворимый SiO_2 - 39,7%. Серпентинит был измельчен до размер частиц 0,25 мм.

В качестве кислотного реагенты был использована азотная кислота концентрацией 30%. Норму кислоты варьировали в пределах от 70 до 120% от стехиометрии на разложения основных составных компонентов (MgO, CaO, Fe_2O_3, Al_2O_3, NiO). Время взаимодействия составляла 3 часа при 80 ºС.

Значение коэффициента ($К_{раз.}$) разложения серпентинита рассчитывали по формуле:

$$К_{раз} = 100 - \frac{m_{2\omega}}{m_{1\omega}} \cdot 100\%$$

где, $m_{1\omega}$- содержание общей формы MgO, CaO, Fe_2O_3 и Al_2O_3 в сырье, г; $m_{2\omega}$- содержание общей формы MgO, CaO, Fe_2O_3 и Al_2O_3 в сухом осадке.

Результаты исследования свидетельствуют, что с увеличением нормы кислоты содержание MgO, CaO, Fe_2O_3 и Al_2O_3 в осадке снижается в порядке 12,84-6,31; 0,69-0,17; 7,86-6,88 и 0,52-0,15% соответственно.

В тоже время установлен степень переход этих компонентов от исходного сырья

в жидкую фазу, что составляет от 7,64 до 5,27; от 0,45 до 0,35; от 0,69 до 0,57 и от 0,51 до 0,34% соответственно для MgO, CaO, Fe_2O_3 и Al_2O_3.

Тогда как расчеты по содержанию компонентов в определенной массе осадка на $K_{раз}$. ощутимо повлияло увеличение нормы кислоты. Найдено, что с увеличением нормы кислоты от 70 до 120% от стехиометрии вскрытие минерала увеличивается в порядке от 78,30 до 90,25 % для MgO, от 31,71 до 43,90 для Fe_2O_3 и от 85,69 до 96,23% для Al_2O_3. Низкое значение $K_{раз}$. можно объяснить пассирующей способностью закиси железа с переходом его в окись железа.

Исходя из ресурсосбережения наиболее оптимальным условием разложения серпентинита можно считать норму кислоты 100%, в связи того, что далее увеличение количество кислотного реагента приводит не обоснованному перерасходу реагента.

Литература:

1. Передерин Ю.В., Усольцева И.О., Краснощекова Д.А. Основные технологии получения оксида магния из серпентинита // Ползуновский вестник. 2, 2019, 123-127. 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.02.024
2. Антонова Н.А. Серпентинит [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://kaz2.docdat.com/docs/index-160070.html – 2.09.19.
3. Способ получения магния из кремнийсодержащих отходов [Текст]: пат. 2237111 Рос. Федерация: МПК С 25 С 3/04 / Тетюхин В.В., Шундиков Н.А..; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «АВИСМА титано-магниевый комбинат" – № 2003119049/02; заявл. 24.06.2003; опубл. 27.09.2004, Бюл. № 27. – 6 с.
4. Raschman P., Fedoročkov A., Sučik G. Thermal activation of serpentine prior to acid leaching // Hydrometallurgy 139.- 2013. pp.149–153.
5. Sebastian T., Hannu R., Sanni E., Carl-Johan F., Ron Z. Dissolution of natural serpentinite in mineral and organic acids // Int. J. Miner. Process. 83. – 2007. pp.36–46.

УДК 551.510.41

СРАВНЕНИЕ АКТИВНОГО И ПАССИВНОГО МЕТОДОВ ПРОБООТБОРА КИСЛОТООБРАЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Ахметова Беата Робертовна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, ahmetova786@gmail.com
Александрова Мария Сергеевна*
Старший научный сотрудник, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля, Москва, Россия, mkotorova.igce@gmail.com
Жигачева Екатерина Сергеевна*
Младший научный сотрудник, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля, Москва, Россия, kosjatko@gmail.com

Ключевые слова: *экология; экологический мониторинг; атмосфер; методы пробоотбора*

COMPARISON OF ACTIVE AND PASSIVE METHODS FOR SAMPLING ACID-FORMING SUBSTANCES IN ATMOSPHERIC AIR

Akhmetova Beata Robertovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, ahmetova786@gmail.com
Alexandrova Maria Sergeevna*
Senior researcher, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia, mkotorova.igce@gmail.com
Zhigacheva Ekaterina Sergeevna*
Junior researcher, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia, kosjatko@gmail.com

Keywords: *ecology; environmental monitoring; atmosphere; methods for sampling.*

The impact of substances such as nitrogen dioxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide, ozone and ammonia is associated with acidification of precipitation, which threatens the balance of ecosystems and human health. The introduction of the passive sampling method will make it possible to expand the monitoring network at the expense of stations remote from populated areas that are not supplied with electricity.

Наиболее распространенными кислотообразующими веществами (КВ) в атмосферном воздухе (АВ), вызывающими серьезные последствия для окружающей среды и здоровья человека, являются двуокись азота (NO_2), оксиды азота (NO_x), диоксид серы (SO_2), озон (O_3) и аммиак (NH_3). Воздействие данных веществ связано с подкислением осадков, что ставит под угрозу баланс экосистем и здоровье человека [3].

Одним из эффективных способов оценки динамики загрязнения АВ является мониторинг содержания в нем КВ. Фоновый мониторинг — это повторяющиеся измерения экологических показателей в живых и неживых компонентах природной среды, минимально затронутой вмешательством человека [1].

В настоящее время на территории России в основном используются активные методы отбора АВ. В то же время для пассивных методов официально признанной методики не существует. В данной работе сравнивались активный и пассивный методы отбора воздуха для определения КВ для фоновых станций мониторинга.

Процесс пассивного пробоотбора по сравнению с активным методом в большей степени подвержен влиянию метеорологических (климатических) факторов, так как

перенос вещества из окружающей среды к сорбенту осуществляется за счет молекулярной диффузии без принудительной прокачки воздуха. Метод пассивного пробоотбора, в отличие от активного, не зависим от источников электроэнергии, поэтому отличается относительной дешевизной. Это позволяет расширить сеть мониторинга за счет удаленных от населенных пунктов станций, не снабженных электричеством [1,2].

В качестве подготовки к экспериментальной части исследования была адаптирована методика пассивного пробоотбора, предоставленная Международной Сетью мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (EANET), и разработан эксперимент по ее апробации для фоновых станций на Дальнем Востоке России. В дальнейшем, основными факторами в сравнении методов станут также определение точности и сопоставимости [4].

Исследование выполнено в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120013190049-4 «Развитие методов и технологий мониторинга загрязнения природной среды вследствие трансграничного переноса загрязняющих веществ (ЕЭК ООН: ЕМЕП, МСП КМ) и кислотных выпадений в Восточной Азии (EANET)».

Литература:

1. Юшкетова Н.А., Поддубный В.А. Метод пассивного отбора проб для мониторинга химического загрязнения атмосферного воздуха. Часть 2. Практические аспекты (обзор) // Экологические системы и приборы. - 2007. - №3. - С. 15-23
2. Hagenbjörk-Gustafsson A., Tornevi A. Field validation of the Ogawa diffusive sampler for NO2 and NOx in a cold climate // Environmental Monitoring. - 2010. - №12(6). - С. 1315-1324.
3. Kurokawa J., Ohara T. Long-term historical trends in air pollutant emissions in Asia: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 3 // Atmos. Chem. Phys.. - 2020. - №20. - С. 12761–12793.
4. EANET. Technical manual for air concentration monitoring in East Asia. – 2013.

УДК 639.63

ЛАБИРИНТУЛОМИЦЕТЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ КОРМА ДЛЯ РЫБ

Береснева Светлана Михайловна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, lana.beresneva2015@mail.ru
Бубнова Екатерина Николаевна*
н.с., Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова, Москва, Россия, katya.bubnova@gmail.com

Ключевые слова: *Oreochromis niloticus; Schizochytrium sp.; Thraustochytrium sp.; Aurantiochytrium; labyrinthulomycetes; sustainable development*

LABYRINTHULOMYCETES AS ALTERNATIVE FISH FOOD

Beresneva Svetlana Mikhailovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, lana.beresneva2015@mail.ru
Ekaterina Nikolaevna Bubnova*
r.a. of the Belomorskaya Biostation named after N.A. Pertsov, Moscow, Russia, katya.bubnova@gmail.com

Keywords: *Oreochromis niloticus; Schizochytrium sp.; Thraustochytrium sp.; Aurantiochytrium; labyrinthulomycetes; устойчивое развитие.*

The article describes the potential of labyrinthulomycetes in the field of fisheries and the achievement of the SDGs through the use of labyrinthulomycetes as dietary supplements.

Траустохитривые лабиринтуломицеты - организмы, способные производить и накапливать большое количество липидов, вследствие чего, они вызывают большой интерес у биотехнологов. Липиды траустохитрид применимы в области аквакультуры, животноводства, в производстве биодизельного топлива и БАДов для животных и людей [1].

Спрос на рыбные корма растет во всем мире. Улучшение рыбного корма за счет добавления БАДов может снизить чрезмерное использование антибиотиков и способствовать улучшению иммунитета рыб [2].

В настоящее время, наиболее используемым источником необходимых липидов является печень различных видов рыб, но данный источник является дорогостоящим. Важен поиск новых источников этих веществ. Лабиринтуломицеты способны стать дополнительным источником необходимых липидов для объектов рыбного хозяйства [2].

Например, было проведено исследование влияния двух изолятов траустохитрид, обозначенных как *Thraustochytrium* sp. SB04 и *Schizochytrium* sp. SB11, на тилапию. Предыдущие исследования показали, что два данных изолята могут активно производить разнообразные жирные кислоты. Также данные организмы способны быстро вырастать в условиях, которые не требуют больших затрат [2].

В качестве экспериментального объекта использовали нильскую тилапию (*Oreochromis niloticus*). Данный вид – коммерчески значимый объект аквакультуры в Юго-Восточной Азии. В течение 9 дней разные группы рыб кормили гранулами *Schizochytrium* sp. SB1 и *Thraustochytrium* sp. СБ04, а также коммерческим кормом. Как показано на рис. 7, *Schizochytrium* sp. SB11 лучше увеличивал массу и длину рыбы по сравнению с *Thraustochytrium* sp. СБ04 (рис. 7), и оба организма статистически достоверно лучше увеличивали эти показатели по сравнению с коммерческим кормом [2].

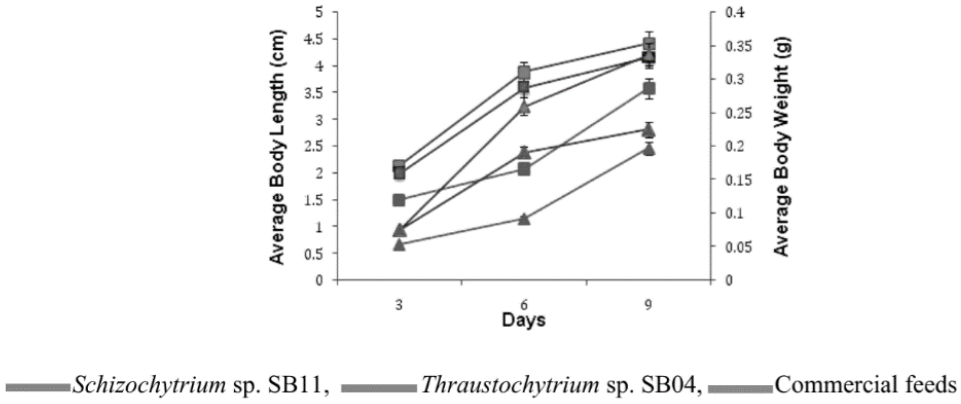


Рис. 1. Сравнение средней длины тела (Δ) и веса (□) O. niloticus [7]

Ещё одним примером такого рода исследований является изучение влияния подкормки траустохитридой *Aurantiochytrium* sp. SZU445 морской рыбы *Trachinotus ovatus*. [3].

Суть эксперимента заключалась в том, что разные группы рыб кормили кормом с разным содержанием биомассы *Aurantiochytrium* sp. – от 0 до 11 %. Далее (рис. 2), определяли биометрические показатели и эффективность использования корма, биохимические показатели крови и тканей, а также количество иммунных клеток [3].

В результате было показано, что при увеличении доли *Aurantiochytrium* в рационе, улучшаются биометрические показатели животных, а также коэффициент, отражающий степень упитанности рыбы, по сравнению с контрольной группой. Также, при увеличении доли *Aurantiochytrium* в рационе, увеличивалось содержание общего белка в плазме крови рыб. Последнее непосредственно связано с увеличением их питательной ценности. Такой же эффект имеет и увеличение содержания жирных кислот в плазме и тканях рыб. Улучшились также показатели, связанные с эффективностью питания и количество иммунных клеток. В целом, можно резюмировать, что применение биомассы *Aurantiochytrium* для кормления помпано в аквакультуре оказывает разнообразные положительные эффекты – от увеличения эффективности питания, до улучшения биометрических и биохимических показателей и иммунитета [3].

	Groups						
Growth performance	**Diet 1**	**Diet 2**	**Diet 3**	**Diet 4**	**Diet 5**	**Diet 6**	**Diet 7**
SR (%)	90.00	92.00	86.00	82.00	90.00	78.00	86.00
WGR (%)	264.95 ± 0.77a	276.06 ± 5.8ab	286.69 ± 2.07bc	286.97 ± 3.58bc	294.34 ± 3.02c	296.44 ± 3.26cd	306.65 ± 15.48d
SGR (%/day)	2.31 ± 0.00a	2.37 ± 0.03b	2.42 ± 0.01bc	2.42 ± 0.02bc	2.45 ± 0.01cd	2.46 ± 0.01cd	2.50 ± 0.07d
HSI (%)	0.95 ± 0.06b	0.78 ± 0.16ab	0.92 ± 0.08b	0.81 ± 0.02ab	0.83 ± 0.08ab	0.70 ± 0.15a	0.88 ± 0.02ab
FCR (%)	148.39 ± 10.89a	135.86 ± 3.01b	133.35 ± 4.65bc	128.81 ± 2.15bc	126.17 ± 0.95bc	127.45 ± 1.73c	126.14 ± 0.69c
FE (%)	67.63 ± 4.85a	73.63 ± 1.63b	75.05 ± 2.61bc	77.65 ± 1.29bc	79.26 ± 0.60c	78.47 ± 1.07c	79.28 ± 0.43c
CF (g/cm^3)	276.88 ± 13.82	290.76 ± 22.32	294.41 ± 13.25	297.44 ± 11.59	299.02 ± 12.05	297.93 ± 7.18	302.32 ± 7.43
Final body weight (g)	30.17	33.83	33.00	35.47	36.93	37.13	37.37

Рис.2. SR-выживаемость, WGR-скорость увеличения веса, SGR-удельная скорость роста, HIS-Гепатосоматический индекс или коэффициент жирности печени, FCR-коэффициент конверсии корма, FE-кормовая эффективность, CF-коэффициент упитанности. Диета 1-7 различаются биомассой Aurantiochytrium [3]

Включение лабиринтуломитцетов в рацион рыб может способствовать достижению целей устойчивого развития по следующим направлениям:

1. Борьба с голодом (Цель 2): Биологически активные добавки, содержащие лабиринтуломитцеты, могут обогащать рыб полезными элементами, способствуя повышению пищевой ценности продуктов и улучшению здоровья населения [4].

3. Ответственное потребление и производство (Цель 12): Производство лабиринтуломитцетов может быть более устойчивым и экологичным по сравнению с традиционными источниками липидов и других питательных веществ. Это поможет снизить негативное воздействие на окружающую среду и экосистемы [4].

4. Биоразнообразие и защита экосистем (Цель 15): Использование лабиринтуломитцетов в качестве альтернативных источников питания может снизить давление на природные ресурсы [4].

Литература:

1. Bennett, R.M., Honda, D., Beakes, G.W., Thines, M. (2017). Labyrinthulomycota. In: Archibald, J., Simpson, A., Slamovits, C. (eds) Handbook of the Protists. Springer, Cham.
2. G Atienza, K Arafiles, M Carmona, JP Garcia, A Macabago, B Peñacerrada, PRF Cordero, RM Bennett, GR Dedeles. 2012. Carotenoid Analysis of Locally Isolated Thraustochytrids and their Potential as an Alternative Fish Feed for Oreochromis niloticus (Nile Tilapia). Mycosphere-Journal of Fungal Biology. 3(4): 420-428.
3. Li S, Wang B, Liu L, Song Y, Lv C, Zhu X, Luo Y, Cheng CHK, Chen H, Yang X and Li T (2021) Enhanced Growth Performance Physiological and Biochemical Indexes of Trachinotus ovatus Fed With Marine Microalgae Aurantiochytrium sp. Rich in n-3 Polyunsaturated Fatty Acids. Front. Mar. Sci. 7:609837. doi: 10.3389/fmars.2020.609837
4. Цели устойчивого развития // Организация Объединённых Наций (ООН) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/ (Дата обращения 12.02.2023).

УДК 504.062.4

КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПРОМПЛОЩАДКИ БЫВШЕГО АККУМУЛЯТОРНОГО ЗАВОДА «ВОСТСИБЭЛЕМЕНТ»

Богданов Андрей Викторович*

Доктор технических наук, профессор, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия, bogdanovav@istu.edu

Шкрабо Анна Ивановна

Научный сотрудник Лаборатории экологического мониторинга природных и техногенных сред, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия, bogdanov.lab@istu.edu

Ключевые слова: *мониторинг; почва; свинец; рекультивация; рекуперация*

TECHNOLOGY CONCEPT FOR RECULTIVATION OF THE INDUSTRIAL SITE OF THE FORMER BATTERY PLANT «VOSTSIBELEMENT»

Bogdanov Andrey Viktorovich*

Doctor of Technical Sciences, Professor, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, bogdanovav@istu.edu

Shkrabo Anna Ivanovna

Researcher of the Laboratory for Ecological Monitoring of Natural and Technogenic Environments, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, bogdanov.lab@istu.edu

Keywords: *monitoring; soil; lead; recultivation; recovery*

The study is aimed at achieving the goal of significantly reducing the volume of waste by taking measures to reduce, recycle and reuse them in relation to accumulated waste from battery production.

Исследование направлено на достижение Цели существенно уменьшить объём отходов путем принятия мер по их сокращению, переработке и повторному использованию применительно к накопленным отходам аккумуляторного производства.

Ликвидация накопленного вреда в техносферной безопасности является неотъемлемой частью устойчивого развития Государства. Особенно актуальным является решение проблем, связанных с загрязнением окружающей среды тяжелыми металлами, источниками поступления являются предприятия аккумуляторной промышленности, которых на территории России насчитывается более 30. В Иркутской области такого рода объектом накопленного существенного вреда окружающей среде вследствие загрязнения тяжелыми металлами является промплощадка бывшего аккумуляторного завода «Востсибэлемент», которая расположена в черте муниципального образования «г. Свирск» в водоохранной зоне р. Ангары (Иркутская область, Россия) (рис. 1).

В 2021-2022 гг. сотрудниками «ИРНИТУ» были проведены инженерно-экологические изыскания, по результатам которых установлено, что в настоящее время на промышленной площадке площадью 33 га располагаются развалины цехов и строительный мусор объёмом 105 тыс. м3, техногенный почвогрунт, загрязненный тяжелыми металлами объёмом 110 тыс. м3, а также отходы неустановленного происхождения объёмом 20 тыс. м3 [1].

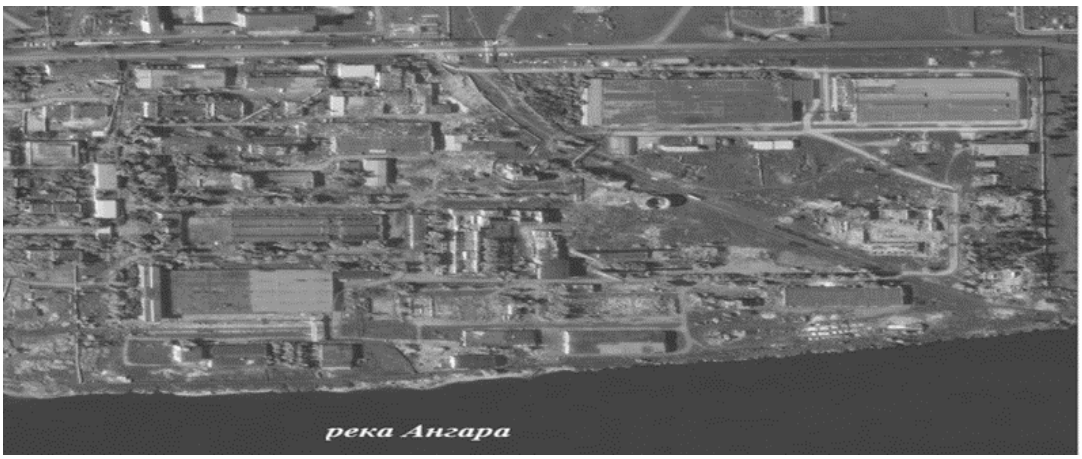


Рис. 1. Космическая съемка расположения промплощадки бывшего аккумуляторного завода «Востсибэлемент» (космическая съемка Google)

На всей территории промплощадки установлено превышение ориентировочно допустимых концентраций по кобальту в 2,2–7,5 раза, никелю – в 2,1–7,2 раза, меди – в 1,1–23 раза, цинку – в 1,7–166 раз, мышьяку – в 6,1–60 раз, свинцу – в 1,3–13862 раза; предельно допустимых концентраций никеля – до 7,9 раза, меди – в 1,3–81 раз, цинка – в 1,3–21 раз, свинца – в 3,5–1733 раза, ртути – в 1,1–3,2 раза. Рассчитанный суммарный показатель загрязнения почв Zc> 128, что соответствует чрезвычайно опасной категории химического загрязнения почв. Также было установлено превышение содержания свинца в лапчатке гусиной (*Potentillaanserina*), которое составило 10 фоновых значений.

На основании полученных данных и руководствуясь ГОСТ Р57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» предложена концепция технологии рекультивации промплощадки «Востсибэлемент». Алгоритмы основных технологических решений состоят из следующих операций:

Первый этап: разборка строений и выемка фундаментов IV класса опасности объемом 105 тыс. м^3 с применением специальной строительной техники, разделка фрагментов сооружений с извлечением арматуры до кусков крупности, используемых при дорожно-строительных и других возможных типах работ (заполнение выемок карьеров, рельефа и т. п.), сдача арматуры на вторсырье.

Второй этап: разделка специальных строительных и оставшихся гидротехнических сооружений промплощадки III класса опасности (не более 10 % от общего объема отходов IV класса опасности).

Третий этап: перемещение разделенных строительных отходов IV класса опасности и размещение их на подготовленной площадке временного хранения отходов площадью около 1 га (временная площадка должна быть оптимально расположена на территории промплощадки бывшего завода «Востсибэлемент», но находиться за пределами водоохраной зоны и иметь санитарно-защитную зону, не охватывающую жилые строения).

Четвертый этап: доставка разделенных строительных отходов III класса опасности, отходов, присущих для аккумуляторного производства и других различных отходов II и III классов опасности и складирование их на Ангарском полигоне промышленных отходов в объеме, возможном для их приема.

Пятый этап: техническая рекультивация земель, которая заключается, в частности, в специальной переработке установленных зон очагов загрязнения грунтов III класса опасности до 25 % от общей площади и объема грунтов IV класса опасности,

которые составляют около 110 тыс. $м^3$:

– сбор и отделение из грунтов металлических отходов, состоящих из фрагментов аккумуляторных решеток, металлического свинца, железа, меди и т.п. на спецоборудовании (грохот, сита, магнитная и воздушные сепарации и др.) на площадке временного хранения;

– вывоз на сдачу отделенных металлических отходов свинца, железа и других металлов в качестве вторсырья или их плавка в мобильных металлургических печах на площадках временного хранения с получением товарной продукции;

– завершающий этап технической рекультивации земель промплощадки – планировка, складирование и т.д.

Шестой этап: биологическая рекультивация при помощи растений-фиторемедиантов в два-три этапа с использованием площадки временного хранения отходов (силосная яма и др.).

Седьмой этап: рекультивация площадки временного хранения отходов с передачей всех рекультивированных земель муниципалитету г. Свирск с назначением лесопосадки.

Предлагаемая концепция технологии рекультивации промышленной площадки бывшего завода «Востсибэлемент» с рекуперацией свинца и других металлов, на наш взгляд, является весьма эффективной, как с эколого-экономической, так и с нормативной точек зрения и может быть рассмотрена как вариант ликвидации накопленного вреда этого крайне опасного объекта.

Исследование направлено на достижение Цели 12: ответственное потребление и производство.

Литература:

1. Богданов А.В., Шатрова А.С., Тюкалова О.В. Оценка воздействия промплощадки бывшего аккумуляторного завода «Востсибэлемент» Иркутской области на объекты окружающей среды // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. № 3. С. 52–57. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-3-52-57.

УДК 633.51

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ СБОРЕ, ПРИЕМКЕ И ХРАНЕНИИ ХЛОПКОВОГО СЫРЬЯ

Ганиев Авазбек
Магистрант, Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Андижан, Узбекистан
Юсупов Нурали Шералиевич*
Старший преподаватель, кандидат сельскохозяйственных наук, Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Андижан, Узбекистан
Бозарова Гулноза Каримовна*
Старший преподаватель, Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий, Андижан, Узбекистан

***Ключевые слова**: хлопкоочистительные предприятия; электрообработка; хлопчатник; янтарная кислота; суспензии хлореллы; микроэлементы*

REDUCING THE NEGATIVE IMPACT ON THE ENVIRONMENT DURING THE COLLECTION, ACCEPTANCE AND STORAGE OF RAW COTTON

Ganiev Avazbek
Master 1st degree, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Andijan, Uzbekistan
Yusupov Nurali Sheralievich*
Senior Lecturer, Candidate of Agricultural Sciences, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Andijan, Uzbekistan
Bozarova Gulnoza Karimovna*
Senior Lecturer, Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies, Andijan, Uzbekistan

Keywords*: *cotton gins; electrical processing; cotton; succinic acid; chlorella suspensions; microelements

1. Узбекистан является одним из основных производителей хлопкового волокна в мире и занимает пятое место по его производству, а второе место по экспорту после США. Хлопок, полученный от фермерских хозяйств, хранится различными способами и в различных условиях на хлопкоперерабатывающих фабриках и станциях. Хлопок поглощает определенное количество влаги при хранении в тюках, на складах и под крытыми навесами в различных зимних условиях. При этом влажная среда оказывает негативное влияние на хлопковое волокно и семян. Это условие, в свою очередь, приводит к ухудшению качества продукции. Повышение влажности и резкое понижение или повышение температуры вызовут ухудшение качества семени, его всхожести, влажности, а также ухудшение качества волокна [3]. В связи с переходом на рыночную экономику и долевым участием хлопкоочистительных предприятий на первое место вышло качество выпускаемой продукции, особенно качество волокна. Конкурентоспособность хлопкового волокна на мировом рынке в основном определяется длиной волокна, его внешним видом и количеством отходов. В связи с этим в настоящее время особое внимание уделяется снижению количества дефектов волокна в технологическом процессе сборки и хранении хлопка. В целях улучшения экологической среды и приближения их к сырьевым зонам, хлопкоочистительные предприятия, расположенные в густонаселенных городах, закрываются, а предприятия переносятся или открываются за городом [1]. В производстве высококачественного волокна, наряду с его природными показателями качества (длина, цвет, толщина, спелость), особое значение имеет постановка правильного технологического процесса при переработке хлопка, техническое состояние используемых при этом машин. По анализам, проведенным на хлопкоочистительных заводах нашей республики, стало ясно, что существует ряд проблем по развитию хлопководства и повышению

конкурентоспособности его продукции. При сборе, транспортировке и доставке хлопка необходимо его не испортить. В течение нескольких лет широко применяется прогрессивный способ перевозки хлопка - безмешковая транспортировка на специальных тракторных тележках, достигнута высокая производительность. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и обеспечение их качественных показателей, в том числе экологической чистоты, является одним из важнейших вопросов дня во всех странах, занимающихся производством продуктов питания. Также важна подготовка квалифицированных специалистов по освоению технологии уборки, транспортировки, хранения и переработки урожая хлопчатника [2]. Уборка хлопка – одна из самых сложных и трудоемких работ в хлопководстве. По некоторым подсчетам, 50-55% всех затрат на выращивание хлопчатника приходится на сбор хлопка. Хлопок собирают и отправляют на переработку двумя способами. Тип 1 вручную, тип 2 на машине. Для получения качественного урожая хлопчатника целесообразно проводить уборку хлопчатника по схеме вскрытия хлопчатника, показанной С. Зайцевым, в сроки, указанные в плане уборки. Если урожай хлопка собирают в соответствии с открытием коробочки, волокно созревает, а содержание масла в семенах увеличивается. В результате хлопковое сырье продается дороже и дохода будет много. Повышается экономическая эффективность[4]. Широко используемая технология предварительного сбора хлопка в основном основана на использовании токсичных химикатов. Технологически они сложны и менее эффективны. Использование химических препаратов при химической реализации хлопчатника, искусственное опадение листьев хлопчатника и ускорение коробочек загрязняют окружающую среду и почву, а ускорение вскрытия загрязняет окружающую среду и почву. Для устранения загрязнения окружающей среды и сохранения качества сырья нами было использовано электродефолиация, которая ускорила раскрытие бутонов в 1,7-1,8 раза по сравнению с химической дефолиацией, процент опадения листьев достигает 75% при электродефолиации, хлопок-сырец открылся на 10-15 дней раньше по сравнению с химической дефолиацией, а урожайность увеличилась в 3 раза. Установлено, что хлопковые волокна в электрообработанном хлопке имеют более высокую длину ворса и качество по сравнению с хлопковыми волокнами на полях, прошедших химическую дефолиацию. В дальнейших своих исследованиях при решении проблемы достижения скороспелости и раскрытия стручков наше основное внимание будет уделяться на скорейшее восстановление урожая под влиянием различных биогенных стимуляторов. После приёма хлопок-сырец хранится в связках на хлопчатобумажной фабрике до тех пор, пока не будет переработан. При организации сохранения также необходимо соблюдать условия их приема. Все пучки хлопка нельзя поднимать сразу, так как происходит самосогревание сырья и это приводит к порче продукта. Они поднимаются постепенно, этаж за этажом. В нашем опыте пачки формировали от одной до пяти связок и каждые 10 дней вносили по 50-60 т хлопка по пять связок в день. Результаты экспериментов показали превосходство этого метода в 1,5 раза с сохранением качества хлопка. Исследование направлено на достижение Цели 15: Принятие мер по сохранению экосистемы суши.

Литература:

2. Джаббаров Г. «Первичная обработка хлопка». Изд-во «Легкая индустрия», 1987.
3. Зикриёев Э. «Первичная обработка хлопка». Ташкент-Труд - 2002.
4. Кодиров С.К., Худойбердиев Т.С. «Технология первичной обработки при заготовке, хранении хлопка-сырца». (Методическое пособие). Андижан - 1997 год.
5. Мухаммадиев А., Джалилов О.Дж., Спиродова В.С. «Технология сборки хлопка». Дж. "Вестник аграрной науки Узбекистана" 2000 г. № 2 стр. 31-33.

УДК 628.34

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОЙ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ: АСПЕКТ ДОСТИЖЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ

Гонова Виктория Андреевна

Магистрант, Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия, gonovava@mail.ru

Ключевые слова: *электродиализ; очистка воды, химическое производство; экосистема; устойчивое развитие*

INTRODUCTION OF ELECTRODIALYSIS TREATMENT OF CHEMICAL PRODUCTION WASH WATERS: AN ASPECT OF ACHIEVING SUSTAINABLE ECOSYSTEM DEVELOPMENT

Gonova Victoria Andreevna

Master's student, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russia, gonovava@mail.ru

Keywords: *electrodialysis; water purification, chemical production; ecosystem; sustainable development*

The scientific and practical aspect of the use of electrodialysis in the chemical industry is an important element in achieving sustainable ecosystem development. Electrodialysis is recommended to be used as a local wastewater treatment from certain types of coatings in order to reduce untreated wastewater and increase recycling.

На современном этапе развития химической технологии ежегодно разрабатываются совершенно новые методики обработки воды, но до идеального состояния водных ресурсов и полномасштабного решения экологических проблем ещё очень далеко. Поэтому возникает потребность в более глубоком научном изучении обозначенной проблемы, нахождении новых технических решений устойчивого развития экосистем с применением электродиализа для обессоливания воды и очистки промышленных сточных вод.

Цель исследования: определение рациональных технологических параметров процесса электродиализа сточных вод гальванического производства для достижения устойчивого развития экосистем [1].

В соответствии с международной терминологией по мембранам и мембранным процессам, рекомендуемой IUPAC [3], электродиализ – это процесс мембранного разделения, при котором ионы переносятся через мембрану под действием внешнего электрического поля. При наложении электрического поля на мембранную систему ионы сильных электролитов посредством миграции, диффузии и конвекции доставляются к межфазной границе и переносятся через ионообменную мембрану. Разные числа переноса ионов в мембранах и в растворе позволяют обессоливать и концентрировать растворы электролитов, а также разделять ионные смеси.

Автором работы проведён ряд экспериментальных исследований по изучению влияния скорости движения потоков в камерах электромембранного аппарата на процесс электродиализа раствора электролита никелирования [2]. В табл. 1 приведены основные параметры процесса электродиализа: где τ – продолжительность процесса; Vоб/Vк – соотношение объемов раствора в камере обессоливания и концентрирования; n – количество обработок раствора; icp – средняя за время опыта плотность тока; jcp – среднее значение потока ионов через мембрану; В – степень извлечения соли; Руд – удельный расход энергии на разделение раствора; Сконц нач., Сконц кон. – начальная и конечная концентрация раствора в камере концентрирования.

Таблица 1

Результаты обработки экспериментов по концентрированию раствора

τ, мин	$V_{об}/V_к$	n	$i_{ср}$, А/м^2	$j_{ср}\cdot10^4$, г/с	В, доли	$P_{уд}$, кВт·ч/м^3	$С_{концнач.}$, г/л	$С_{концкон.}$, г/л
66	1	2	30,412	5,034	0,984	23,989	10,1	20,1
60	1	3	52,033	9,705	0,955	34,079	16,6	34,1
55	5	1	43,685	4,291	0,818	6,01	3,5	17,6

Использование электродиализа для обработки сточных вод позволит получить более концентрированный солевой раствор и, тем самым, возвратить в технологический процесс значительную долю раствора сульфата никеля, а также обессоленный раствор, который можно вновь использовать в качестве технической воды. На рисунке 1 представлена технологическая схема установки для электромембранной очистки промывных вод после гальванических ванн никелирования.

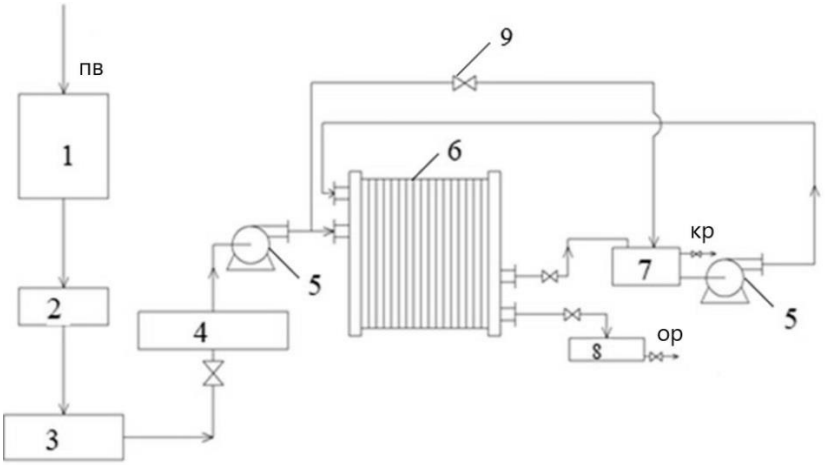


Рис. 1 – Принципиальная аппаратурно-технологическая схема очистки промывных вод после гальванических ванн никелирования: *1 – резервуар для сбора промывной воды; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – промежуточная емкость; 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – насос; 6 – электродиализный аппарат; 7 – емкость концентрированного раствора; 8 –емкость обессоленного раствора; 9 – регулируемый клапан*

Сточная вода из емкости 1 поступает последовательно на фильтр грубой очистки 2, далее на фильтр тонкой очистки 4, после чего подается на электрохимическую очистку в электродиализный аппарат 6. В электродиализаторе 6 циркулирует концентрированный раствор сульфата никеля. Замкнутый контур организован с помощью емкости 7 и насоса 5. По достижении требуемой концентрации раствора сульфата никеля в емкости 7, открывается клапан 9 и исходный раствор после фильтра тонкой очистки 4 подается в емкость 7 для поддержания концентрации сульфата никеля на заданном уровне. Избыток концентрированного раствора из емкости 7 направляется на технологические нужды с целью возврата сульфата никеля в технологический цикл. Автоматический контроль концентрации раствора в емкости 7 осуществляется с помощью ячеек проточного типа для измерения электрической проводимости и pH растворов. Эти ячейки используются совместно с управляющим устройством, которое сравнивает значения проводимости и pH растворов с заданным и по сигналу сравнения приводит в действие клапан 9, установленный в линии подачи раствора в емкость 7.

В электродиализаторе, который состоит из чередующихся катионообменных и анионообменных мембран, рабочие камеры ограничены мембранами с четырьмя

сквозными каналами и рамками с двумя сквозным и двумя питающими каналами. В каждую рабочую камеру помещена инертная вставка (сепаратор), позволяющая дополнительно турбулизировать поток рабочего раствора. Электродиализатор работает в непрерывном режиме, растворы прокачиваются с постоянной линейной скоростью. Для электродиализного разделения и концентрирования предложены отечественные синтетические гетерогенные мембраны МК-40 и МА-40. Таким образом, электродиализ оказался одним из немногих методов, позволяющих осуществлять непрерывное, малореагентное селективное извлечение ионных примесей из растворов.

Исследование направлено на достижение Цели 6: Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех.

Литература:

1. Гонова В. А. Электродиализная очистка сточных вод от ионов никеля// Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием: сб. материалов конф. В 3 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс]. – Ярославль: Издательство ЯГТУ, 2022. – С. 332-334.
2. Международная терминология по мембранам и мембранным процессам. Рекомендации Международного объединения специалистов по теоретической и прикладной химии. (IUPAC, 1996) / W.J. Koros, Y.H. Ma, T. Shimidzu // Критические технологии. Мембраны: информ. аналит. журн. – 1999. №2. – С. 24-37.
3. Гонова В. А. Экспериментальное исследование очистки растворов от ионов никеля методом электродиализа // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение.* – 2023. – № 1(73). – С. 37-41. – DOI: 10.6060/snt.20237301.0005

УДК 504.054+504.064.47+547-302

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ И ЛИКВИДАЦИЯ РАЗЛИВОВ,СОДЕРЖАЩИХ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Гордова Анна Фирсовна
Доцент, к.х.н., доцент, ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика», Химки, Россия, gordova@yandex.ru
Манаева Алина Рамзилевна
К.т.н., доцент, ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика», Химки, Россия, chem88@yandex.ru
Шарифуллина Лилия Ринатовна
Доцент, к.х.н., заведующий кафедрой химии и материаловедения, ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика», Химки, Россия, alishari@yandex.ru

Ключевые слова: *ациклические хлорорганические соединения (ХОС); отходы производства; разливы ХОС; продукты горения ХОС*

WASTE DISPOSAL AND ELIMINATION OF SPILLS CONTAINING ORGANOCHLORINE COMPOUNDS

Gordova Anna Firsovna
Associate Professor, Ph.D. (Chemical Sc.), Associate Professor of The Department of chemistry and materials science, Civil Defence Academy EMERCOM of Russia, Khimki, Russian Federation, gordova@yandex.ru
Manaeva Alina Ramzilevna
Ph.D. (Technical Sc.), Associate Professor of The Department of chemistry and materials science, Civil Defence Academy EMERCOM of Russia, Khimki, Russian Federation, chem88@yandex.ru
Sharifullina Liliya Rinatovna
Associate Professor, Ph.D (Chemical Sc.), Head of the Department of chemistry and materials science, Civil Defence Academy EMERCOM of Russia, Khimki, Russian Federation, alishari@yandex.ru

Key words: *acyclic organochlorine compounds (OCCs); waste of production; spills of OCCs; products of burning.*

Abstract: the article discusses methods for the destruction of waste from the production of acyclic organochlorine compounds and the elimination of spills of such compounds. It is shown that the burning of OCCs at the site of a multi-tonnage spill leads to the formation of more toxic compounds.

Хлорорганические соединения (ХОС) в современном мире синтезируются с целью дальнейшего использования в органическом синтезе и (или) используются в готовом виде в разных отраслях экономики. Самые масштабные производства ациклических ХОС и, соответственно, производители отходов – это производства хлористого аллила (3-хлорпроп-1-ена), тетрахлорэтилена и винилхлорида (хлорэтена). Наиболее крупнотоннажным является производство винилхлорида – сотни тысяч тонн в год [1].

Цель данной работы – сопоставить методы переработки ациклических хлорсодержащих органических отходов и методы ликвидации разливов ХОС.

Сегодня существуют несколько способов переработки и уничтожения хлорорганических отходов: метод каталитического сжигания, метод каталитического окисления, метод переработки гидрированием, метод гидродегалогенирования [1]. Универсального метода переработки отходов производств ХОС не существует. Метод

термического сжигания и метод обеззараживания токсичных отходов в разбавленных газах нельзя использовать из-за образования высокотоксичных продуктов, например фосгена и диоксинов (табл.1). Кроме того, при горении хлорсодержащих соединений в зоне реакции дополнительно присутствуют HCl ($ПДК_{сс}$=0,2 мг/м^3), CCl_4 ($ПДК_{сс}$=5 мг/м^3), в зависимости от содержания атомов галогенов в молекуле горючего. При температуре свыше 1000 К возможно образование свободного хлора, который намного токсичнее хлористого водорода и труднее удаляется из дымовых газов отмывкой.

Таблица 1

Значения гигиенических нормативов для некоторых хлорорганических соединений

Вещество	Гигиенический норматив (наименование) в атмосферном воздухе	Гигиенический норматив (значение)	Источник
3-хлорпроп-1-ена	$ПДК_{сс}$, мг/м^3	0,01	[3]
Тетрахлорэтилен	$ПДК_{сс}$, мг/м^3	0,06	[3]
Хлорэтен	$ПДК_{сс}$, мг/м^3	0,04	[3]
Полихлорированные дибензо-*п*-диоксины (ПХДД)	ОБУВ, пг/м^3	0,5	[4]
Карбонилхлорид (фосген)	ОБУВ, мг/м^3	0,03	[3]

Применение некоторых методов переработки хлорсодержащих органических отходов приводит к образованию других токсичных канцерогенных отходов, которые невозможно уничтожить даже сжиганием, поэтому необходимо захоронение на полигонах [1]. При этом захоронение ХОС – не решение проблемы, а только отсрочка, потому что нельзя полностью пренебрегать вероятностью миграции захораниваемых отходов с полигонов в окружающую среду [2].

Но если для переработки хлорсодержащих отходов на промышленных предприятиях процессы, пусть и не универсальные, существуют, то решение проблемы утилизация хлорсодержащих соединений при многотоннажном разливе находится в зачаточном состоянии.

В настоящее время для сбора разлившихся хлорорганических соединений используются сорбенты. Как показали исследования [5, 6], соотношение массы сорбента и массы хлорсодержащего вещества равно 1:1. На ликвидацию разлива хлорсодержащего вещества известной массы необходимо использовать сорбенты массой, равной или не превышающей массу разлитого вещества [5, 6].

Сжигать разлившиеся ХОС в окружающей среде, в месте разлива может показаться эффективным и дешевым решением проблемы, так как предполагается, что сожжение предотвращает миграцию токсикантов в экосистемы. Но токсичность некоторых продуктов горения ХОС (табл. 1) выше, чем токсичность самих соединений. Образование диоксинов приводит к снижению значения гигиенических нормативов в *миллиард* раз.

Авария с многотонным разливом ХОС – экологическая катастрофа, с мгновенными и долгосрочными последствиями. В табл. 1 приведены только значения гигиенических нормативов для атмосферного воздуха. Хлорорганические соединения при разливе вызывают и серьезную деградацию почв и водных экосистем, потому что полностью предотвратить миграцию токсикантов с места разлива невозможно. Хлорорганические токсиканты жирорастворимы. Накопление в живых организмах приведет к перемещению токсикантов по трофическим цепям, и тогда наиболее уязвимыми будут организмы, находящиеся на вершинах трофических пирамид, то есть

хищники и человек. Всему миру известна история о снижении популяции белого орла в США из-за попадания пестицида ДДТ в организмы птиц. Аналогичная ситуация (остается надеяться, что затронуто будет меньше живых организмов, чем при многолетнем применении ДДТ) возможна случае многотонного разлива хлорорганики.

Уничтожение большого количества разлившихся ХОС – не разрешимая сегодня задача. Но работать нужно не только над механизмами ликвидации таких чрезвычайных ситуаций, но и над предотвращением подобных катастроф. Исправность поездов, перевозящих высокотоксичные вещества, состояние железнодорожного полотна, движение транспорта по пути следования поездов должны быть под особым контролем. Устойчивое развитие невозможно без осуществления техносферной безопасности.

Исследование направлено на достижение Цели 12 в области устойчивого развития: Ответственное производство и потребление.

Литература:

1. Демина, Т. Я. К проблеме утилизации отходов химических технологий на примере производства хлорорганических соединений / Т. Я. Демина, Л. Р. Шаяхметова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № 10-2(48). – С. 10-13. – EDN JVGKSZ.
2. Зотов, С. Б. Проблемы уничтожения стойких органических загрязнителей окружающей среды / С. Б. Зотов, О. И. Тужиков, Я. Л. Ускач // Химическая промышленность сегодня. – 2009. – № 2. – С. 17-24. – EDN KKOBVN.
3. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» / URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/npa-files/2021/01/28/sanpin1.2.3685-21.pdf (дата обращения: 3.04.2023).– Режим доступа: свободный.–Текст: элктронный
4. Диоксин (тревоги сегодня, трагедия завтра) / Б.Н. Филатов, А.Е. Данилина, Г.М. Михайлов, М.Ф. Киселев. Москва, 1997. – 132 с.
5. Булкин С.А., Шарифуллина Л.Р. Ликвидация разливов хлорсодержащих веществ в жидкой фазе с использованием сорбентов // Гражданская оборона и природно-технические системы. Воронеж, 2022. С. 166-172.
6. Булкин С.А. Зависимость скорости сорбции от характеристик углеродных сорбентов применяемых при ликвидации разливов хлорсодержащих веществ // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 2 (58). С. 98-102.

УДК 331.453

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ СФЕР С СОДЕРЖАНИЕМ СЕРЕБРА, МЕДИ И ЦИНКА НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОДЫ

Горева Анастасия Евгеньевна
Студент, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия, goreva.nas@yandex.ru
Лялина Зоя Алексеевна
Студент, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия, lyalinaz1306@gmail.com
Русинов Александр Владимирович*
Кандидат технических наук, доцент кафедры молекулярной биотехнологии, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия, rusinov.alex@gmail.com

Ключевые слова: *очистка воды; антибактериальный эффект; серебро; керамические сферы*

STUDY OF THE INFLUENCE OF CERAMIC SPHERES WITH SILVER, COPPER AND ZINC ON THE MICROBIOLOGICAL SAFETY OF WATER

Goreva Anastasia Evgenievna
Student, Saint-Petersburg State Institute of Technology, Saint-Petersburg, Russia, goreva.nas@yandex.ru
Lyalina Zoya Alekseevna
Student, Saint-Petersburg State Institute of Technology, Saint-Petersburg, Russia, lyalinaz1306@gmail.com
Rusinov Alexander Vladimirovich*
Ph.D., Associate Professor, Saint-Petersburg State Institute of Technology, Saint-Petersburg, Russia, rusinov.alex@gmail.com

Keywords: *water purification; antibacterial effect; silver; ceramic spheres*

The study is devoted to the problem of preserving water for a long time at enterprises and facilities of the chemical industry in a form that is safe for human use. A method of water purification using a cartridge filled with ceramic balls with an antibacterial effect based on the action of silver, copper and zinc is considered.

В настоящее время качество потребляемой воды становится все более актуальной проблемой. В ряде регионов Земли отсутствуют водопроводные коммуникации к жилым строениям, что приводит к использованию различных емкостей для длительного хранения воды. Со временем в таких емкостях может развиваться патогенная микрофлора. Из-за потребления не очищенной в нужной степени воды, по данным Всемирной организации здравоохранения, погибают более миллиона человек в год [1].

Потребность в хранении некоторого объема очищенной воды может быть обусловлена и другими причинами. Например, участки предприятий химической промышленности, различные промышленные объекты, где производятся работы с опасными для человека жидкостями, должны быть оснащены специализированными автономными душевыми установками со встроенными емкостями с чистой водой. Такие установкам позволяют сотруднику оперативно и беспрепятственно смыть опасные вещества с одежды и открытых (возможно поврежденных) частей тела. Хранимая вода должна отвечать нормам безопасности по химическим и микробиологическим параметрам.

Качество воды оценивают по ряду факторов. К ним относятся физические (мутность; цвет; запах; вкус; температура воды; общее количество оседающих, фильтруемых и растворенных твердых веществ), химические (следовые количества органических и неорганических веществ, которые могут быть токсичны для человека) и биологические (общее микробное число; бактериальные и вирусные патогены, которые представляют наибольшую угрозу для жизни человека).

Мы рассмотрели несколько методов очистки воды, которые применяются в настоящее время, как индивидуально, так и в комплексе друг с другом. Наиболее распространены: хлорирование, озонирование, использование различных фильтров и адсорбентов. Часть методов очистки воды имеют ограничения: неэффективность против простейших патогенов, изменение вкуса воды, возможное образование побочных продуктов дезинфекции [2]. Методы, основанные на эффектах воздействия комплекса из ионов серебра, меди и цинка, в значительной мере лишены указанных недостатков и действуют на широкий спектр бактерий и вирусов.

Керамические антибактериальные шарики представляют собой инновационный продукт, который может быть безопасно использован для очистки воды и поддержания ее в очищенном состоянии. Они состоят из керамических сфер, содержащих ионы серебра, цинка и меди, которые обладают бактериостатическими свойствами, что позволяет замедлить рост микроорганизмов и предотвратить их размножение [3]. Известен эффект удаления (связывания и осаждения) из воды тяжелых металлов и окислителей, обусловленный окислительно-восстановительными реакциями и катализом. При взаимодействии поверхности шарика с ионами металлов происходит их связывание, и ионы тяжелых металлов, растворенные в воде, восстанавливаются до нерастворимых соединений и наносятся на поверхность шарика.

Цель работы – разработка технологии очистки и поддержания воды в безопасном состоянии при ее длительном хранении с использованием керамических сфер, содержащих ионы серебра, меди и цинка.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Подготовить модельную емкость, предназначенную для длительного хранения воды;
2. Изготовить из инертного материала картридж для керамических сфер;
3. Провести ряд экспериментов для определения необходимого и достаточного количества шариков, обеспечивающего хранение воды в безопасном по микробиологическим показателям виде.

Эксперимент, имитирующий длительное хранение воды проводили в емкости из нержавеющей стали. Керамические шарики помещали в картридж из полипропилена. Были проведены эксперименты с чистой водопроводной водой и водой, имитирующей техническое загрязнение. Использованная вода соответствует СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

В результате проведенных экспериментов в воде с добавленными шариками, отмечено повышение концентрации ионов меди (Cu, суммарно) в 7 раз по сравнению с водопроводной водой. Концентрация ионов цинка возросла с 269 до 301 мкг/л. Жесткость воды снизилась с 2,0 до 1,25. Концентрация по серебру не изменилась. Значения концентраций находятся в рамках ПДК (предельно допустимая концентрация).

Микробиологический анализ после хранения в емкости в течение 7 дней без добавления керамических шаров показал несоответствие воды СанПиН и ГОСТ 24849–

2014 по общему микробному числу. Анализ воды после выдержки в течение 7 дней с первично выбранной навеской шариков показал только бактериостатический эффект, что, по нашему мнению, связано с недостаточным временем воздействия. Посевы образцов на агаризованную среду, не выявили появления и роста колоний микроорганизмов.

Результаты проведенных экспериментов показали целесообразность применения антибактериальных керамических шариков для очистки и поддержания воды в безопасном состоянии. Отмечено, что при использовании картриджей, заполненных керамическими сферами, крайне сложно превысить допустимую концентрацию ионов серебра, меди и цинка в воде, что делает их безопасными при использовании, особенно в условиях производств. Также возможно использование данных изделий в течение длительного времени без потери их свойств и эффективности.

Исследование направлено на достижение Цели 6: Чистая вода и санитария.

Литература:

1. WHO. Water Factsheet: World Health Organization. 2018. Режим доступа: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/ (дата обращения: 17.02.2023).

2. Qilin Li, Shaily Mahendra, Delina Y. Lyon et al. Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: Potential applications and implications, Water Research, Volume 42, Issue 18, 2008, Pages 4591-4602, ISSN 0043-1354, https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.08.015.

3. Niels Hadrup, Henrik R. Lam, Oral toxicity of silver ions, silver nanoparticles and colloidal silver – A review, Regulatory Toxicology and Pharmacology, Volume 68, Issue 1, 2014, Pages 1-7, ISSN 0273-2300, https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2013.11.002.

УДК 504.53.062.4

БИОРЕМЕДИАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И ГРУНТОВ КАК НАИЛУЧШАЯ ПРИРОДООХРАННАЯ ПРАКТИКА

Грошева Светлана Валерьевна
аспирантка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, sgrosheva90@gmail.com
Тихонова Ирина Олеговна*
кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, iriti-may@yandex.ru

Ключевые слова: *наилучшие природоохранные практики; биоремедиация; нефтезагрязненные почвы*

BIOREMEDIATION TECHNOLOGY AS BEST PRACTICE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Grosheva Svetlana Valerievna
Postgraduate student of the 3rd training of the Department of Industrial Ecology, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, sgrosheva90@gmail.com
Tikhonova Irina Olegovna*
PhD, Associate Professor of the Department of Industrial Ecology, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, sgrosheva90@gmail.com.

Keywords**:** *nature-based solutions; bioremediation; oil-contaminated soils*

Accidental spills of oil products are currently one of the main causes of disturbance of the soil biocenosis and the loss of their fertile properties. In order to restore them, various methods are used. Bioremediation is one of the most popular methods.

Природоприближенные решения (Nature-based Solutions – NBS) определяются Международным союзом охраны природы и природных ресурсов (International Union for Conservation of Nature – IUCN) как действия по защите, устойчивому управлению и восстановлению экосистем, в том числе направленные на решение социальных проблем, обеспечивая благополучие человека и поддержание биоразнообразия [1]. Концепция природоприближенных решений возникла как альтернатива традиционным инженерным решениям и ее лучше всего рассматривать как «зонтик», который охватывает ряд различных подходов из различных сфер, объединенных общим вниманием к экосистемным услугам и нацеленных на решение социальных проблем. Акцент на применение именно природоприближенных решений очень важен, в связи с тем, что они планируются к реализации не на промышленной площадке, а на значительном удалении от неё. При этом следует понимать, что природоприближенные решения должны быть реализованы в первую очередь для значимых экологических аспектов – тех, которые были выбраны через оценку экосистемных услуг [2]. Экосистемные услуги были определены как выгоды, которые люди получают от экосистем, такие как продовольствие, топливо, чистый воздух, пресная вода, борьба с наводнениями и болезнями и опыление сельскохозяйственных культур, а также возможности для культурного, духовного и рекреационного опыта. Показатели экосистемных услуг являются критически важными для оценки состояния экосистемы, что позволяет определять стратегии и прочие необходимые вмешательства для более успешного управления ими, включая разработку проектов рекультивации нефтезагрязненных почв и грунтов. В 2011 г. международными организациями был определен перечень приоритетных секторов экономики, для которых разрабатываются документы в части Наилучших природоохранных практик (Best Environmental Practices – BEP) на основании следующих критериев: степень воздействия сектора на окружающую среду, уровень внедрения объединенной системы экологического

менеджмента и аудита (EMAS) в секторе, и потенциал минимизации негативного антропогенного воздействия в производственной цепи. В настоящее время для рекультивации нефтезагрязненных почвогрунтов наиболее эффективными являются биологические методы, которые заключаются во внесении микроорганизмов-нефтедеструкторов одновременно с внесением структураторов почвы, которые также являются сорбентами углеводородов. Структураторы способствуют стабилизации основы почв, улучшают её дренируемость и водный режим, уменьшают эрозию и деструкцию. Устойчивое развитие при работе на нефтегазовых месторождениях должно базироваться на принципах экономики замкнутого цикла, а также применении современных технологий по утилизации отходов от бурения, включая нефтезагрязненные почвогрунты Одной из таких технологий является биоремедиация [3]. В зависимости от содержания нефтепродуктов в загрязненных почвогрунтах применяют различные виды микроорганизмов-нефтедеструкторов, подбирают температурные режимы ведения работ, оптимальную влажность, а также используют различные добавки (структураторы), позволяющие интенсифицировать процесс. Основным плюсом данной технологии является возможность снижения класса опасности отходов и возврата загрязнённых почвогрунтов в хозяйственный оборот. В качестве вторичных ресурсов (отходов), которые могут применяться в качестве структураторов, в данной работы были использованы крупнотоннажные органические отходы V класса опасности для окружающей среды – отходы производства пищевых продуктов (свекловичный жом, пивная дробина, гидролизный лигнин) [4]. При этом согласно статистическим данным Росприроднадзора [5], за 2021 год объем образования составил: свекловичного жома 714826 т, пивной дробины 1209942 т, а объемы утилизации этих отходов заметно меньше, что приводит к накоплению отходов и необходимости их размещения на полигонах. Таким образом, вовлечение крупнотоннажных органических отходов в хозяйственный оборот при проведении работ по биоремедиации нефтезагрязненных почвогрунтов позволит не только повысить интенсификацию процесса биоремедиации, но и достичь определенного процента замещения природных ресурсов вторичными ресурсами, тем самым обеспечив отнесение биоремедиацию к наилучшим природоохранным практикам в области устойчивого развития. Цель устойчивого развития, с достижением которой связана работа – Цель 12: Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства.

Литература:

1. *Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S.* (eds.) (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: IUCN. xiii + 97 pp.
2. Ecosystem Restoration [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.cbd.int/restoration/ (дата обращения 28.03.2023)
3. ИТС 15-2021 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме термических способов)» [Электронный ресурс]. URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1667&etkstructure_id=1872 (дата обращения 27.03.2023).
4. Грошева С. В., Куликова Н. В., Тихонова И. О. Влияние различных структураторов на эффективность процесса деструкции нефтепродуктов (биоремедиации) // Успехи в химии и химической технологии: сборник научных трудов. — Т. 36. — РХТУ им. Д.И. Менделеева Москва, 2022. — С. 122–125.
5. Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы) за 2021 год, систематизированные по видам отходов ФККО [Электронный ресурс]. URL: https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/ (дата обращения 28.03.2023).

УДК 581.1:57.042:546.57

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ НА ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПОЧВАХ

Елисеева Анастасия Андреевна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, purpleecologist@gmail.com
Макарова Анна Сергеевна*
Доктор технических наук, профессор, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, annmakarova@mail.ru

Ключевые слова: *наночастицы серебра; горчица белая; кресс-салат широколистный; огурец обыкновенный; загрязнение тяжёлыми металлами; Цели устойчивого развития*

EVALUATION OF THE EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES ON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT IN CONTAMINATED SOILS

Eliseeva Anastasia Andreevna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, purpleecologist@gmail.com
Makarova Anna Sergeevna*
Doctor of Technical Sciences, Professor, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, annmakarova@mail.ru

Keywords: *silver nanoparticles; Mustard white; Cress broadleaf lettuce; Cucumber common; heavy metal contamination; Sustainable Development Goals*

Currently, large areas of land are polluted with heavy metal compounds. Among the solutions for land remediation in biotechnology is phytoremediation. The use of plants as hyperaccumulators of heavy metals has a disadvantage: plants can be exposed to the toxicity of heavy metals. To overcome this drawback, a method to intensify and accelerate phytoremediation has been proposed - the addition of silver nanoparticles. It is necessary to analyze the effect of silver nanoparticles on the resistance of plants to heavy metal toxicity.

В настоящее время значительные площади земель загрязнены соединениями тяжёлых металлов в силу различных причин, одной из которых являются аварийные ситуации на близлежащих промышленных предприятиях. Как следствие, такие территории «теряют» часть биоразнообразия и приводят к угнетению экосистем, а также автоматически выводятся из хозяйственного оборота, что наносит ущерб экономическому сектору страны.

Среди решений по восстановлению земель в биотехнологии предлагается ряд экологически чистых вариантов, одним из которых является фиторемедиация. Использование растений в качестве гипераккумуляторов тяжелых металлов выгодно с точки зрения осуществимости и затрат, но имеет тот недостаток, что растения могут подвергаться воздействию токсичности тяжелых металлов. Для преодоления этого недостатка был предложен метод для интенсификации и ускорения фиторемедиации – добавление наночастиц серебра [1].

Целью работы стал анализ влияния наночастиц серебра на устойчивость растений к токсичности тяжелых металлов. В задачи входили: 1) анализ литературных источников и зарубежных статей по теме фиторемедиации с использованием наночастиц серебра; 2) определение эффективности наночастиц серебра путём проведения эксперимента; 3) анализ результатов эксперимента с наночастицами серебра.

Кресс-салат широколистный (лат. Lepidium sativum L.) и горчица белая (лат.

Sinapis alba) были выбраны в качестве тестовой культуры, поскольку представители семейства Капустные, или Крестоцветные (Brassicaceae) обладают большей всасываемостью, быстро набирают биомассу и являются гипераккумуляторами загрязняющих веществ/металлов. Огурец обыкновенный «Молодец F1» (лат. Cucumis sativus), относящийся к семейству Тыквенные (Cucurbitaceae), также можно использовать в качестве гипераккумулятора, поскольку он обладает значительной площадью листовой поверхности, что может обеспечить попадание большего количества наночастиц серебра [2]. Раствор наночастиц серебра (CF3COOAg) с концентрацией 0,92 мг/л распылялся на растения до появления капель на поверхности листьев на 15-ые сутки эксперимента [3].

Для выявления зависимости роста и развития растений от добавления раствора наночастиц серебра были взяты морфометрические и физические показатели. На основе данных длины надземной части растений были построены графики сравнения показателей контроля (незагрязнённый грунт), смешанной почвы без добавления и с добавлением раствора наночастиц серебра (CF3COOAg) (рис. 1-3).

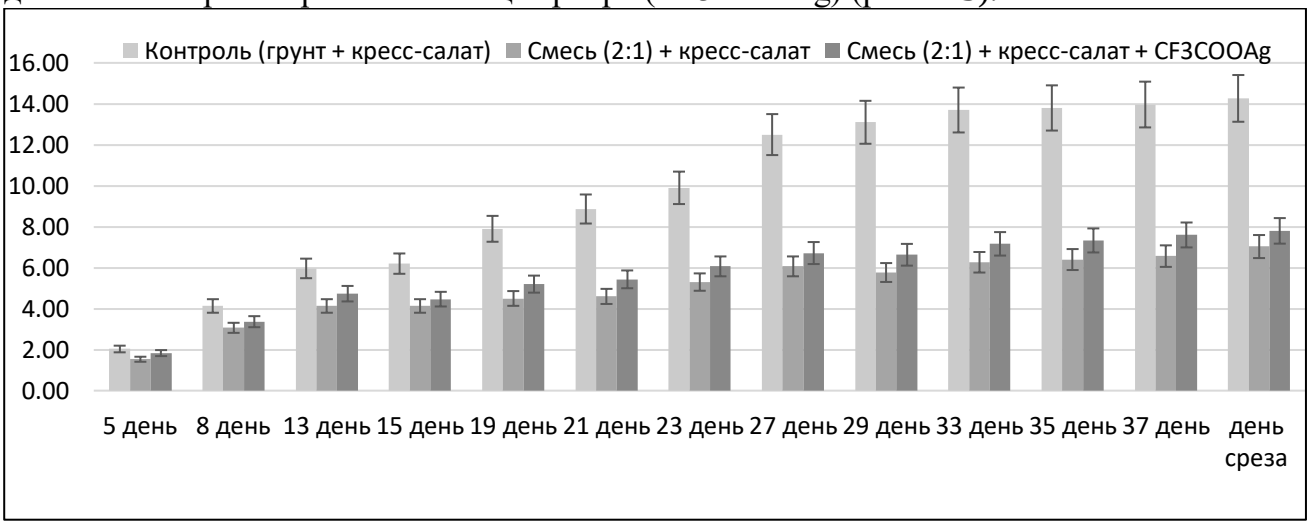


Рис. 1. График показателей длины надземной части кресс-салата по мере роста, см

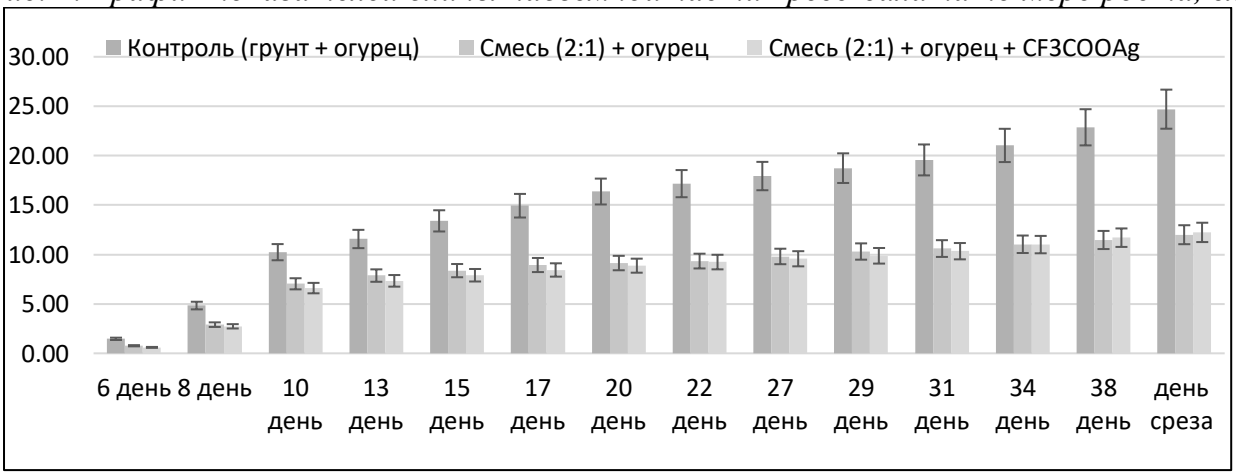


Рис. 2. График показателей длины надземной части огурца по мере роста, см

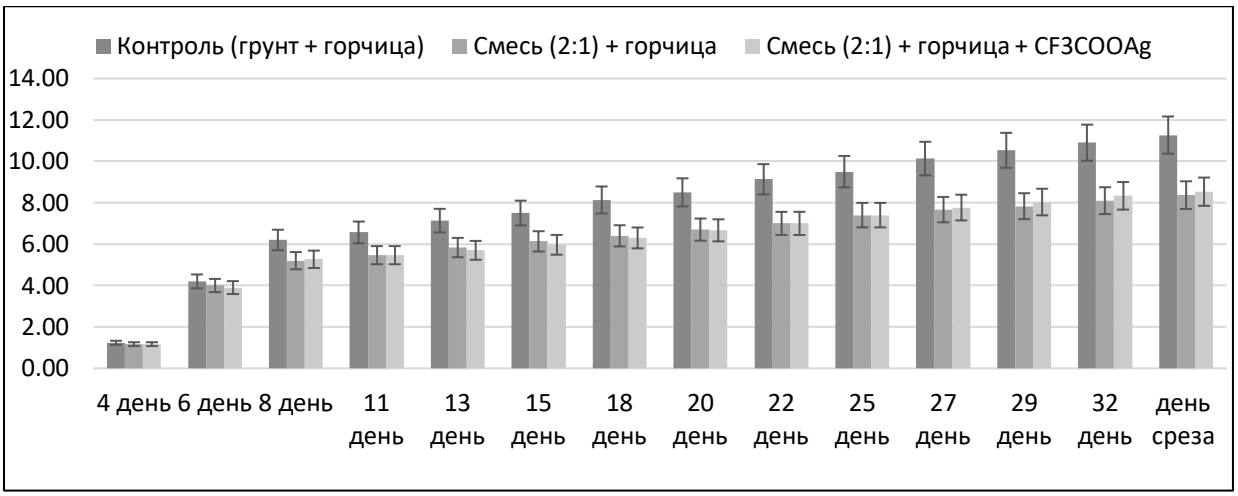


Рис. 3. График показателей длины надземной части горчицы по мере роста, см

На данных графиках (рис. 1-3) очень чётко прослеживается угнетающее действие тяжёлых металлов, находящихся в почве, по сравнению с контролем, где загрязнение отсутствует. Также можно увидеть небольшое улучшение состояния растений, которые были обработаны раствором наночастиц серебра. К окончанию эксперимента длина надземной части в контроле, как и полагается, примерно в 1,5-2 раза превышает эти же показатели у растений, находящихся в условиях загрязнённой почвы.

Поставленный эксперимент с наночастицами серебра для определения их влияния на рост и развитие кресс-салата широколистного (лат. Lepidium sativum L.), горчицы белой (лат. Sinapis alba) и огурца обыкновенного «Молодец F1» (лат. Cucumis sativus) позволяет сделать утверждение, что по мере роста растений видно угнетающее действие повышенных концентраций тяжелых металлов, однако показатели длины надземной части также показывают, что есть стимулирующее к росту действие раствора наночастиц серебра на растения, хотя оно очень незначительное. По визуальному осмотру на окончание эксперимента можно заметить, что растения после добавления раствора наночастиц серебра более пышные, с хорошим тургором, нежели растения, произраставшие на загрязнённых почвах без добавления раствора.

Исследование направлено на достижение Цели 15: Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию.

Работа выполнялась в составе научного коллектива кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Литература:

1. Maria Gavrilescu. Enhancing phytoremediation of soils polluted with heavy metals // Current Opinion in Biotechnology. – 2022. – P. 21 – 31.
2. Высоцкий С.П., Фрунзе О.В. Фиторемедиация загрязненных тяжелыми металлами почв с помощью злаков // Вестник Академии гражданской защиты. - 2019. - Выпуск 3(19). - С. 117-123.
3. Naeem Khan & Asghari Bano. Modulation of Phytoremediation and Plant growth by the treatment of PGPR, Ag nanoaprticle and untreated municipal wastewater // International Journal of Phytoremediation. – 2016. – P. 1258 – 1269.

УДК 504.3.054:504.064.36

ОСОБЕННОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИОКСИДА АЗОТА В ГОРОДСКОМ ВОЗДУХЕ

Завьялова Анна Денисовна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, anutikumka@gmail.com
Кузнецов Владимир Алексеевич*
Доктор технических наук, профессор, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, vakuz@inbox.ru

Ключевые слова: *устойчивое развитие городов; качество атмосферного воздуха; диоксид азота в атмосфере; селитебная зона; природные участки городских территорий*

PECULIARITIES OF THE HORIZONTAL DISTRIBUTION OF NITROGEN DIOXIDE IN THE URBAN AIR

Zavyalova Anna Denisovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, anutikumka@gmail.com
Kuznetsov Vladimir Alekseevich*
Doctor of Technical Sciences, Professor Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, vakuz@inbox.ru

Keywords: *sustainable urban development; atmospheric air quality; atmospheric nitrogen dioxide; residential area; natural areas in cities*

The topography, architectural features, and the presence or absence of natural areas can lead to the accumulation of pollutants in some local areas of cities. This paper presents the results of a study to assess the horizontal distribution of nitrogen dioxide in the residential area and natural areas of urban areas in the Severnoye Tushino district during the autumn-winter period of 2022.

Одним из главных источников загрязнения воздуха оксидами азота является автомобильный транспорт. В последние годы наблюдается тенденция возрастания их содержания в приземном слое воздуха, что особенно заметно в городах. Высокотоксичный диоксид азота является особо опасным для здоровья человека, он агрессивно воздействует на слизистые оболочки дыхательных путей и вызывает затруднённое дыхание [1]. В связи с этим основное внимание в данной работе было обращено на определение содержания диоксида азота в приземном слое воздуха.

Исследование проводилось в районе общежития РХТУ в Северном Тушино в два периода (в сентябре-октябре и ноябре-декабре 2022 года) и состояло из двух частей:

1. Изучение особенностей горизонтального распределения диоксида азота в селитебной зоне;

2. Изучение особенностей горизонтального распределения диоксида азота на природных участках городских территорий.

В Москве для мониторинга состояния воздуха в разных административных округах используются 56 автоматических станций. Все данные со станций поступают на сайт Мосэкомониторинга [2].

Анализ данных Мосэкомониторинга показал, что в разных областях Москвы диоксид азота накапливается неодинаково. Существует возможность локального накопления примесей, связанного с неравномерным распределением источников NO_2 и с особенностями движения воздушных масс в приземной зоне. Рельеф местности, архитектурные особенности и наличие или отсутствие природных и озеленённых

участков может приводить к накоплению примесей в отдельных локальных участках городов [3].

В исследовании использовались диффузионные пробоотборники типа бейджа, которые отличаются компактностью, простотой обслуживания, небольшой стоимостью и независимостью от источников энергии.

Принцип работы пробоотборников основан на процессе сухого осаждения примесей [4, 5]. При этом газообразные примеси в ходе молекулярной диффузии проникают через ламинарный слой воздуха и достигают поглощающей поверхности с нижней части поглотителя. После экспозиции примеси переводят в раствор. Определив концентрацию нитратов в растворе, её пересчитывают в интенсивность поглощения с учётом параметров пробоотборника и времени экспозиции. Используя данные с ближайшей станции мониторинга и значения интенсивности поглощения пробоотборников около этой станции, вычисляют пересчётный коэффициент, с помощью которого получают значения средних за период экспозиции концентраций диоксида азота в воздухе для всех остальных точек наблюдения. Измерения были выполнены на оборудовании Центра коллективного пользования имени Д. И. Менделеева.

Для изучения особенностей горизонтального распределения диоксида азота в селитебной зоне был выбран участок зелёных насаждений, расположенный вдоль движения автотранспорта по улице Туристская. Контрольные точки были расположены на расстоянии 200, 300, 400, 500 м по мере удаления от общежития Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева с севера на юг. Заранее подготовленные пробоотборники размещались на деревьях на высоте 1,5 метров над землей.

Результатов показали, что диоксид азота в воздухе селитебной зоны распределён неравномерно. В точке, расположенной на расстоянии 200 м от общежития РХТУ в оба периода наблюдалась максимальная концентрация диоксида азота.

Для изучения особенностей горизонтального распределения диоксида азота на природных участках был выбран Алёшкинский лес, расположенный вдоль МКАД и ограниченный с других сторон жилыми массивами. В Алёшкинском лесу были выбраны контрольные точки на расстоянии 100, 250, 400, 550, 700, 850 м по линии, перпендикулярной МКАД. Пробоотборники размещались на деревьях на высоте 1,5 м над землей.

В оба периода наблюдений в ближайшей к МКАД контрольной точке (100 м от МКАД) в воздухе не было обнаружено высоких концентраций диоксида азота. Его концентрация увеличивалась при удалении от 100 до 250 метров от МКАД, а затем опять снижалось. На наш взгляд, подобная неравномерность распространения примесей на территории природного участка связана с тем, что воздух непосредственно над МКАД и транспортные выбросы имеют более высокую температуру, чем воздух вблизи автотрассы. Более тёплый воздух поднимается вверх, удаляется от МКАД и после охлаждения опускается на расстоянии примерно 250 м от автомобильной дороги. В дальнейшем к середине природного участка концентрация диоксида азота снижалась и начинала вновь резко возрастать по мере приближения к другому краю леса, что, вероятно, связано с наличием на этом участке городской застройки автомобильной парковки.

Таким образом, проведённое исследование показало, что в селитебной зоне и на природных участках Северного Тушина диоксид азота накапливается неравномерно, обнаружены локальные участки с повышенным содержанием диоксида азота, не

благоприятные для длительного пребывания человека. Для выявления подобных участков рекомендуется использовать разрабатываемый в РХТУ метод пассивной дозиметрии.

Исследование направлено на достижение Цели 11: Устойчивые города и населённые пункты.

Литература:

1. Демьянцева Е. А., Шваб Е. А., Реховская Е. О. Механизм образования и негативное влияние выбросов, содержащих оксиды азота // Молодой ученый. — 2017. — №2. — С. 231-234. — URL , [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://moluch.ru/archive/136/38002/
2. Мосэкомониторинг. Качество воздуха города Москвы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mosecom.mos.ru/air-quality/
3. Тасейко О.В., Сугак Е.В. Репрезентативность пунктов наблюдения при оценке каческтва воздуха в городской среде//Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. , [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15560
4. Тарасова Н.П., Кузнецов В.А. Интегральная оценка загрязнения атмосферного воздуха на городских природных территориях // Безопасность в техносфере. – 2008. №6. – С.24-27.
5. V. Kuznetsov, O. Bednova, N. Tarasova «Assessment of the quality of atmospheric air in woodlands of natural areas based on the intensity analysis of the process of dry deposition of impurities on an artificial underlying surface»// Pure Appl. Chem. Dec. 2021.

УДК 678.03

КОМПОЗИЦИИ ФТОРПОЛИМЕРНОГО ЛАТЕКСА И КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Зайкова Дарья Михайловна
Студент, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия, dzaykova1@gmail.com
Редина Людмила Васильевна*
Профессор, доктор технических наук, Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн Искусство) Москва, Россия, lvredina@mail.ru
***Ключевые слова**: латексы; полисахариды; экология; устойчивое развитие; композиционный материал*

COMPOSITIONS OF FLUOROPOLYMER LATEX AND CARBOXYMETHYLCELLULOSE

Zaykova Darya Mikhailovna
Student, A.N. Kosygin Russian State University (Technologies .Design. Art) Moscow, Russia, dzaykova1@gmail.com
Redina Lyudmila Vasilyevna*
Professor, Doctor of Technical Sciences, Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art) Moscow, Russia, lvredina@mail.ru
Keywords: latexes; polysaccharides; ecology; sustainable development; composite material

Polymer modification is one of the developing directions in the field of obtaining materials with new predetermined properties. For example, textile materials with anti-adhesive properties are obtained using high-molecular fluorinated preparations used in the form of aqueous dispersions or latexes. In addition to the high cost, these drugs are environmentally unsafe in production and use. To eliminate these disadvantages, fluoropolymers are used in the form of compositions with polysaccharides.

Модифицирование полимеров является одним из развивающихся направлений в области получения материалов с новыми заранее заданными свойствами. Так, например, текстильные материалы с гидро-, олеофобными (или антиадгезионными) свойствами получают с использованием высокомолекулярных фторсодержащих препаратов, применяемых в форме водных дисперсий или латексов. Помимо высокой стоимости данные препараты являются экологически небезопасными при производстве и применении[1]. Для устранения этих недостатков фторполимеры применяются в виде композиций, например с полисахаридами [2]. На примере латекса СКФ-26 в композициях с альгинатом натрия или метилцеллюлозой показано, что эти добавки повышают свободную энергию поверхность субстрата, в результате чего улучшаются его адгезионные характеристики. Данный материал получил название «искусственная кожа» и рекомендован для использования при лечении ожогов, поражений кожного покрова и быстрого заживления ран [3]. Описаны композиции латексов полифторалкилакрилатов типа ЛФМ-Н с другим природным полимером – хитозаном, которые, наряду с антибактериальными, сообщают волокнистому материалу способность не смачиваться жидкостями различной химической природы, что позволяет расширить области применения [4]. В данной работе были получены новые композиции на основе фторполимерного латекса и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Целью данной работы является исследование свойств композиций и обоснование оптимального состава для поверхностного модифицирования волокнистых материалов. Данное сочетание компонентов может снижать расход латекса и сообщать текстильному материалу комплекс новых свойств. В качестве исходных материалов в данной работе использовали опытно промышленный образец латекса ЛФ-2 на основе поли-1,1,5 тригидроперфторамилакрилата (ФГУП «РНЦ «Прикладная химия», г. Пермь), содержащего четыре перфторированных атома углерода в радикале, что позволяет считать данный препарат экологически безопасным. Карбоксиметилцеллюлоза является производным целлюлозы,

используется в качестве загустителя и для стабилизации водных растворов [4]. При изучении коллоидно-химических свойств установлено, что при повышении количества карбоксиметилцеллюлозы размер частиц увеличивается, что, вероятно, связано со способностью КМЦ связывать латексные частицы. Частицы латекса и карбоксиметилцеллюлозы обладают отрицательным дзета-потенциалом, поэтому и частицы композиции на их основе сохраняют аналогичный заряд. При введении в композицию карбоксиметилцеллюлозы до 20% значение электроотрицательности снижается. Дальнейшее повышение содержания полисахарида в системе до 80% приводит к ещё большему уменьшению электрокинетического потенциала до -58 мВ. Изменение соотношения компонентов незначительно сказывается на поверхностном натяжении и варьируется от 38 до 43 мН/м, что может быть связано с низкой поверхностной активностью карбоксиметилцеллюлозы. Для оценки эффективности действия полученных композиций ЛФ-2:КМЦ были изучены антиадгезионные свойств модифицированного волокнистого материала - вискозной ткани. Кроме того, было проведено осаждение полимеров на стеклянной подложке. Осаждение проводили по следующей схеме: на приборные стекла наносили композиции с разным соотношением ЛФ-2:КМЦ, высушивали, а затем термофиксировали. Эффективность оценивалась с помощью измерения краевого угла смачивания дистиллированной водой. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Краевые углы смачивания

Состав композиции ЛФ-2:КМЦ,%	Краевой угол смачивания поверхности,°	
	На вискозной ткани	На стеклянной подложке
100:0	105	90
90:10	103	88
80:20	104	85
70:30	99	86
60:40	99	83
40:60	94	82
20:80	92	80
10:90	90	79
0:100	0	0

Результаты показали, что с увеличением содержания в композиции гидрофильного компонента КМЦ до 40% краевой угол смачивания практически не меняется, что говорит о формировании особой структуры латексных частиц, которая обусловлена возможными взаимодействиями между латексом и полисахаридом. Исследование было направлено на достижение Цели 12: Ответственное потребление и производство.

Литература:

1. Горностаева Е.А , Фукс С.Л. Влияние фторсодержащих соединений на живые организмы (обзор) //Теоретическая и прикладная экология. – 2017.- № 1.- С.14.

2. А.С. Высоковский, И.С. Коротнева, А.В. Комин, Е.А. Полякова Биокомпозиционный материал на основе синтетических латексов и природных полисахаридов // Химия и химическая технология. – 2013.- Т. 56. - № 12. – С. 105.

3. Давыдова Г.А. Разработка новых биоматериалов типа «искусственная кожа» на основе фторполимерного латекса, модифицированного полисахаридами: автореф. дис. ... наук: 03.00.02. – Пущино, 2005. – 25с.

4. Землянская Д.В., Елизарьева А.В., Редина Л.В. Исследование свойств композиций фторполимерных латексов с хитозаном // Тез.докл. Всероссийской научной студенческой конференции «Интекс-2014».- М.: МГУДТ, 2014.- С. 69-70.

5. Карбоксиметилцеллюлоза - химические свойства, применение. – URL: https://www.ataman-chemicals.com/ru/products/karboksimetilcellyuloza-2078.html (дата обращения: 19.03.2023)

УДК 543.052

АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ КАНЦЕРОГЕННЫХ И ТОКСИЧНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В АТМОСФЕРЕ (НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Зайцев Денис Андреевич
Аспирант, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия, dzaytsev87@gmail.com
Хусаинов Ильяс Ринатович
Аспирант, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия, rinatovikoffical@gmail.com
Зайцева Ирина Андреевна
Магистр, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия, zay1409@yandex.ru
Роева Наталья Николаевна*
Заведующая кафедрой «Химия и экотоксикология», доктор химических наук, профессор, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия, roeva@mgupp.ru

Ключевые слова: *атмосфера; тяжелые металлы; эмиссия; мониторинг; атомно-абсорбционный анализ; атомно-эмиссионный анализ с индуктивно связанной плазмой*

ANALYTICAL CONTROL OF THE CONTENT OF CARCINOGENIC AND TOXIC POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERE OF THE MOSCOW REGION

Zaitsev Denis Andreevich
PhD student, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia, dzaytsev87@gmail.com
Khusainov Ilyas Rinatovich
PhD student, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia, rinatovikoffical@gmail.com
Zaitseva Irina Andreevna
Master, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia, zay1409@yandex.ru
Roeva Natalia Nikolaevna*
Head of the Department of Chemistry and Ecotoxicology, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Moscow, Russia, roeva@mgupp.ru

Keywords: *atmosphere; heavy metals; emission; monitoring; atomic absorption analysis; inductively coupled plasma atomic emission analysis*

The state presents the results of determination in atmospheric air samples. The basic methods of analysis were atomic absorption, atomic emission with inductively coupled plasma, and spectrophotometric methods. It has been established that the concentrations in the studied samples do not exceed their MPC and APC, with the exception of lead.

Известно, что качество атмосферного воздуха в городах определяется по балльному показателю загрязнения атмосферы ИЗА, который является комплексным индексом, учитывающим несколько приоритетных примесей. Он характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха. В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения атмосферного воздуха считается низким при ИЗА от 0 до 5, повышенным при ИЗА от 5 до 7, высоким при ИЗА от 7 до 14 и очень высоким при ИЗА ≥ 14 [1]. Важную роль в загрязнении атмосферы отводится канцерогенным и токсичным загрязнителям, обладающим высокой подвижностью и миграционной способностью, а также склонностью к биоконцентрированию и биоаккумулированию [2]. Особенно ярко свойства этих загрязнителей, потенциально оказывающих негативное влияние на качество

атмосферного воздуха, проявляются в районах, подверженных активному техногенному воздействию. К числу таких районов относятся Московская область, где сконцентрированы многообразные антропогенные источники, которым принадлежит доминирующий вклад в загрязнении атмосферы в результате их функционирования [3]. Целью данной работы являлось проведение в течение 2020-2022 гг. атмосферного мониторинга на территории Московской области и анализ источников выбросов. Оценка эмиссии канцерогенных и токсичных загрязнителей в атмосферный воздух проводилась в Клину, Подольске, Серпухове. Определено, что основными источниками загрязнения атмосферы в данном регионе являются тепловые электростанции, бытовые котельные, предприятия нефтепереработки, нефтехимии и химии, автомобилестроения, металлургии, машиностроения, стройиндустрии, электротехники, а также автомобильный, железнодорожный и речной транспорт [4]. Для определения загрязнителей в атмосферном воздухе применялись атомно-абсорбционный метод, атомно-эмиссионный метод с индуктивно связанной плазмой и спектрофотометрические методы, позволяющие с достаточно высокой чувствительностью и точностью получать достоверные данные анализа [5]. На основании данных мониторинга было установлено, что наибольшая концентрация поллютантов, превышающих 1 ПДК, наблюдались в пробах атмосферных аэрозолей, отобранных в Клину и Подольске. За трехлетний период 2020–2022 гг. отмечен рост концентраций диоксида азота – в Клину; формальдегида – в Подольске и Серпухове. Для тяжелых металлов подобная тенденция сохранялась. Вместе с тем, было установлено снижение концентраций формальдегида и бенз(а)пирена в атмосферном воздухе исследуемых территорий. Поскольку атмосфера является резервуаром загрязнений биосферы в целом, то важным представлялось определение содержание тяжелых металлов, которые попадают в почву за счет атмосферных осадков. Проведен почвенный мониторинг в течение 2020-2022 гг. на исследуемых территориях. Отработаны оптимальные условия пробоотбора и пробоподготовки почвенных образцов. Определено валовое содержание канцерогенных и токсичных загрязнителей и оценены концентрационные уровни содержания их лабильных форм в почвах атомно-эмиссионным методом. Установлено, что массовые доли большинства определяемых загрязнителей в исследуемых почвах не превышали установленных ПДК и ОДК за исключением свинца. Данная работа соответствует Цели в области устойчивого развития (Цель 11: Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов).

Литература:

1. Роева Н.Н., Баранов А.Н., Гребенкин Н.Н., Зайцев Д.А. *Эколого-аналитический контроль атмосферных загрязнений*. Рязань: Изд-во «РИД», 2013. 264 с.
2. Роева Н.Н., Мешалкин А.В., Кривов С.И. *Геохимия и геофизика биосферы*. Калуга: Изд-во научной литературы «ЭЙДОС», 2010. 640 с.
3. Разяпов А.З. *Методы контроля и системы мониторинга загрязнений окружающей среды: монография*. М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. 220 с.
4. Воронич С.С., Зайцев Д.А., Гребенкин Н.Н., Роева Н.Н. Об особенностях атмосферной миграции цинка // *Экология урбанизированных территорий*. 2013. №1. С.55…58.
5. Воронич С.С., Роева Н.Н., Гребенкин Н.Н., Зайцев Д.А., Пахомов Д.Е. Спектральный анализ в атмосферном мониторинге молекулярных микрокомпонентов: аналитические возможности и перспективы // *Экологические системы и приборы*. 2015. №1. С. 4…9.

УДК 669+504.054

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Зайцева Юлия Александровна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, zaitseva_ya8@mail.ru
Малков Александр Владимирович*
Профессор, д.т.н., Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, malkov.a.v@muctr.ru

Ключевые слова: *промышленность, металлургия, состояние окружающей среды, экология, Красноярский край.*

COMPLEX STUDY OF THE IMPACT OF INDUSTRY IN KRASNOYARSK KRAI ON THE ENVIRONMENT

Zaitseva Yulia Alexandrovna
Student, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, zaitseva_ya8@mail.ru
Malkov Alexander Vladimirovich*
Professor, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, malkov.a.v@muctr.ru

Keywords: *industry, metallurgy, environment, ecology, Krasnoyarsk Krai.*

Krasnoyarsk Krai is an industrialized region of Russia. It contains a large amount of natural resources, large hydropotential and developed metallurgy. Aluminium production is the main source of emissions of harmful substances into the air. Measures are needed to minimize negative impacts on the environment.

Красноярский край – это промышленно значимый регион России. В нем сосредоточено большое количество запасов природных ресурсов, велик гидропотенциал для обеспечения электроэнергией металлургических предприятий. В Красноярском крае развито производство черной и цветной металлургии, нефтехимическая промышленность, добыча угля, нефти, газа, торфа, руды и др.

С каждым годом потребление алюминиевой продукции растет. Применение данного метала охватывает широкий спектр различных областей. Из сплавов алюминия изготавливается транспорт, авиационные и космические детали, электроника, строительные материалы, в пищевой промышленности алюминий также применим в качестве фольги.

Основным производителем алюминия в России является Красноярский алюминиевый завод (КрАЗ). Предприятие производит около 1 млн тонн алюминия в год, покрывая потребности жителей России, а также экспортируя изделия в другие страны. Однако, предприятие оказывает негативное воздействие на состояние атмосферы и гидросферы г. Красноярска. Суммарное количество выбросов предприятий в 2014г. составило 204,9тыс.т., в 2019г. - 164,4 тыс.т ., в 2021 - 153,8тыс.т. Наблюдается снижение значения среднегодовых выбросов ЗВ, однако, уровень загрязнения с 2014г. по 2021г. характеризуется, как «очень высокий». Основными ЗВ в атмосферном воздухе в г. Красноярске являются: бенз(а)пирен, формальдегид, диоксид азота. С 2020г. производится мониторинг состояния ОС при помощи дополнительных стационарных постов, расположенных в 7 микрорайонах г. Красноярска: Северный, Солнечный, Черемушки, Ветлужанка, Покровка, Кировский, Свердловский. Это позволяется более точно характеризовать очаги загрязнения, наблюдать значения в динамике и предпринимать природоохранные действия.

Таблица 1

Промышленные предприятия Красноярского края, имеющие наибольшие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в 2014-2021 гг., тыс. т. [1]

Наименование предприятия	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
АО «РУСАЛ Красноярск»	61,3	60,5	57,8	56,8	55,1	56,8	54,5	54,0
АО «Назаровская ГРЭС»	48,8	50,6	48,0	48,7	47,6	44,8	29,4	27,4
Красноярская ГРЭС-2	36,1	48,0	48,0	42,9	41,4	н/д	3,9	15,3
АО «Полюс Красноярск»	14,8	18,5	20,0	20,3	24,2	24,7	25,9	18,2
Красноярская ТЭЦ-1	17,0	16,9	17,4	17,0	17,3	15,7	14,3	14,2
Красноярская ТЭЦ-2	14,9	15,1	15,3	14,0	15,0	14,1	15,5	16,0
Красноярская ТЭЦ-3	12,0	13,2	13,1	9,6	7,2	8,3	6,9	8,7
Всего по перечисленным предприятиям	204,9	222,8	219,6	199,7	207,8	164,4	150,4	153,8

Уровень заболеваемости Красноярского края в 2021 году на 10% выше уровня 2020 года. Наибольшие показатели заболеваемости отмечаются г. Красноярске, в г. Минусинске, в г. Норильске. Для Красноярского края зафиксирован неприемлемый канцерогенный риск – выше 1×10^{-4}. [2]

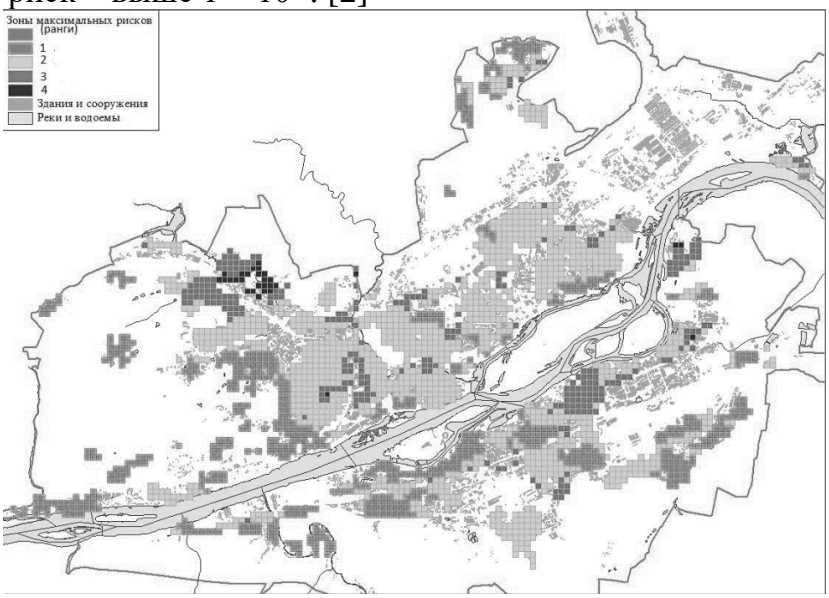


Рис. 1. Пространственное распределение аэрогенного риска на территории г. Красноярска [2]

Выявление болезней крови населения обусловлено загрязнение атмосферного воздуха бензолом, гидроксибензолом, оксидом углерода. Болезни органов дыхания связаны с нахождением в воздухе окислами азота, фтором и его соединениями, взвешенными веществами, формальдегидом, ароматическими углеводородами. Выявление злокачественных образований вероятностно обусловлено содержанием в воздухе повышенной концентрации канцерогенов – бенз(а)пирена, формальдегида, а также тяжелых металлов.

На основании проведенного анализа динамики загрязнения окружающей среды Красноярского края можно сделать вывод о том, что основными ЗВ являются: оксид углерода, бенз(а)пирен, формальдегид, диоксид азота. Эти соединения оказывают негативное влияние на окружающую среду, а также здоровье людей. Высокая заболеваемость населения края, вероятно, вызвана негативным влиянием предприятий. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит КрАЗ. Производство алюминия сопровождается выбросами SO_2, CO_2, бенз(а)пирена, формальдегида. Некоторые из данных веществ являются канцерогенами, способными при

незначительных концентрациях попадания в организм вызывать нарушения функций органов.

Прослеживая количество выбросов в динамике, видно, что уровень загрязнения атмосферы остается очень высоким. Необходимо совершенствование технологий по производству алюминия и установка новейших газоочистных сооружений для улавливания и обезвреживания вредных газов.

Исследование направлено на достижение Цели 11: Устойчивые города и населенные пункты.

Литература:

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды в Красноярском крае в 2021 году».
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2020 году».

УДК 543.087

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Земятова Светлана Владимировна
Доцент, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии, ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва, Россия, zsv.muctr@gmail.com

Ключевые слова: *аналитическая химия; экология; устойчивое развитие*

MODERN METHODS OF ANALYTICAL CHEMISTRY WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Zemyatova Svetlana Vladimirovna
Docent, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, zsv.muctr@gmail.com

Keywords: *analytical chemistry; ecology; sustainable development*

Success in achieving the Sustainable Development Goals largely depends on effective monitoring, analysis and control of this process. It is obvious that it is necessary to take into account the possibilities and modern achievements in the field of analytical chemistry to solve actual problems within the framework of the concept of Sustainable Development.

Экокатарсис Земли, обеспечение здорового образа жизни, наличия и рационального использования природных ресурсов и санитарии, качества продуктов питания и экологической безопасности окружающей среды и содействие благополучию людей в любом возрасте – важные составляющие устойчивого развития. Основные причины, приведшие к необходимости экокатарсиса Земли были впервые сформулированы 02 марта 2022 года на публичной лекции в Открытом Экологическом Университете профессором МГУ В.С. Петросяном: спасение людей от массовых онкологических заболеваний, разнообразных сердечно-сосудистых болезней и интенсивного разрушения гормональных систем, от вымирания в результате глобальных вирусных пандемий, предотвращение на Земле глобального изменения климата. Также были рассмотрены и пути реализации экокатарсиса Земли 26 апреля 2022 года на Конференции РАН в Москве и 27 апреля 2022 года в заключительной лекции проекта ОЭУ «Планете Земля необходим экокатарсис» [1,2].

Важная роль в решении вышеперечисленных проблем непосредственно связана с аналитической химией. Последние достижения аналитической химии в полной мере позволяют решать важнейшие проблемы современности острого характера, основываясь на четких представлениях практического использования химического знания как средства получения информации о химическом составе окружающего мира.

Актуальными современными методами анализа радиоактивных и токсичных веществ, вызывающих онкологические и сердечно-сосудистые заболевания, гормональные разрушения и другие болезни являются бета- и гамма-радиометрия, газовая и жидкостная хроматография с атомно-эмиссионным и масс-спектрометрическим детектированием и др., методами диагностики в организмах людей явлений, предшествующих возникновению и развитию болезней, включая патогенные инфицирования различными вирусами и бактериями – ЯМР-томография, лазерная спектроскопия, УЗИ, иммуноферментный анализ, электрохимические сенсоры и др. [1,2,3]. Вирусные патологии развиваются быстро и при несвоевременной терапии приводят к таким опасным осложнениям, как острый респираторный дистресс-синдром, менингит, энцефалит, пневмония и др. Как следствие, особенно актуальна экспресс-диагностика вирусной природы заболевания. Чувствительными, надежными и

доступными для экспресс-диагностики являются иммуноферментные методы, электрохимические сенсорные системы с конструктивными применениями рецепторов небиологической природы для экспресс-определения РНК-вирусов и др. Разработка портативных миниатюрных приборов для персонализированной медицинской диагностики, мониторинга среды обитания человека и фармацевтического анализа открывает революционную эпоху в развитии методов анализа и диагностики «in-situ», так называемая «point-of-care diagnostics» – «от пробирки – к смартфону» [3].

Еще одна из актуальных задач, решаемая при участии химиков-аналитиков – развитие диагностических методов ожирения, которое объединяет наследственные и приобретенные заболевания, причем эта проблема касается всех слоев населения независимо от социальной и профессиональной принадлежности, возраста, места проживания и пола. Актуальна быстрота выявления групп риска для детей с развитием ожирения из-за метаболических нарушений, дифференциация их от нарушений веса из-за снижения подвижности. Портативный «электронный нос-диагност» был успешно применен без предварительного разделения и отбора проб при помощи восьми пьезосенсоров для исследования особенностей состава смеси летучих соединений, выделяемых кожей предплечий детей с ожирением и иными сопутствующими нарушениями метаболизма [4].

Высокоэффективные методы контроля состояния объектов окружающей среды исключительно важны для диагностики приоритетных суперэкотоксикантов, особенно когда требуется повышенная точность и правильность определений. Сложность аналитической задачи, необходимость получения надежных и достоверных данных заставляет применять для их определения наиболее чувствительные и селективные методы современной аналитической химии, включая те, которые моделируют процессы в живой природе. Важным фактором является выбор и реализация правильной концепции анализа и эффективных методов химико-аналитического исследования вещественного состава объектов, выбранный метод должен наиболее полно отвечать поставленной задаче [5].

Особое внимание химикам-аналитикам следует обратить на такие суперэкотоксиканты как бенз(а)пирен, дибензодиоксины и дибензофураны, ДДТ, бенз(к)флуорантен, полихлорированные и полибромированные бифенилы, атразин, акриламид, глифосат, диалкилфталаты, цианотоксины и динофлагелляты, муравьиный и уксусный альдегиды, перфторалканы и соответствующие карбоновые кислоты, гексахлорбензол, органические и неорганические производные тяжёлых металлов (метилртуть, этилсвинец, таллий, бутилолово и др.). Приоритетной также является проблема негативных воздействий накопившихся на Земле свалок твёрдых коммунальных отходов, выбрасывающих в горящем и негорящем состояниях в экосистемы Земли супертоксиканты и парниковые газы, негативно влияющие на глобальное изменение климата и здоровье людей [2,5].

Для разделения и определения приоритетных суперэкотоксикантов используют тонкослойную хроматографию, газовую и жидкостную хроматографию с атомно-эмиссионным, масс-спектрометрическим и др. детектированием, атомно-эмиссионную спектроскопию с индуктивно связанной плазмой, ИК-Фурье спектроскопию, иммунохимический анализ, масс-спектрометрию, хромато-масс-спектрометрию, парофазный анализ и др. Детекторы: атомно-эмиссионный (АЭД), детектор на диодной матрице (ДДМ), пламенно-ионизационный (ПИД), пламенно-фотометрический (ПФД), термоионный (ТИД), ультрафиолетовый (УФД), фотоионизационный (ФИД), электронозахватный (ЭЗД), хемилюминесцентный (ХЛД), флуоресцентный (ФЛД),

электролитический кондуктометрический (ЭЛКД детектор Холла) [6].

Рис. 1. Цели устойчивого развития

Исследование направлено на достижение следующих целей: обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте (цель 3), обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех (цель 6), принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями (цель 13) (рис. 1.).

Литература:

1. В.С. Петросян Планете Земля необходим экокатарсис. Ноев ковчег, №3(347) март, 2022 г. noev-kovcheg.ru›mag/2022-03/7603.html
2. В.С. Петросян Аналитические проблемы экокатарсиса Земли. Тезисы докладов IV Съезда аналитиков России. 2022 г. С 4.
3. Методы и достижения современной аналитической химии. Учебник для вузов под ред. Вершинина В.И. 2-е изд., стер., 2021 г., 588 с.
4. Кучменко Т.А. и соав. Применение «электронного носа» для мониторинга нарушений углеводного обмена у детей. Тезисы докладов IV Съезда аналитиков России. 2022 г., С. 62.
5. Земятова С.В. Аналитическая химия и окружающая среда // уч. пособие, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010.

УДК 678.7

СЕРОСОДЕРЖАЩИЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Киракосян Диана Валерьевна
Аспирант, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, kirakosyan.diana2015@yandex.ru
Кривобородов Ефрем Георгиевич
К.н.х., доцент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, vv1992@yandex.ru

Ключевые слова: *сера; растительные масла; обратная вулканизация; свойства полимеров на основе серы; битум*

SULFUR-CONTAINING POLYMERS FOR ROAD SURFACES

Kirakosyan Diana Valerievna
PhD student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, kirakosyan.diana2015@yandex.ru
Krivoborodov Efrem Georgievich
PhD in Chemistry, Assoc. Prof., Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, vv1992@yandex.ru

Keywords: *sulfur; vegetable oils; inverse vulcanization; properties of sulfur-based polymers; bitumen*

This paper discusses the results of the research work on the production of a polymer composite material with a high sulfur content based on vegetable raw materials, which has a high potential for use as a component of the technological basis for the production of road bitumen with a given sulfur content in the composition without the formation of by-products.

Использование элементарной серы (S_8) в качестве альтернативного сырья для полимерных материалов стало новым толчком для развития зеленой химии [1]. Основными производителями S_8 являются газоперерабатывающие заводы, нефтеперерабатывающие заводы и нефтегазохимические комплексы. Несмотря на то, что сырьевая база огромна, и данный химический реагент недорогой, в настоящее время существует ограниченное количество химических продуктов и материалов, полученных из S_8, что тормозит использование уникальных свойств синтезируемых полимеров на основе серы в связи с выделением побочных продуктов (к примеру, сероводород) [2]. Добавление серы в битум при производстве дорожного покрытия не только снижает антропогенную нагрузку на окружающую среду (уменьшение полигонов с технической серой), но и улучшает свойства асфальтобетонных смесей на основе серных битумов. Покрытие на основе серобитума проявляет такие свойства по сравнению как более высокую прочность при сжатии, более высокую теплоустойчивость без значительного увеличения жесткости при низких температурах, более высокую устойчивость к динамическим нагрузкам, более высокую устойчивость к воздействию органических растворителей и агрессивных сред [3]. В последнее десятилетие были разработаны различные органические ненасыщенные сомономеры, а также нуклеофильные активаторы, или катализаторы, чтобы расширить диапазон для мономеров, и условия реакции, доступные для обратного процесса вулканизации. Отличительным преимуществом материалов, полученных из серы, является очень низкая стоимость этого сырья на основе серы для создания новых полимерных материалов, которые обладают полезными свойствами полимерных материалов, обусловленных высоким содержанием связей S-S [4]. Подробное структурное знание этих полимеров, полученных из серы, остается широко неизученным и имеет решающее значение для установления надежных взаимосвязей между структурой и свойствами для разработки усовершенствованных полимерных материалов

следующего поколения. При одностадийной обратной вулканизации невозможно контролировать свойства материала, регулируя количество сшивающего агента, если процентное содержание серы установлено на определенном желаемом уровне. Кроме того, как только реакция сшивания началась, степень сшивания полимера трудно контролировать. Эти недостатки приводят к ограниченным возможностям значительного изменения физических характеристик полимеров посредством простой замены сшивающего агента. В то время как исследования на сегодняшний день были сосредоточены в основном на демонстрации полезных свойств полимерных материалов с высоким содержанием серы, структурная характеристика сополимеров серы отсутствует, особенно в отношении использования спектроскопии ^{13}C ЯМР. Эти типы исследований осложняются плохой растворимостью многих полимеров, полученных из серы, а также сложными смесями микроструктур, которые возникают в результате динамических гомолитических процессов, возможных во время обратной вулканизации. В этом исследовании мы изучаем новый метод, который значительно улучит механические свойства полимеров серы и последующее их использование в дорожном строительстве (рис. 1).

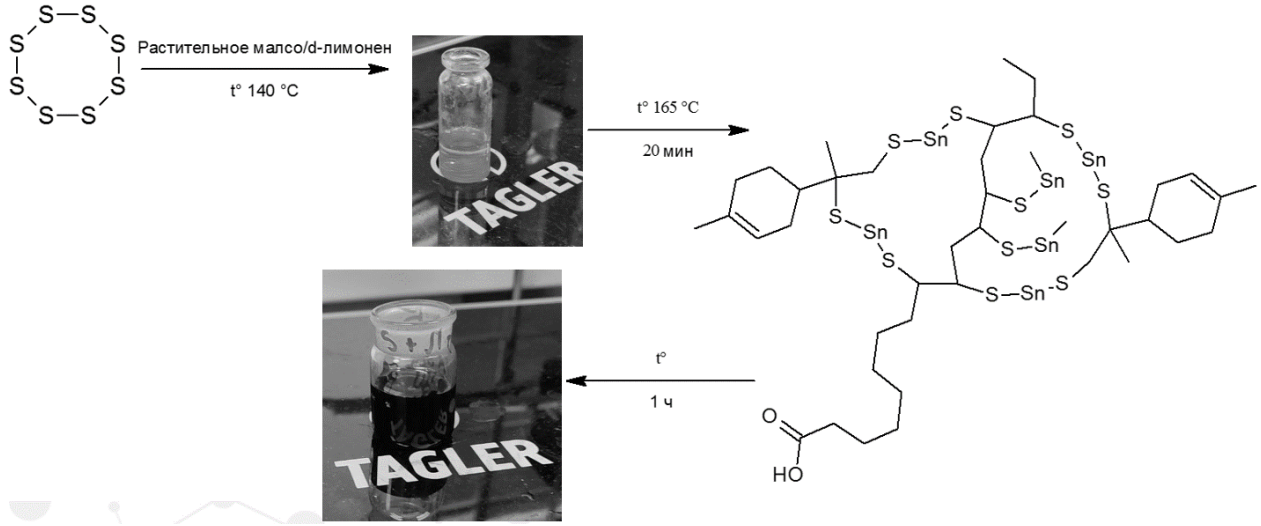


Рис. 1. Введение серы в битум при помощи технологии обратной вулканизации серы с растительным маслом и лимоненом.

Исследование направлено на достижение Цели 9/12: Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям/Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства. Исследование выполнено в рамках проекта № 23-23-00543

Литература:

1. J. Pyun, . Carrozza, S. Silvano, L. Boggioni, S. Losio, A. R. de Angelis, W. O'Neil Parker Jr. Journal of Polymer Science. Nuclear magnetic resonance structural characterization of sulfur-derived copolymers from inverse vulcanization. Part 1: Styrene // Special Issue: Treating the Plastic Problem: From Renewable Feedstocks and Degradability to Recycling, V. 60, P. 3471–3477, 2022.
2. A. S. M. Ghumman, M. M. Nasef, R. Shamsuddin, A. Abbasi. Evaluation of properties of sulfur-based polymers obtained by inverse vulcanization: Techniques and challenges // Polymers and Polymer Composites XX(X), P. 1333–1352, 2020.
3. Гуреев А.А. Дорожные битумы – вчера, сегодня, завтра / А.А. Гуреев, Н.В. Быстров // Нефтепереработка и нефтехимия, 2013. № 5. С. 3-6.
4. S. A. Sahadevan, X. Xiao, Y. Ma, K. Forsberg, R. T. Olsson, and J. M. Gardner. Sulfur-Oleylamine Copolymer Synthesized via Inverse Vulcanization for the Selective Recovery of Copper from LithiumIon Battery E-Waste // Materials Chemistry Frontiers, P. 1–13, 2023.

УДК 661.15

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АММИАКА НА ПРИМЕРЕ ПАО «ТОЛЬЯТТИАЗОТ»

Киятханов Тач Мурадович
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия, tkiyatkhanov99@mail.ru
Малков Александр Владимирович*
Профессор (Кафедра ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития») Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия, malkov.a.v@muctr.ru

Ключевые слова: *экология; цели устойчивого развития; НДТ; аммиак; технологическая схема производства; очистка*

COMPREHENSIVE SOLUTION OF ENVIRONMENTAL ISSUES AT AMMONIA PRODUCTION ENTERPRISES ON THE EXAMPLE OF PJSC "TOLYATTIAZOT"

Kiyatkhanov Tach Muradovich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, tkiyatkhanov99@mail.ru
Malkov Alexander Vladimirovich
Professor (UNESCO Chair "Green Chemistry for Sustainable Development") Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, malkov.a.v@muctr.ru

Keywords*: ecology; sustainable development g oals; BAT; ammonia; technological scheme of production; purification*

The achievement of the sustainable development goals is carried out through the introduction of the best available technologies and timely control and monitoring of these emissions and discharges. An example for modern industry is PJSC "TolyattiAzot" that meets all modern standards and norms. The introduction of modern technologies significantly reduces emissions into the environment. For example, replacing reaction pipes in a primary reforming furnace with pipes with a larger inner diameter and a smaller wall thickness reduces the methane content in the dry gas at the outlet.

Аммиак используется для производства азотной кислоты *(HNO_3)* которая идет на производство удобрений и множества других продуктов азотсодержащих солей $[(NH_4)_2SO_4, NH_4NO_3, NaNO_3, Ca(NO_3)_2]$, мочевины, синильной кислоты. Аммиак используется также для получения синтетических волокон, например, нейлона и капрона. В легкой промышленности он используется при очистке и крашении хлопка, шерсти и шелка. В сталелитейной промышленности аммиак используют для азотирования - насыщения поверхностных слоев стали азотом, что значительно увеличивает ее твердость.

По объемам производства аммиак занимает одно из первых мест. Ежегодно во всем мире получают около 100 миллионов тонн этого соединения. В связи с этим, все выбросы и стоки на предприятиях по производству аммиака должны быть под контролем. Введение наилучших доступных технологий, контроля, внедрение программ технического обслуживания необходимы. В качестве маркерных веществ для выбросов в атмосферу от промышленных источников при производстве аммиака приняты $NO_x(NO_2, NO), CO$. Маркерное вещество - наиболее значимый для конкретного производства показатель, выбираемый по определенным критериям из

группы веществ, внутри которой наблюдается тесная корреляционная взаимосвязь.

В работе представлена информация по сокращению и контролю выбросов и сбросов вредных веществ на предприятиях по производству аммиака, а также внедрению наилучших доступных технологий.

Достижение цели 9: Создание прочной инфраструктуры, содействие обеспечению всеохватной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций (рис. 1) осуществляется путем внедрения наилучших доступных технологий, своевременного контроля, и мониторинга данных выбросов и сбросов.

Рис. 1. Цели устойчивого развития

Примером для современной промышленности является ПАО «ТольяттиАзот», соответствующее всем современным стандартам и нормам. Была рассмотрена технологическая часть производства аммиака, внедрение НДТ на предприятиях подобного типа. Внедрение современных технологий существенно снижает выбросы в окружающую среду. Например, замена реакционных труб в печи первичного риформинга на трубы с большим внутренним диаметром и меньшей толщиной стенки позволяет снизить содержание метана в сухом газе на выходе.

Литература:

1. ГОСТ Р 113.00.10-2020 Наилучшие доступные технологии. Производство аммиака, минеральных удобрений и неорганических кислот. Производственный экологический контроль.

УДК 552.578.1

УТИЛИЗАЦИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Ковалева Валерия Валерьевна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, covalyova.valera@yandex.ru
Гинзбург Вероника Александровна*
к.г.н., заведующая отделом, Институт глобального климата и экологииимени академика Ю.А. Израэля, Москва

Ключевые слова: *попутный нефтяной газ; нефтяная компания; утилизация попутного нефтяного газа; Газовая программа; ESG-рейтинг; устойчивое развитие*

UTILIZATION OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS: PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

Kovaleva Valeria Valeryevna
Student, D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, covalyova.valera@yandex.ru
Ginzburg Veronika Alexandrovna*
PhD, Head of the Department, Academician Yu.A. Israel Institute of Global Climate and Ecology, Moscow

Keywords: *associated petroleum gas; oil company; associated petroleum gas utilization; Gas program; ESG rating; sustainable development*

Utilization of associated petroleum gas (APG) is one of the most acute problems of the oil and gas sector today. Traditionally, APG is burned, which leads to the loss of a valuable resource and environmental pollution. In this regard, there is a need to choose a method of APG utilization that will bring maximum benefit.

Утилизация попутного нефтяного газа (ПНГ) это одна из наиболее острых проблем нефтегазового сектора на сегодняшний день. Традиционно ПНГ сжигают, что приводит к значительным потерям ценного химического сырья и загрязнению окружающей среды [1].

При сжигании ПНГ в атмосферу попадают такие загрязняющие вещества как диоксид углерода и метан, относящиеся к парниковым газам, а также сажа, оксиды азота, несгоревшие углеводороды и другие. Таким образом, данная проблема становится наиболее актуальной на фоне развития низкоуглеродной и энергоэффективной экономики [2].

В данной работе анализируется деятельность ведущих нефтяных компаний на территории Ненецкого автономного округа (АО) в рамках реализации концепции нулевого сжигания: на текущий момент и в перспективе. Отслеживается динамика уровня утилизации ПНГ после введения норматива на утилизацию 95% ПНГ, а также сопоставляется данный уровень использования с методами утилизации. Из исследуемых компаний достигают норматива компании: ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», ООО «СК» РУСВЬЕТПЕТРО», ООО «РН-Северная нефть». В связи с отставанием от норматива, компания ООО «ЗАРУБЕЖНЕФТЬ-добыча Харьяга», где утилизация ПНГ на период 2020 года составляет 61,8%, разработала Газовую программу рационального использования ПНГ на период 2020-2026 года. Целями Газовой программы являются:

- снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет увеличения полезного использования ПНГ в соответствии с постановлением Правительства от 8 ноября 20212 г. №1148;
- соблюдением условий лицензий на пользование недрами и требований

технологического документа в части достижения уровня полезного использования ПНГ 95%;

– покрытие дефицита электроэнергии, возникающего в связи с вводом новых объектов [3].

Основной причиной отставания нефтяной компании от норматива является высокосернистость газа на Харьягинском месторождении и малоразвитое оборудование. Для решения данной проблемы компания ООО «ЗАРУБЕЖНЕФТЬ-добыча Харьяга» планирует модернизировать центральный пункт сбора, расширив сооружения, обеспечивающие подготовку ПНГ до требований технических условий ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» на прием газа в газотранспортную систему и требований к топливному газу ГТЭС «Солар». Таким образом, компания планирует достичь уровня полезного использования ПНГ в 95% к 2027 году. [3].

Помимо этого, дана сравнительная характеристика различных способов утилизации ПНГ среди которых: обратная закачка в пласт, закачка в единую газотранспортную систему, электрогенерация, неглубокая и глубокая переработка. Оценка дана по критериям: капитальные вложения, экономический эффект, упущенная выгода, экологический эффект. Наиболее эффективным способом утилизации является глубокая переработка, где ПНГ разделяется на метан и широкую фракцию легких углеводородов (ШФЛУ). Сухой газ поставляется в магистральную газотранспортную сеть, А ШФЛУ используется для получения широкой линейки нефтехимических продуктов [4].

Среди них наиболее распространенными способами в Ненецком АО являются закачка ПНГ в пласт для поддержания давления пласта, а также в качестве топлива для выработки электроэнергии непосредственно на нефтяных месторождениях. Также был приведен и проанализирован ESG-рейтинг нефтяных компаний, анализируемых в работе, так как важно учитывать их заинтересованность в современной политике устойчивого развития. Для оценки были выбраны рейтинговые агентства RAEX, AK&M, WWF и Sustainalytic’s. Для оценки рейтинговые агентства используют систему маркеров наличия или отсутствия данных. Оценивается наличие информации по различным критериям. В ходе анализа, выяснилось, что среди анализируемых нефтяных компаний, лидирующее место занимает ПАО «ЛУКОЙЛ».

Исследование направлено на достижение Цели 13: Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

Литература:

1. О. В. Газизова, А. Р. Галеева. Проблемы и перспективы внедрения в России инновационных технологий утилизации попутного нефтяного газа//Вестник Казанского технологического университета. Казань, 2012. С. 175-180.

2. П.А. Кирюшин, А.Ю. Книжников, К. В. Кочи, Т. А. Пузанова, С.А. Уваров Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!»// Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. – 88 с.

3. ООО «ЗАРУБЕЖНЕФТЬ-добыча Харьяга». Приказ «Об утверждении Газовой программы рационального использования попутного нефтяного газа на период 2022-2026 годы в рамках Харьягинского СРП [Утверждена приказом ООО "ЗАРУБЕЖНЕФТЬ - Добыча Харьяга" От 22.12.2021 №373].

4. WWF. Способы утилизации попутного нефтяного газа в России. Режим доступа:https://old.sibur.ru/upload/iblock/7f9/7f99b71b46a22dd0c4769d35596e3413.pdf (Режим доступа: 15.10.2022).

УДК:122/129:37.022:502.131.1

МЕТАДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ОУР НА ОСНОВЕ ПРИКЛАДНОЙ ДИАЛЕКТИКИ

Козлов Анатолий Владимирович*
Канд. техн. наук, зам. зав. каф. ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Погребная Татьяна Владимировна
Магистр педагогики, сотрудник каф. ЮНЕСКО НМиТ ФГАОУ ВО СФУ, Красноярск, Россия
Сидоркина Олеся Викторовна
Магистр педагогики, учитель биологии МАОУ СШ № 82, Красноярск, Россия
Ключевые слова: *образование; устойчивое развитие; метадисциплинарность; прикладная диалектика; ТРИЗ; субъектность; креативность*

META-DISCIPLINARY APPROACH TO ESD BASED ON APPLIED DIALECTICS

Kozlov Anatoly Vladimirovich*
Cand. tech. sciences, deputy head of UNESCO chair “New Materials and technologies", Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
Pogrebnaya Tatyana Vladimirovna
Master of Pedagogy, employee of UNESCO chair “New Materials and technologies", SibFU, Krasnoyarsk, Russia
Sidorkina Olesya Viktorovna
Master of Pedagogy, teacher of biology, Secondary school No 82, Krasnoyarsk, Russia
Keywords: *education; sustainable development; meta-disciplinarity; applied dialectics; TRIZ; subjectivity; creativity*
Summary: In the context of Industry 4.0, the acceleration of technologies changes and the types of their impact on the environment makes it necessary for future engineers to develop meta-disciplinary creativity, to form students at the same time as subjects of innovations and sustainable development, capable to consistently, in a short time, create new solutions for environmental protection using knowledge from various fields of science and technology. The application of the theory of inventive problems solving (TRIZ) and its extension – applied dialectics for this purpose is considered.

Переход цивилизации на инновационный путь развития, четвёртая технологическая революция (Индустрия 4.0), быстрая смена технологий вносят новые аспекты в задачи охраны природы и в целом устойчивого развития. Каждая новая технология может иначе влиять на окружающую среду, чем предшествующие. Нельзя опаздывать с разработкой соответствующих новых средств защиты. Может возрастать частота появления «подрывных» инноваций, когда существенно снижается конкурентоспособность каких-либо видов продукции или целых отраслей. Их необходимо заранее прогнозировать (т.е. проводить форсайт – среднесрочное прогнозирование).

Отсюда следуют новые требования к образованию в интересах устойчивого развития (ОУР):

1. Подготовка специалистов – разработчиков различных техники и технологий должна давать знания и навыки не только по конкретным современным технике и технологиям, но и общие, метадисциплинарные знания и навыки в области генерации инновационных решений, при учёте требований устойчивого развития.

2. Эта подготовка должна давать знания и навыки в области форсайта

инноваций, для своевременного прогнозирования подрывных.

Определяя пути решения названных задач, важно отметить, что в мире существуют движения учёных и специалистов, направленных на решение первой задачи, хотя и без учёта требований устойчивого развития. Наиболее известное из них – Международное общество систематических инноваций, центр которого находится в «Силиконовой долине Тайваня» – Университет Синьхуа, г. Синьчжу. Авторам этого доклада приходилось участвовать онлайн в конференциях, проводившихся этим обществом. Цель общества – учить специалистов создавать инновационные решения систематически, всегда, когда это необходимо, а не от случая к случаю, как обычно бывает на практике.

Эта задача решается применением созданных в различные исторические периоды методов: дивергентных («отходящих» от стереотипов): «мозговой штурм» (А. Осборн), морфологический анализ (Ф. Цвикки), синектика (У. Гордон) и др. Всё большее значение в деятельности этого и других аналогичных обществ, как и в проектной деятельности инновационных транснациональных корпораций, приобретает теория решения изобретательских задач (ТРИЗ, TRIZ) [1], созданная в бывшем СССР Г.С. Альтшуллером и продолжающая развиваться его коллегами. ТРИЗ содержит как дивергентную, так и конвергентную («сходящуюся» к инновационным решениям) составляющие. ТРИЗ исходит из того, что всякое инновационное решение есть качественный скачок в развитии любой антропогенной системы, а согласно диалектике качественные скачки происходят путём накопления и преодоления противоречий. ТРИЗ содержит инструментальные методы формулирования и преодоления противоречий, найденные Г.С. Альтшуллером в результате анализа многих тысяч патентов.

Поэтому за ТРИЗ закрепилось ещё одно название: «прикладная диалектика». Исследования ряда специалистов, в том числе и авторов настоящего доклада, показали, что и развитие неантропогенного (живого и неживого) мира происходит на основе тех же законов, что и методы ТРИЗ. Это открывает возможности изучения ТРИЗ одновременно с изучением различных дисциплин и предметов, как технических, так и естественнонаучных, глубоко осваивая методы ТРИЗ практически без затрат дополнительного времени (авторский метод изобретения знаний [2, 3]).

Применяя полученные знания в создании проектов (курсовых, дипломных, в школах – индивидуальных), обучаемые приобретают качества субъектов инноваций, в особенности включая креативность. Если эти проекты направляются на решение экологических и других задач ОУР, то такое образование соответствует современным требованиям к ОУР. Обучаемые становятся субъектами устойчивого развития.

Прикладная диалектика, как расширение ТРИЗ, по существу, на все системы мира, формирует мировоззрение, которое авторы называют «устойчивое мировоззрение».

ТРИЗ содержит механизмы, позволяющие осуществлять форсайт инноваций. В рамках одного принципа действия любая техника или технология проходит типовые этапы развития (динамизация и др.). Таким образом, нелинейный форсайт качественных изменений в технике или технологии может осуществляться путём анализа, сколько типовых этапов система прошла в своём развитии. Если пройдено уже значительное количество этапов, то система близка к возникновению в ней противоречия [4]. Возможно и заранее искать такие пути преодоления противоречия, которые не вызовут «подрывных» инноваций.

Работа связана с достижением Цели 4 «Качественное образование» SDGs, с

учётом того, что достижение Цели 4 считается определяющим для достижения других Целей. Именно в системе образования, на основе современных образовательных технологий, возможно формирование инноваторов с экологическим, устойчивым мышлением.

Литература:

1. Альтшуллер, Г. С. Найти идею / Г.С. Альтшуллер. М.: Альпина Бизнес Букс, 2015. – 404 с.
2. Lepeshev, A. A. Formation of Project Environmental Thinking in the Training of Engineers /A A Lepeshev, Y. Y. Loginov, V. V. Kuimov, D. A. Tolstoy, A. V. Kozlov, T. V. Pogrebnaya, O. V. Sidorkina // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (SCOPUS), 822 (2020).
3. Погребная, Т. В. Методы ТРИЗ-педагогики в дидактике устойчивого развития / Т.В. Погребная, О.В. Сидоркина, А.В. Козлов // Образование 2030: Новая концепция развития: Материалы Международного Форума ЮНЕСКО – Казань. Университет управления «ТИСБИ». – 2017. – С. 224-230.
4. DoTSA.n – Сибирякова // Технологии Прогнозов & Прогнозы Технологий – URL: http://subscribe.ru/archive/industry.comp.triz/ 200706/10000512.html.

УДК 621.548

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕГИОНАХ РОССИИ

Королев Степан Владимирович
Студент, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, geratyd@yandex.ru
Мизиев Магомед Азретович
Ассистент, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия magomed.miziev@mail.ru

Ключевые слова: *ветроэнергетика; альтернативная энергетика; возобновляемые источники; перспективы внедрения*

PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF WIND POWER IN THE REGIONS OF RUSSIA

Korolev Stepan Vladimirovich
Student, Moscow Univesity of Chemical Technologies of Russia, Moscow, geratyd@yandex.ru
Miziev Magomed Azretovich
Assitent, Moscow Univesity of Chemical Technologies of Russia, Moscow, magomed.miziev@mail.ru

Keywords**:** *wind power; alternative energy; renewable sources; prospects for implementation*
Wind energy, as one of the forms of alternative energy, is an important area of development of the energy industry based on the use of renewable energy sources. It has already been widely spread and recognized in the world, and many countries are actively developing wind energy. In this paper, we will consider the prospects for the introduction of wind power in the regions of Russia.

На территории России есть значительные резервы ветровых ресурсов, особенно в Северных и Северо-Западных регионах. Исследования показывают, что ветроэнергетика имеет потенциал стать важным источником энергии в регионах России, особенно в удаленных и недостаточно электрифицированных районах.

Россия обладает высоким потенциалом благодаря большой площади страны. Технический потенциал страны 1000 ГВт. Однако при этом на 2023 г. все наши ветропарки имеют мощность всего в 2044 МВт [1]. Такое соотношение потенциала и установленной мощности на практике является показателем неразвитости данного вида энергетики страны. В основном это связано с тем, что ветроэлектрстанции пока не могут конкурировать с традиционными источниками электроэнергии.

Вызовом является ограниченная доступность финансирования для ветроэнергетических проектов в регионах России. Строительство и эксплуатация ветроустановок требует значительных инвестиций, и нередко местные компании или инвесторы сталкиваются с трудностями в получении финансовой поддержки. Поэтому важно разработать механизмы финансирования, включая государственные программы и международные инвестиции, которые могут стимулировать развитие ветроэнергетики в регионах России.

Еще одним фактором, который ограничивает развитие ветроэнергетики в регионах России, является сложность интеграции ветроэнергии в существующую энергетическую систему. Ветроэнергия является переменным и непостоянным источником энергии, что может вызывать проблемы в управлении энергетической сетью, особенно в условиях недостаточно развитой инфраструктуры. Поэтому важно разработать технологические решения и системы хранения энергии, которые позволят интегрировать ветроэнергию в существующую энергетическую инфраструктуру более эффективно.

В заключение, развитие ветроэнергетики в регионах России представляет собой

перспективное направление, которое может способствовать диверсификации энергетического комплекса страны, снижению выбросов парниковых газов и созданию новых рабочих мест. Однако, это также сложная задача, требующая решения различных технических, экономических, правовых, социальных и экологических вызовов. Правильное развитие ветроэнергетики в регионах России потребует усилий со стороны государства, бизнеса, научных исследователей, местного населения и других заинтересованных сторон, с учетом локальных особенностей и интересов всех сторон. Только таким комплексным подходом можно обеспечить устойчивое развитие ветроэнергетики, принимая во внимание экономические, социальные и экологические аспекты этой перспективной отрасли энергетики в регионах Российской Федерации [2].

Литература

1. https://rawi.ru/ (Российская ассоциация ветроиндустрии).
2. Ветроэнергетика. [Электронный ресурс]/общие сведения. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki Дата доступа: 28.03.2023.

УДК

ОБОГАЩЕННЫЙ СУПЕРФОСФАТ И АММОФОСФАТ УЛУЧШЕННОГО КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ РАЗЛОЖЕНИЯ МЫТОГО СУШЕНОГО КОНЦЕНТРАТА

Косимов Дилшоджон Мамуржон угли
Базовый докторант, Институт общей и неорганической химии АН РУЗ, Ташкент, Узбекистан, bakhti.pirnazarov@mail.ru
Расулов Аъзамжон Авазжанович
Доцент, PhD, заведующий кафедрой Органической химии Наманганского государственного университета, Наманган, Узбекистан, azamra@mail.ru
Намазов Шафоат Саттарович
д.т.н., проф., акад., заведующий лабораторией, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com
Сейтназаров Атаназар Рейпназарович*
д.т.н., проф., главный научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, atanazar77@mail.ru
Бадалова Ойдин Абдукаххаровна
Старший научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com

Ключевые слова: *смесь фосфорной и серной кислот; мытый сушеный концентрат; разложение; аммонизация; разделение; обогащенный суперфосфат и аммофосфат; химический и солевой состав*

ENRICHED SUPERPHOSPHATE AND AMMOPHOSPHATE OF IMPROVED QUALITY BY PROCESSING ACID DECOMPOSITION PRODUCTS OF WASHED DRIED CONCENTRATE

Kosimov Dilshodjon Mamurjon ugli
Basic doctoral student, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, bakhti.pirnazarov@mail.ru
Rasulov Azamjon Avazzhanovich
Associate Professor, PhD, Head of the Department of Organic Chemistry, Namangan State University, Namangan, Uzbekistan, azamra@mail.ru
Namazov Shafoat Sattarovich
Doctor of technical sciences, professor, academician, Head of laboratory, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan, diana-ye@yandex.com
Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich
Doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru
Badalova Oydin Abdukakhkharovna
Senior Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan, diana-ye@yandex.com

Keywords: *mixture of phosphoric and sulfuric acids washed dried concentrate; decomposition; ammonization; separation; enriched superphosphate and ammophosphate; chemical and salt composition*

A method has been developed for obtaining enriched superphosphate and high-quality ammophosphate by processing washed dried concentrate (WDC) with extractive phosphoric acid (EPA) with the addition of sulfuric acid in a single cycle. The optimal ratio P_2O_{5EPA}:$H_{2SO4MNG}$:P_2O_{5WDC} *= 1:0.28:0.08 was found. Ammophosphate consists of mono- and*

di-ammonium phosphate, ammonium sulfate and dicalcium phosphate. Enriched superphosphate also contains activated phosphorite, complex salts and gypsum.

Аммофосфат относится к классу частично разложенных фосфатов. Процесс его получения основан на разложении природных фосфатов высокой нормой H_3PO_4 (150-200% от стехиометрии), с последующей нейтрализацией кислотности аммиаком, гранулированием и сушкой продукта [1]. Фосфатным компонентом аммофосфата является моноаммонийфосфат, в качестве примесей дикальцийфосфат и непрореагировавшие фосфориты, а также комплексные соли, выпадающие в твердую фазу при аммонизации избытка экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) [2].

Нейтрализация ЭФК в присутствии фторида или кремнефторида аммония может привести к образованию ряда фторидов Fe, A1, Ca, Mg. Они в значительной мере ухудшают качество готового продукта. Для того чтобы улучшить качество аммофосфата, необходимо очистить пульпу от твердых взвесей, соединений магния и полуторных окислов. Это можно осуществить разделением фосфатной пульпы на твердую и жидкую фазы. Твердая фаза – обогащенный суперфосфат, а жидкая фаза– высококачественный аммофосфат.

Суть способа заключается в разложении фосфатного сырья фосфорной кислотой; частичной аммонизации и разделении пульпы на жидкую и твердую фазы; грануляции и сушки твердой фазы методом окатывания с получением обогащенного суперфосфата; аммонизации жидкой фазы аммиаком до pH = 4.5, грануляции и сушки с получением качественного аммофосфата.

Процесс получения аммофосфата изучен на примере мытого сушеного концентрата (МСК - 26.08% P_2O_5) и ЭФК (17.92 P_2O_5%) и 93.5% H_2SO_4. Использование последнего диктуется интенсификацией процесса разложения фосфатного сырья. Разложение МСК проводили при массовых соотношениях $P_2O_{5ЭФК}$: $H_2SO_{4мнг}$: $P_2O_{5МСК}$ от 1 : 0.11 : 0.12 до 1 : 0.28 : 0.12 при 70°С в течение 60 минут. Перед фильтрацией фосфорнокислотные гипсовые пульпы подверглись частичной аммонизации. После чего они разделялись на жидкую и твердую фазы методом фильтрации. Осадок высушивали. Фильтрат, то есть жидкую фазу дополнительно аммонизировали до pH=5. Гранулирование как твердой, так и жидкой фазы осуществляли в процессе сушки методом окатывания. Продукты анализировали по общепринятым методикам.

Результатами химического анализа установлено, что оптимальным соотношением $P_2O_{5ЭФК}$:$H_2SO_{4мнг}$:$P_2O_{5МСК}$ можно считать 1:0.28:0.08 и pH пульпы - 2.5-3. На основе твердой части получаются образцы обогащенного суперфосфата (вес. %): $P_2O_{5общ.}$ - 30.16-32.01; $P_2O_{5усв.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 98.54-100; $P_2O_{5водн.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 54.3-55.5; N - 5.45-6.04. Из жидкой части после её доаммонизации (pH=5) получены аммофосфаты (вес.%): $P_2O_{5общ.}$ - 52.43-53.31; $P_2O_{5усв.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 94.81-96.27; $P_2O_{5водн.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 87.41-88.36; $CaO_{общ.}$ - 4.01-4.26; $CaO_{усв.}$ - 3.74-3.87; N - 13.65-14.03 и $SO_{3общ.}$ - 4.37-10.74.

Балаковское ПО «Минудобрения» в России выпускает аммофосфат высшей марки А. Его состав (масс. %): N 9.78; $P_2O_{5общ.}$ 50.25; $P_2O_{5усв.}$ 47.60; $P_2O_{5водн.}$ 40.0. Наш продукт по качеству ему не уступает, а по некоторым показателям даже превосходит.

С целью установления солевого состава обоих видов продуктов выполнен рентгенографический анализ на дифрактометре XRD-6100 (Shimadzu, Япония). На рис. 1 приведена рентгенограмма обогащенного суперфосфата, полученного при $P_2O_{5ЭФК}$:$H_2SO_{4мнг}$:$P_2O_{5МСК}$ = 1:0.28:0.08. Анализируя штрихдиаграмм можно заключить, что высушенная твердая фаза состоит из моноаммонийфосфата (5.29; 3.73; 3.06; 2.64; 2.00A°), монокальцийфосфата (4.92; 2.85A°), дикальцийфосфата (3.38A°), активированного фторкарбонатапатита (3.48; 3.17; 2.76; 2.71; 1.84A°) и гипса (6.29; 6.00;

3.01; 2.80A°). Состав аммофосфатного удобрения (рис. 2) представлен моноаммонийфосфатом (5.30; 3.74; 3.06; 2.65; 2.00 A°), диаммонийфосфатом (5.20A°), дикальцийфосфатом (4.32 A°), сульфатом аммония (5.38; 4.32-4.38; 2.36 A°). В то же время полосы 5.30; 3.06; 2.65A° относится и сульфату, и фосфату аммония.

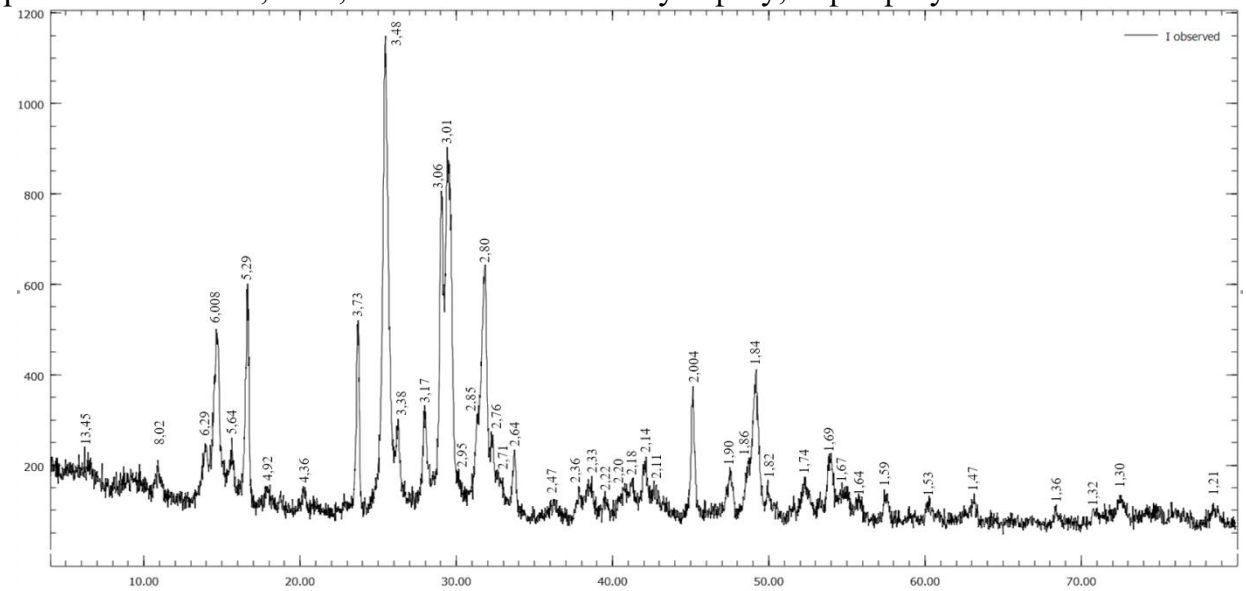


Рис. 1. Рентгенограмма обогащенного суперфосфата

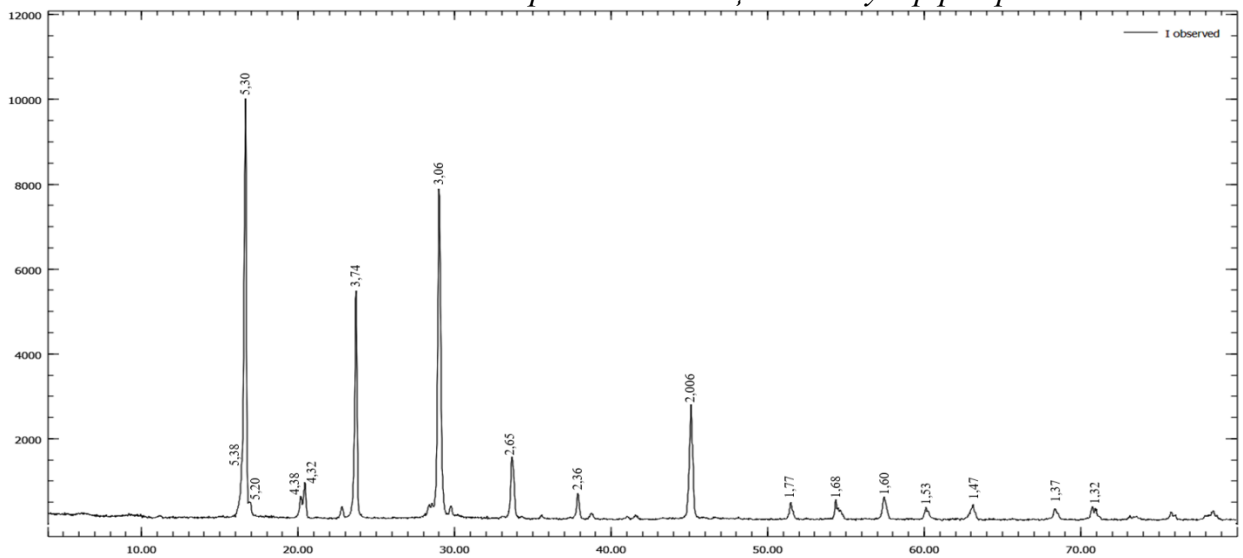


Рис. 2. Рентгенограмма концентрированного аммофосфата

Исследование направлено на достижение Цели 2: Получение высоких урожаев из сельскохозяйственных культур с целью ликвидации голода.

Литература:

1. Новиков А.А., Суетинов А.А., Микаев Б.Т., Стародубцев В.С. Производство нового фосфорсодержащего удобрения – аммофосфата. // Тр. НИУИФ. – Москва, 1984. - вып. 245. - С. 93-100.

2. Сейтназаров А.Р., Мирзакулов Х.Ч., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Состав азотнофосфорных удобрений и их водонерастворимой части, получаемых разложением фосфоритов Центральных Кызылкумов аммонизи-рованной экстракционной фосфорной кислотой из фосфоритов Каратау // Химическая промышленность (Санкт-Петербург). – 2004. - №9. – С. 435-440.

УДК 502.37

БОБР ОБЫКНОВЕННЫЙ (*CASTOR FIBER L.*) КАК ФАКТОР ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАЛЫХ РАВНИННЫХ РЕК

Котов Максим Андреевич
Студент, Российский химико-технологический университетимени Д.И. Менделеева, Москва, Россия, cotm02@yandex.ru

Ключевые слова: *малые равнинные реки; восстановление; речной сток; бобровые плотины; бобровые пруды*

COMMON BEAVER (CASTOR FIBER L.) AS A FACTOR OF RESTORATION OF SMALL PLAIN RIVERS

Kotov Maxim Andreevich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, cotm02@yandex.ru

Keywords: *small plain rivers; restoration; river flow; beaver dams; beaver ponds*

Currently, the hydroecological condition of small plain rivers is deteriorating, their restoration is necessary, since they are the basis of larger river systems. The way to achieve this goal is to create cascades of retaining hydraulic structures, which requires significant material costs. The paper shows that the presence of beaver settlements contributes to the improvement of the hydroecological condition of the small plain river. On the basis of which it is possible to recommend the settlement of beavers in the upper reaches of small rivers, on which they do not live, in order to restore them.

Малые равнинные реки служат основой гидрографической сети, начальным элементом более крупных гидрологических систем, регулируют водный режим ландшафтов, поддерживают равновесие и перераспределение влаги [1, 2]. К малым относятся реки с водосбором не более 2000 км^2 или имеющие длину не более 100 км. На территории России насчитывается 2,5 млн. малых равнинных рек [1]. В настоящее время экологическое состояние малых рек повсеместно ухудшается [2]. Изменение их гидроэкологического состояния обусловлено естественными процессами, а так же многолетней хозяйственной деятельностью человека, на водосборах, и в руслах самих рек. [1].

Одним из наиболее эффективных способов восстановления малых равнинных рек является создание новых или реконструкция ранее существовавших подпорных гидротехнических сооружений. Этот метод не является новым так, как к началу XX века большинство малых рек Центральной России были зарегулированы каскадами мельничных прудов [2]. Однако создание искусственных плотин требует осуществления регулярного контроля за их функционированием, а так же проведения восстановительных мероприятий. Данные работы требуют значительных материальных затрат, и трудно осуществимы, в связи с огромной протяженностью малых рек в России.

Бобр обыкновенный *(Castor fiber L.)* грызун, ведущий полуводный образ жизни, ему присущи высокоразвитые строительные инстинкты, проявляющиеся в создании хаток, нор, каналов и плотин. В настоящее время численность бобра обыкновенного в России оценивается в 725,0 тыс. особей и продолжает увеличиваться [3], в связи с чем, средообразующая роль вида увеличивается.

Средняя длина бобровой плотины составляет 20–30 м. Плотины сооружаются на водотоках, которые не удовлетворяют потребностям животным в глубине и площади водного зеркала, как правило, такими участками являются верховья рек. При этом бобры постоянно контролируют и поддерживают сохранность плотин, в результате их

создания образуются пруды, в которых в течение всего года поддерживается стабильный уровень воды [4].

Далее будет рассмотрено влияние создания бобровых плотин на различные компоненты экосистем малых рек. Выделяют 4 типа бобровых плотин по степени их воздействия на речной поток. Плотины первого типа это новые активно ремонтируемые плотины, сброс воды идет через верх, в плотинах второго типа сброс воды идет по одному или нескольким прорывам. В меженный период плотины этих типов накапливают воду, а при высоком уровне воды накапливают воду, до тех пор, пока вода не начнет переливаться через верх, после чего не контролируют поток. Плотины третьего типа более старые и слабые, сброс воды осуществляется через ослабевшее основание плотины, они способны выравнивать и продлевать сток, при высоком уровне воды сглаживают пики и продлевают период его снижения. Плотины четвертого типа самые старые, практически не удерживают воду, и не способны эффективно влиять на поток [5]. На малых реках бобровые плотины создают ступенчатый продольный профиль русла, рассеивают энергию реки, стабилизируют ход уровня воды при дождевых паводках, повышают уровень и сокращают размах колебаний почвенно-грунтовых вод [4].

Создание каскадов бобровых прудов на водотоках, способствует замедлению скорости течения на зарегулированных участках, что ведет к оседанию содержащихся в воде взвешенных частиц. Влияние бобровых плотин на процесс эвтрофикации неоднозначно. В образованных благодаря их постройке прудах могут интенсифицироваться процессы самоочищения, что приводит к улучшению качества воды. С другой стороны, в результате строительства плотин могут образовываться застойные зоны, в которых происходит накопление загрязнителей. Содержание биогенных элементов может возрастать в ходе разложения древесины, используемой бобрами в качестве пищи, и строительного материала [4]. Исследования, проведенные в США, показали, что создание бобровой плотины увеличивает совокупное удаление нитратов из воды на 44,2%. В период существования бобровой плотины на $м^2$ площади поперечного стока реки удалялось 0,062 моль NO_3, тогда как при ее отсутствии только 0,043 моль NO_3 [6].

Создание бобровых прудов приводит к появлению новых местообитаний для рыб, повышает содержание органики, которая служит пищей для беспозвоночных, пруды выступают в качестве рефугиумов при пересыхании рек и др. С другой стороны это приводит к прерыванию миграционных путей, создает неблагоприятные условия обитания для реофильных видов рыб и др. Как правило, в бобровых прудах разнообразие и численность рыб ниже, чем на участках рек, не заселенных бобрами [4]. Однако, появление бобров на слабых водотоках, ранее не пригодных для обитания рыб, приводит к подъему уровня воды, что способствует их появлению. С началом строительной деятельности бобров маломощные водотоки преображаются, вдоль них возникает новый биотоп с набором новых, ранее отсутствовавших видов животных и растений, что значительно увеличивает биоразнообразие, и как следствие устойчивость экосистемы.

Из вышеизложенного следует, что появление бобра обыкновенного на малой реке способствует ее обводнению. Что обеспечивается за счет создания каскадов бобровых прудов, которые стабилизируют речной сток, аккумулируя в себе значительные объемы воды. Наличие на реке бобровых поселений способствует повышению биоразнообразия экосистемы. Таким образом, можно рекомендовать проводить расселение бобров в верховьях малых рек, на которых они не обитают, с

целью улучшения их гидроэкологического состояния. Данная работа направлена на реализацию 6 и 15 целей устойчивого развития «Чистая вода и санитария» и «Сохранение экосистем суши» соответственно.

Литература:

1. Ясинский С.В. Формирование гидрологического режима водосборов малых равнинных рек: Автореф. дис. … канд. геогр. наук: 25.00.27 / С.В. Ясинский. Институт географии РАН. – М., 2009. – 53 с.
2. Родионов В.Б., Безносов В.Н., Волшаник В.В., Суздалева А.Л. Реальные пути решения проблем малых рек России // Наука Москвы и регионов. Инновации, разработки, производство. 2004. №3. С. 56-61.
3. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. – М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2022. – 684 с.
4. Завьялов Н.А. Средообразующая деятельность бобра (Castor fiber L.) в европейской части России / Труды Государственного природного заповедника «Рдейский». Вып. 3. – Великий Новгород, 2015. – 320 с.
5. Woo M.K., Waddington J.M. Effect of beaver dams on subarctic wetland hydrology // Arctic. – 1990. – Vol. 43. – № 3. – P. 223–230.
6. .Dewey, C., Fox, P.M., Bouskill, N.J. et al. Beaver dams overshadow climate extremes in controlling riparian hydrology and water quality [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.nature.com/articles/s41467-022-34022-0 (Дата обращения 14.12.2022).

УДК 630.8

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ВОПРОСОВ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ АО «СОКОЛЬСКИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ КОМБИНАТ»

Красникова Валерия Владимировна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д.И Менделеева, Москва, Россия, valeriakrasnikova2000@gmail.com
Малков Александр Владимирович*
Доктор технических наук, профессор, Российский химико-технологический университет имени Д.И Менделеева, Москва, Россия, malkov.a.v@muctr.ru

***Ключевые слова*:** *устойчивое развитие; деревообработка; защита окружающей сред; лесное хозяйство; переработка; охрана окружающей среды; зеленая химия; принципы зеленой химии*

INTEGRATED SOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROTECTION ISSUES FOR WOODWORKING ENTERPRISES

Krasnikova Valeria Vladimirovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, valeriakrasnikova2000@gmail.com
Malkov Alexander Vladimirovich*
Doctor of Technical Sciences, Professor, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, malkov.a.v@muctr.ru

Keywords: *sustainable development; woodworking; environmental protection; forestry; processing; environmental protection; green chemistry; principles of green chemistry*

Wood has a lot of advantages, including: high strength and relatively low density, resistance to aggressive environments and biocompatibility with people and animals, low thermal conductivity and high acoustic characteristics, the ability to create curved glued structures, etc. With all this, it also has disadvantages, for example, susceptibility to decay and damage by insects, combustibility and deterioration of performance under the influence of various external influences (moisture, temperature indicators, atmospheric conditions). Therefore, one of the main tasks of woodworking is to maximize the use of the positive aspects of this material and, at the same time, reduce the negative factors. This, in turn, makes it possible to guarantee the economic efficiency of wooden structures in certain building and operating conditions.

В настоящее время деревообрабатывающий потенциал и возможности лесопромышленного комплекса (ЛПК) используются неэффективно. На глубокую переработку древесины в стране направляется в 4 – 5 раз меньше сырья, чем в развитых странах, а лесной экспорт имеет в основном сырьевую направленность с поставкой древесины в необработанном виде. В соответствии с основными направлениями развития лесной промышленности, деятельность деревообрабатывающей промышленности должна быть направлена на более полное использование производственного потенциала и развитие глубокой переработки древесины [2].

Материально-техническая база отрасли в настоящее время находится в крайне неудовлетворительном состоянии, положение здесь может быть оценено как близкое к критическому. Решение комплекса проблем требует инвестиций. Ежегодная потребность отрасли в инвестициях составляет десятки миллиардов рублей.

В концепции устойчивого развития ключевая роль принадлежит зеленой химии – обеспечить переход от простой утилизации загрязнений к созданию новых химических

процессов, позволяющих снизить экологическую нагрузку на всех стадиях: от производства энергии до утилизации отходов [4].

Зеленая химия – это принципиально новый инновационный подход к решению экологических проблем, заключающийся в использовании чистых и менее загрязняющих окружающую среду промышленных процессов, в сокращении или полном отказе от использования опасных и токсичных химических веществ [4].

Сокольский ДОК считает, что особенностью деревообработки является сравнительно высокие потери материала в ходе переработки. Это объясняется, в первую очередь, особенностью самой древесины, а так же большим разнообразием форм и размеров изготавливаемых элементов [1].

Причинами высоких потерь могут быть также несовершенная технология, изношенное оборудование, неподходящий инструмент, плохие учет и нормирование и т.д. Главные направления работ по снижению технологических потерь, по моему мнению, это:

- рационализация конструкций изделий,
- использование экономичных методов обработки в частности и ресурсосберегающих технологий в целом.

Сокольский ДОК открыл новую котельную, которая будет потреблять 100% кородревесных отходов и генерировать теплоэнергию для собственных нужд комбината. Таким образом Сокольский ДОК планирует полностью в дальнейшем избавиться от потерь и отходов на производстве [1,2].

На Сокольском ДОК, проводится пропитка древесины консервантами и нанесение покрытий на изделия, где могут храниться большие количества опасных химических веществ [1].

Рекомендованные меры по предотвращению попадания химических веществ в окружающую среду:

- Обеспечение техническим соответствиям резервуаров для хранения и их компонентов международным стандартам;
- Замена клеев, жидкостей для пропитки и покрытия древесины менее токсичными аналогами;
- Автоматизация методов нанесения покрытий и клеев;
- Использование местной вытяжной вентиляции в зонах высокой концентрации паров химических веществ;
- Размещение участков и ёмкостей для хранения химикатов в изолированных помещениях;
- Соответствующая защитная спецодежда для работников;
- Обработанные изделия стоит выдерживать, выдержку стоит проводить в закрытом герметичном участке.

В процессе производства изделий из дерева образуется мелкодисперсная легковоспламеняющаяся пыль, которая способна образовать с воздухом взрывоопасную смесь [3].

Рекомендованные меры по снижению огнеопасной ситуации:

• Регулярная уборка в производственных помещениях;

• Устранение из рабочей среды всех источников возгорания;

• Обеспечение безопасной работы и повышенная осторожность при работе с химическими веществами, способных саморазогреваться или самовозгораться;

• Установка на предприятии искровых детекторов и дренчерных систем пожаротушения в оборудовании для пылеподавления;

• В целях предотвращения возникновения разрядов статического электричества произвести электрическое заземление конвейеров;

• Обеспечение предприятия надлежащим, желательно легкодоступным противопожарным оборудованием, в том числе автоматическими;

• Обязательное обучение всех работников порядку аварийной эвакуации и приемам первичного пожаротушения.

На Сокольском ДОКе пожаров не было уже несколько лет. Оно и понятно — учреждение оснащено датчиками дыма. Однако в первую очередь здесь, на производстве, полагаются не на технику, а на себя, строго выполняя требования пожарной безопасности [1,3].

Так же я предлагаю меры по снижению выбросов и сбросов для Сокольского ДОК:

Рекомендованные меры по снижению выбросов в атмосферу:

• Постоянное качество топлива обеспечит состав выбросов и уровень содержания вредных веществ;

• Поддержание оптимального соотношение топлива и поступающего воздуха, необходимого для обеспечения полной реакции горения. Пропорции должны быть установлены в соответствии качеству и составу используемого топлива;

• Зола должна храниться в защищенном и не продуваемом месте;

• Для контроля и ограничения выбросов аэрозолей и древесной пыли на производстве необходимо использовать вытяжку, циклоны, рукавные пылеуловители и /или электростатические фильтры, и / или скрубберы;

• Проведение регулярной уборки помещений предприятия.

Рекомендованные меры по снижению сбросов:

• Введение на производстве системы сбора сточных вод и рециркуляции замкнутого цикла;

• На территории складов, а также запаней, необходимо обеспечить водонепроницаемую поверхность, герметичность швов и защитного обвалования;

• Внедрение очистки технологических сточных вод водоочистными методами: физическими (осаждение, фильтрация, мембранная фильтрация), а также химическими или биологическими методами.

Данная работа непосредственно связана с решением проблемы ответственного потребления и производства и полностью соответствует 12 Цели устойчивого развития принятой Генеральной ассамблеей ООН в 2015 году [5].

Литература:

1. Официальный сайт АО «Сокольский ДОК»: комбинат- https://sokoldok.ru/konstrukcii/
2. Переработка деревянных отходов, использование отходов деревообрабатывающих производств. – https://bezotxodov.ru/jekologija/othody-derevoobrabatyvajushhego proizvodstva
3. Назаренко Е.С. Пожарная безопасность деревообрабатывающих производств. – https://search.rsl.ru/ru/record/01001568572
4. Горячева В.А., Христофорова И.А. Зеленая химия и устойчивое развитие.
5. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Саммит ООН по принятию повестки дня в области развития на период после 2015 года. - https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/.

УДК 504.062.2

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГОКЛИМАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КОТЕЛЬНЫХ Г. ПРОКОПЬЕВСКА

Кудряшова Ирина Дмитриевна
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, irina.kudir@gmail.com
Кузнецов Олег Юрьевич*
Профессор, Доктор технических наук, профессор (Кафедра промышленной экологии), Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, kuznetsov.o.i@muctr.ru

Ключевые слова: *экология; устойчивое развитие; ресурсосбережение; улавливание углекислого газа; Цели устойчивого развития*

DEVELOPMENT OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY TO INCREASE ENVIRONMENTAL AND CLIMATIC SAFETY OF WATER SUPPLY OF BOILERS IN PROKOPIEVSK

Kudryashova Irina Dmitrievna
Student, D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia, irina.kudir@gmail.com
Kuznetsov Oleg Yurievich*
Professor, Doctor of Technical Sciences, professor, RKhTU im. D. I. Mendeleev, Moscow, Russia, kuznetsov.o.i@muctr.ru

Keywords: *ecology; sustainable development; resource saving; capturing carbon dioxide; Sustainable Development Goals*

The purpose of this work is to expand the arsenal of means to combat climate change and reduce the use of drinking water for technical needs in the heat supply systems of the city of Prokopyevsk. The solution of the formulated problem is based on the technology of closed-circuit regeneration of sodium-cation-exchange filters, which currently operate according to traditional technology as part of the city's heat supply sources.

Изменение климата является одной из самых обсуждаемых проблем современного мира и ее главной причины – деятельности человека, приводящей к выбросам парниковых газов в атмосферу [1].

Изменение климата, обусловленное выбросами парниковых газов, становится все более острой глобальной проблемой. Концентрация углекислого газа в атмосфере Земли в 2016 г. преодолела психологически значимую отметку в 400 ppm (parts per million – частицы CO_2 на миллион частиц воздуха). Ожидается, что к концу столетия концентрация CO_2 может увеличиться примерно в 2 раза. При этом, несмотря на устойчивый рост солнечной и ветровой энергетики, конкурентоспособной альтернативы традиционным технологиям сжигания углеводородов до сих пор не существует [2].

Технологии улавливания и захоронения углерода (carbon capture and storage technology – CCS) признаны критически важными для сдерживания роста температуры на планете в пределах 1,5-2°C к 2050 г. Само понятие «изменение климата» включает в себя увеличение средней годовой температуры на нашей планете, таяние ледников и повышение уровня Мирового океана. Помимо потепления происходит также нарушение природного равновесия, которое вызывает температурные аномалии, изменение режима выпадения осадков, и увеличение частоты природных катастроф [2].

Целью настоящей работы являлось расширение арсенала средств борьбы с

климатическими изменениями за счет модернизации водоподготовки в системах теплоснабжения города Прокопьевска.

Появилась необходимость перевода водоподготовительных установок котельных в г. Прокопьевск в замкнутый режим эксплуатации, исключающий сброс отработанных регенерационных растворов натрий-катионитных фильтров в канализацию.

Проведен анализ механизмов миграции углекислого газа в геосферах Земли. Показано, что если уровень эмиссии углекислого газа останется на том же уровне, то концентрация CO_2 в атмосфере будет быстро увеличиваться. Стабилизировать ситуацию можно путём сокращения объёмов выбросов и разработки новых технологий поглощения диоксида углерода.

Разработана неизвестная ранее технология поглощения атмосферного углекислого газа системами водоподготовки котельных г. Прокопьевска, обеспечивающая секвестрацию атмосферного углекислого газа в строительных материалах и тем самым оказывающая благотворное влияние на климат Земли.

Доказано, что секвестрация атмосферного углекислого газа происходит в количестве эквивалентном общей жесткости отработанных регенерационных растворов натрий-катионитных фильтров, сбрасываемых в канализацию.

Расчеты показали, что внедрение предлагаемой технологии позволит исключить использование на территории города Прокопьевска в сутки около 71 $м^3$/сут воды из городского водопровода на технические нужды котельных и тем самым обеспечит экономию около 25915 $м^3$ в год питьевой воды. Сумму, которая в перспективе может поступить в бюджет города Прокопьевска за счет снижения потребления воды из городского водопровода и сброса минерализованных сточных вод, исходя из тарифов на услуги прокопьевского водоканала на питьевое водоснабжение и водоотведение в 2023 году, составит около 1,8 млн. руб. в год.

Исследование направлено на достижение Цели 13: Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

Литература:

1. Глаз Н. В., Васильев А. А. Изменение климата //Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №. 4 (48). – С. 32-39.
2. Копцева Н. П., Пашова Э. В. Социальные последствия изменения климата: мировые практики изучения и прогнозирования //Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки. – 2022. – Т. 15. – №. 2. – С. 280-293.

УДК 622.276+504.056

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кузнецова Дарья Алексеевна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, 79170080686@yandex.ru
Малков Александр Владимирович*
Профессор, д.т.н., Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, malkov.a.v@muctr.ru

Ключевые слова: *промышленность; нефтедобыча; состояние окружающей среды; антропогенное загрязнение; экология*

ASSESSMENT OF THE OIL INDUSTRY IMPACT ON THE STATE OF THE ENVIRONMENT

Kuznetsova Darya Alekseevna
Student, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, 79170080686@yandex.ru
Malkov Alexander Vladimirovich*
Professor, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, malkov.a.v@muctr.ru

Keywords: *industry; oil production; environment; ecology; industrial pollution*

Industrial pollution makes significant changes to the state of the environment in the process of oil production. Study of oil production processes and their impact on the environment.

Численность населения в современном мире имеет тенденцию увеличиваться, что влечет за собой повышение спроса на энергетические ресурсы в связи с бурным развитием промышленности и сельского хозяйства. Несмотря на внедрение технологий, использующих возобновляемые источники энергии, основную ее часть человечество получает посредством использования углеводородного сырья – нефти, газа и продуктов их переработки.

Россия находится на пятом месте по запасам нефти (в том числе и сланцевой) и на втором месте по добыче сырой нефти, которая является одним из основных экспортных товаров страны [2, 3]. В связи с большой ролью добычи сырой нефти в экономике России важно изучать влияние, оказываемое на окружающую среду на различных этапах извлечения жидких углеводородов из недр на земную поверхность.

В рамках данной работы рассматриваются существующие типы нефти, способы и особенности их добычи, типы загрязнений, возникающих в процессе добычи, и их источники.

В процессе исследования было выявлено, что случаи антропогенного загрязнения имеют место на всех этапах нефтедобычи. При этом воздействие оказывается на такие компоненты окружающей среды как атмосферный воздух, почвенный покров, поверхностные и подземные воды, что приводит к ухудшению состояния среды обитания живых организмов.

В России нефть добывают, в основном, фонтанным способом [2]. В процессе добычи сырой нефти основными загрязнениями компонентов окружающей среды являются:

- выбросы в атмосферу NO_x, CO, H_2S, CH_4, SO_2 при строительстве скважины, подготовке и транспорте нефти, сжигании попутного нефтяного газа;
- разливы нефти и нефтепродуктов при добыче и транспорте нефти и их попадание в почву, поверхностные и подземные воды [1].

В России, в основном, добывается нефть с высоким содержанием серы, что вызывает коррозию, износ оборудования, нефтепроводов и емкостей для нефти, с чем связаны частые случаи утечки нефти в окружающую среду [2]. Однако главной причиной возникающих в процессе нефтедобычи загрязнений является использование устаревших технологий, что, в свою очередь, является почвой для дальнейших исследований негативного влияния нефтедобывающей промышленности на состояние окружающей среды и поиска способов его снижения.

Исследование направлено на достижение Цели 6: Чистая вода и санитария (в процессе добычи нефти используется большое количество воды, а также загрязняются поверхностные и подземные водные объекты).

Литература:

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 28-2021. – М.: Бюро НДТ, 2021. – 171 с.
2. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий / [гл. ред. Д. О. Скобелев]; ФГАУ «НИИ «ЦЭПП». — М.; СПб.: «Реноме», 2019. — 824 с.: ил.
3. Statistical Review of World Energy: report / Centre for Energy Economics Research and Policy. – 70th edition. – 2021. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.efdabc57-63944119-fd47b8f2-74722d776562/https/www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf (date of treatment: 20.11.2022).

УДК 504.064.47

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ НА ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Лавкова Ангелина Валерьевна
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева, Москва, Россия, lina.lavkova@mail.ru
Колесников Артем Владимирович*
Доцент, к.т.н., и.о. заведующего кафедрой технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, Российский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева, Москва, Россия, artkoles@list.ru
Ключевые слова: *сточные воды; электрофлотационное извлечение ионов металлов; ПАВ; органические вещества*

THE EFFECT OF ORGANIC COMPOUNDS ON THE ELECTROFLOTATION EXTRACTION OF METAL IONS FROM WASTEWATER.

Lavkova Angelina Valeryevna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, lina.lavkova@mail.ru
Kolesnikov Artem Vladimirivoch*
Associate professor, PhD in Engineering sciences, Acting Head of the Department of Inorganic Substances and Electrochemical Processes, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, artkoles@list.ru
Keywords: *wastewater; electroflotation extraction of metal ions; surfactants; organic substances*
The effect of organic components on the process of electroflotation extraction of metal ions Fe, Cu, Ni, Zn, Co and their mixtures from model solutions simulating wastewater of galvanic production has been studied. It is shown that organic components entering wastewater as a result of various production processes have a difficult effect on the extraction of ions, depending on the concentration of these organic components.

Органические вещества могут попадать в сточные воды как из электролитов, применяющихся для нанесения гальванических покрытий, так и в результате обработки поверхности металлов и контроля качества покрытия. Как правило, к таким веществам относят различные поверхностно-активные вещества (ПАВ), органические растворители, пенетранты, лаки и краски. Изучение возможности очистки таких сточных вод с помощью электрофлотации представляет большой интерес.

Степень извлечения смеси труднорастворимых соединений цинка и никеля в отсутствие органических веществ составляет 95-97% за 20 минут очистки ЭФ методом. [2]. После добавления в состав модельного раствора очищающей жидкости ОЖ-1 степень извлечения варьируется: при концентрации 1 мг/л значение снижается до 65-70% относительно указанных ранее и при 10 мг/л значение достигает 83-84%. Данный эффект объясняется адсорбцией компонентов ОЖ-1 на поверхности указанных труднорастворимых соединений (рис.1) [1]. В случае введения в состав раствора пенетранта ЛЖ-6А концентрацией 1 мг/л степень извлечения снижается до 17% и повышается до 77% с увеличением концетрации до 10 мг/л. (рис.2)

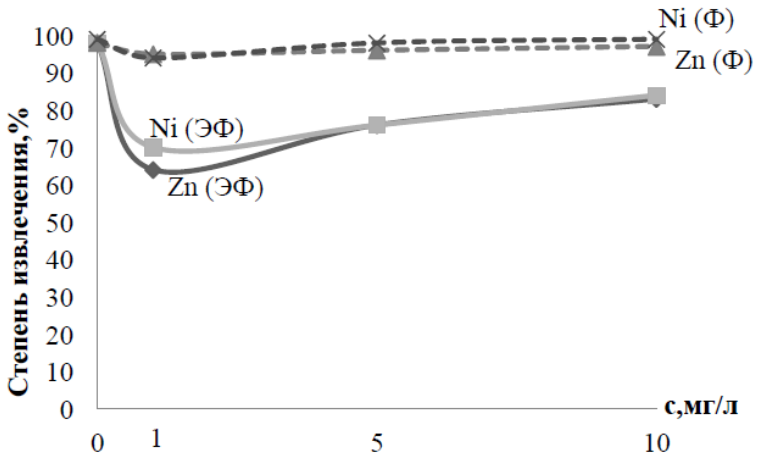


Рис. 1. Влияние концентрации очищающей жидкости ОЖ-1 на процесс электрофлотационного извлечения смеси гидроксидов цинка и никеля

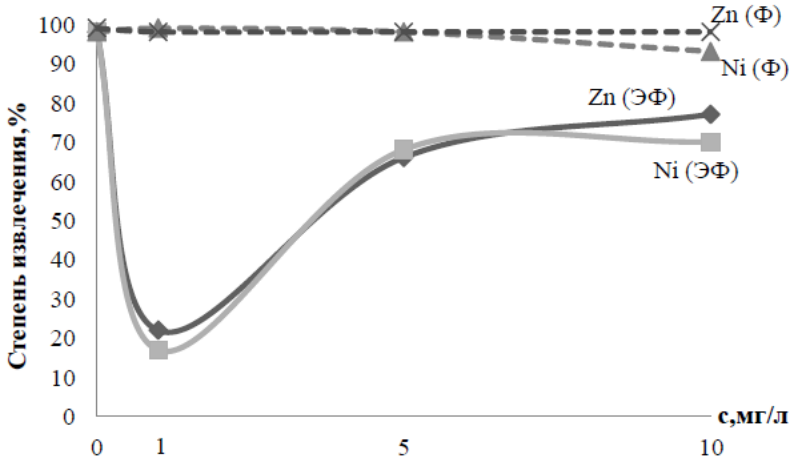


Рис. 2. Влияние концентрации пенетранта ЛЖ-6А на процесс электрофлотационного извлечения смеси гидроксидов цинка и никеля.

В случае извлечения смеси труднорастворимых соединений меди и никеля при добавлении 1 мг/л лака ФЛ-5111 степень извлечения снижается до 25-40% и растет с увеличением концентрации вплоть до стабилизации процесса (рис. 3). [3] Растворитель Р-5 в той же системе при концентрации 1 мг/л резко снижает извлечение до 10%. С ростом концентрации до 10 мг/л растворителя степень извлечения увеличивается до 93-94% (рис. 4).

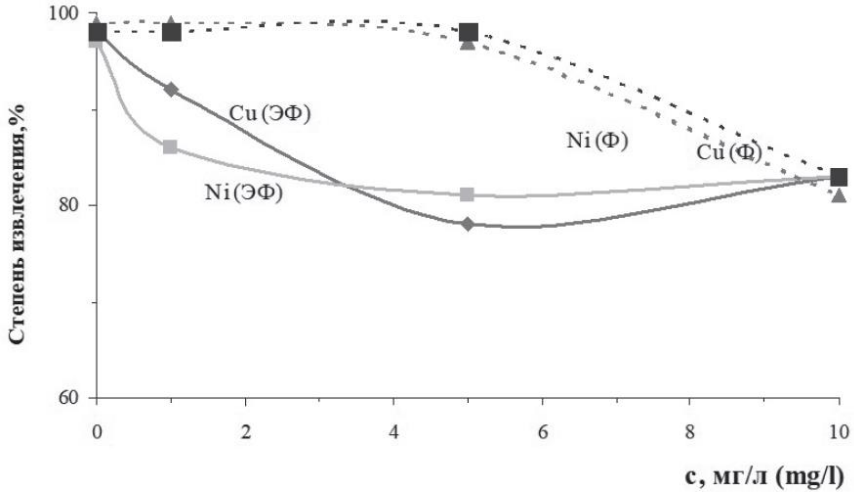


Рис. 3. Влияние концентрации лака ФЛ-5111 на процесс электрофлотационного и фильтрационного извлечения смеси гидроксидов меди и никеля.

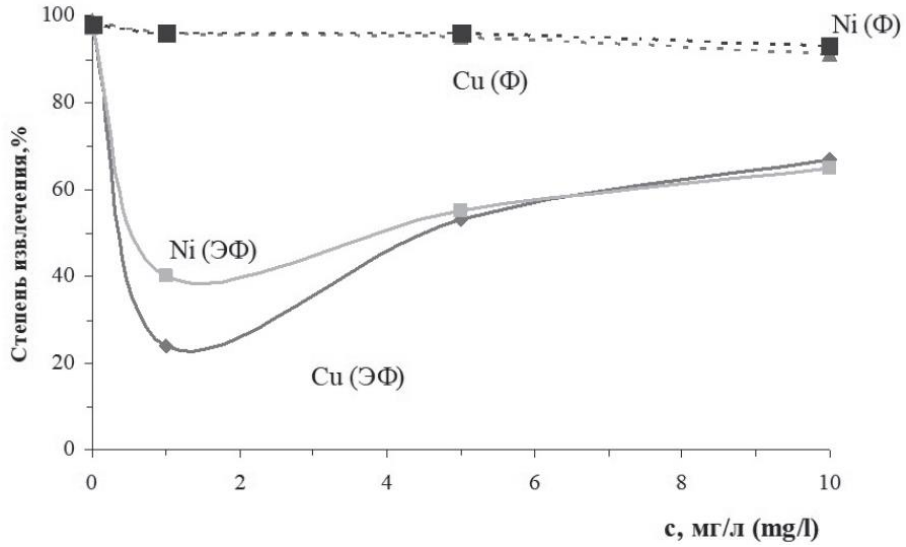


Рис. 4. Влияние концентрации растворителя Р-5 на процесс электрофлотационного и фильтрационного извлечения смеси гидроксидов меди и никеля.

При более сложных модельных растворах, включающих в совокупности ионы железа, никеля, цинка, кобальта и меди суммарной концентрации 100 мг/л рассматривалось влияние нескольких ПАВ и флокулянтов различной природы концентрацией 5 мг/л в общих условиях pH 10± 0,2 ед. и объемной плотности тока 0,4 А/л. [4] Полученные данные представлены в табл. 1, где К – катионный, А – анионный, Н – неионогенный ПАВ/флокулянт соответственно.

Таблица 1

Влияние добавок на интенсивность электрофлотационного процесса извлечения смеси гидроксидов Fe^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}

Без добавки	Флокулянт				ПАВ			
	PRAESTOL 859 (К)	PRAESTOL 2503 (А)	FERROCURYL 8737 (Н)	PRAESTOL 2500 (Н)	СЕПТАПАВ ХЭВ-70 (К)	АЛМ-10 (Н)	ОС-20 Б (Н)	NaDDS (А)
92	94	94	90	64	72	17	56	89

Извлечение сложной смеси ионов меди, никеля, цинка, железа и хрома аналогичной суммарной концентрации (100 мг/л) изучалось в присутствии катионного ПАВ ФЛОН-1 (ацетата первичных аминов кокосовой фракции в изопропиловом спирте) при pH 7,0-10,0 и объемной плотности тока 0,4 А/л. [5]. В отсутствие указанного ПАВ при pH 7,0 степени извлечения ионов меди, хрома и железа в границах 80-89% и снижаются при pH 10,0 до 47-50%. В случае ионов никеля и цинка степени извлечения не превышают 33-62% в обоих случаях. ФЛОН-1 при концентрации 1 мг/л резко снижает степень извлечения до 2-5%. При 5 мг/л значение увеличивается до 74-86% при оптимальном pH 7,0 для всех ионов металлов, кроме никеля – в данном диапазоне pH труднорастворимый гидроксид никеля образуется не в полной мере. В случае концентрации ФЛОН-1 10 мг/л ситуация аналогичная.

Таблица 2

Влияние катионного ПАВ ФЛОН-1 (5 мг/л) на эффективность электрофлотационного извлечения смеси труднорастворимых содединений Cu, Ni, Zn, Cr, Fe из водного раствора

Время, мин	α, %									
	pH 7,0					pH 10,0				
	Cu	Ni	Z	Cr	Fe	Cu	Ni	Zn	Cr	Fe
20	82	22	74	86	82	90	39	89	95	85
20+ф	97	38	93	99	90	97	49	99	99	94

Литература:

1. Аунг Пьяе, Колесников А.В., Колесников В.А. Влияние органических композиций, применяемых в обработке поверхности металлов на электрофлотационное извлечение смеси труднорастворимых соединений цинка и никеля // Инновационные материалы и технологии – 2020. БГТУ. с. 102-106.
2. Аунг Пьяе, Хейн Тху Аунг, Колесников А.В. Влияние композиции фосфатирования Decorrdal на электрофлотационное извлечение труднорастворимых соединений Cu, Ni, Zn, Co, Fe, Al из промывных и сточных вод // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т.27. № 2. с.31-39.
3. Аунг Пьяе, Хейн Т.А., Колесников А.В. Исследование процессов электрофлотационного извлечения смеси труднорастворимых содинений меди и никеля в присутствии органических композиций, применяемых в обработке поверхности металлов // Гальванотехника и обработка поверхности. 2020. Т.28. № 4. с.38-45.
4. Хейн Т.А., Аунг Пьяе, Тхан З.Х., Колесников В.А. Электрофлотация и седиментация в очистке сточных вод от гидроксидов тяжелых и цветных металлов // Химпром сегодня. 2019. №6. с. 30-37.
5. Аунг Пьяе, Колесников А.В., Стоянова А.Д. Влияние промышленного катионного поверхностно-активного вещества на электрофлотационное извлечение смеси металлов из водного раствора // Успехи в химии и химическрй технологии. 2020. Т.34. № 4. с. 122-124

УДК 504.06

О ПОРЯДКЕ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ ЗАЯВКИ НА ПОЛУЧЕНИЕ КЭР

Латанов Егор Михайлович
Ведущий специалист отдела проектного управления и взаимодействия с органами государственной власти, Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Москва, Россия, e.latanov@eipc.center
Морокишко Валерия Вадимовна
Начальник отдела проектного управления и взаимодействия с органами государственной власти, Федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Москва, Россия, v.morokishko@eipc.center

Ключевые слова: *экологическая промышленная политика; негативное воздействие на окружающую среду; технологические нормативы; комплексное экологическое разрешение*

ON THE PROCEDURE FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL STANDARDS IN THE FRAMEWORK OF PREPARATION OF AN APPLICATION FOR RECEIVING IEP

Latanov Egor Mikhailovich
Leading Specialist of the Department of Project Management and Interaction with Government Authorities, Federal State Autonomous Institution «Research Institute «Environmental Industrial Policy Center», Moscow, Russia, e.latanov@eipc.center
Morokishko Valeria Vadimovna
Head of the Department of Project Management and Interaction with Public Authorities, Federal State Autonomous Institution "Research Institute "Environmental Industrial Policy Center ", Moscow, Russia, v.morokishko@eipc.center

Keywords: *environmental industrial policy; negative environmental impact; technological standards; integrated environmental permit*

In the Russian Federation in 2014, an environmental industrial policy is being actively and consistently developed, the purpose of which is to increase the resource efficiency of the domestic industry and reduce the negative impact on the environment.

В Российской Федерации с 2014 г. активно и последовательно развивается экологическая промышленная политика, цель которой – повышение ресурсной эффективности отечественной промышленности и снижение негативного воздействия на окружающую среду экономически целесообразными методами [1].

Наилучшие доступные технологии (далее – НДТ) представляют собой технологии, определяемые на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды. Концепция НДТ – основа повышения ресурсной и экологической эффективности экономики, а достижение официально установленных технологических показателей НДТ (далее – ТП НДТ) – обязательное условие выдачи комплексного экологического разрешения (далее – КЭР) [2].

В соответствии с п. 6 ст. 11 Федерального закона от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду (далее – ОНВОС), обязаны получить КЭР до 01.01.2025 [3].

КЭР – выдаваемый Федеральной службой по надзору в сфере природопользования документ, содержащий обязательные для выполнения требования в области охраны окружающей среды. В КЭР содержатся в том числе технологические нормативы и нормативы допустимых выбросов, сбросов (далее – ТН, НДВ, НДС соответственно) высокотоксичных веществ, веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными свойствами (веществ I, II класса опасности) [4].

Отметим, что разработка ТН проводится для загрязняющих веществ, в отношении которых установлены ТП НДТ для выбросов и сбросов – то есть для так называемых маркерных веществ. ТН разрабатываются и устанавливаются на основе ТП, достигнутых ОНВОС, не превышающих ТП НДТ, содержащихся в соответствующих информационно-технических справочниках по НДТ и устанавливаемых нормативными документами в области охраны окружающей среды (постановлением Правительства Российской Федерации и приказами Минприроды России).

С 2019 г. по настоящее время предприятиями промышленности было получено более 150 КЭР, при этом было подано более 400 заявок на получение КЭР, что свидетельствует о наличии затруднений при подготовке и обосновании расчетов ТН, с которыми сталкиваются предприятия промышленности.

Правоприменительная практика позволила выявить ряд проблем в процедуре разработки и подачи заявок на получение КЭР. Так, предприятия промышленности столкнулись с правовой неопределенностью: необходимо ли при подаче заявок на получение КЭР одновременно рассчитывать, как ТН, так и НДВ, НДС в случае, если загрязняющие вещества одновременно являются маркерными веществами и относятся к веществам I, II класса опасности? И это – важный вопрос, поскольку данные вещества попадают под разные регуляторные требования, а сам механизм выдачи КЭР вводился в нормативное правовое поле с целью унификации регуляторных природоохранных механизмов, введения принципа «одного окна» в части получения разрешительной документации и исключения взаимодублирующих требований и отчетностей.

С одной стороны, Федеральный закон № 7-ФЗ прямо говорит о необходимости предоставления в заявке на получение КЭР как расчетов ТН, так и НДВ, НДС веществ I, II класса опасности, при наличии таких веществ в выбросах и сбросах. С другой, данная формулировка вынуждает предприятия проводить двойной расчет для одних и тех же загрязняющих веществ.

Подобная нечеткость положений Федерального закона № 7-ФЗ устанавливает излишние дополнительные требования для предприятий промышленности.

Подчеркнем, что при разработке ТН ключевую роль играют ТП НДТ, поскольку они лежат в основе расчетов ТН и устанавливаются на основании отраслевого бенчмаркинга, что и предопределяет релевантность ТП.

В качестве примера можно рассмотреть нормирование сбросов сточных вод, содержащих соединения никеля и молибдена, которые отнесены к веществам II класса опасности. В регионах залегания руд, богатых никелем и молибденом, нецелесообразно проводить расчеты НДС, опираясь на установленные и единые для всей страны предельно допустимые концентрации вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (далее – $ПДК_{вр}$). При этом ТП в очищенных сточных водах технологически обоснованы и достижимы, а требования $ПДК_{вр}$ в биогеохимических провинциях, богатых никелем и молибденом, достигнуты быть не могут.

Таким образом, полагаем целесообразным интенсифицировать процесс

обсуждения действующей процедуры подачи заявки на получение КЭР, подняв вопрос порядка расчетов ТН и НДС, НДВ если загрязняющие вещества одновременно является маркерными и относятся к веществам I, II опасности.

Поиск баланса между регуляторными требованиями и интересами реального сектора экономики – очевидный приоритет государственной экологической промышленной политики. Подобная перестройка экономики будет эффективной и результативной только в том случае, если представители как государства, так и бизнес-сообщества будут работать сообща, направляя свои усилия в одну сторону, а не противодействовать друг другу и искусственно «тормозить» процессы принятия решений.

Исследование направлено на достижение Цели 13: Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

Литература:

1. Скобелев Д.О. Наилучшие доступные технологии: опыт повышения ресурсной и экологической эффективности производства. – М.: АСМС. – 2020. – 250 с.
2. Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Тихонова И.О., Пантелеев Е.С., Бурвикова Ю.Н., Морокишко В.В. Взаимосвязь наилучших доступных технологий и наилучших экологических практик на примере водно-коммунального предприятия // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. - 2022. - Том 33. - №3-4. - С. 159-173.
4. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

УДК 631.4: 58.08: 661.64: 504.064(571.53)

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЛИКВИДАЦИИ МЫШЬЯКОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА Г. УСОЛЬЕ-СИБИРСКОЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Лебедева Полина Александровна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, lebedeva6lp@gmail.com
Федосеев Андрей Николаевич
Ассистент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Россия, fedoseev.a.n@muctr.ru
Макарова Анна Сергеевна*
Профессор, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, к.т.н, Москва, Россия, annmakarova@mail.ru

Ключевые слова: *экология; тяжёлые металлы; фиторемедиация; почва; мышьяк; контроль качества окружающей среды и загрязнения; Цели устойчивого развития*

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ELIMINATING CADMIUM POLLUTION ON THE TERRITORY OF THE URBAN DISTRICT OF USOLYE-SIBIRSKOYE, IRKUTSK REGION

Lebedeva Polina Aleksandrovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, lebedeva6lp@gmail.com
Fedoseev Andrey Nikolaevich
Assistant, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Russia, fedoseev.a.n@muctr.ru
Makarova Anna Sergeevna*
Professor, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Candidate of Technical Sciences, Moscow, Russia, annmakarova@mail.ru

Keywords: *ecology; heavy metals; phytoremediation; soil; arsenic; environmental and pollution quality control.*

Success in achieving the Sustainable Development Goals largely depends on the selection and analysis of the most suitable plant species with high tolerance to heavy metals for phytoremediation. It is necessary to consider plants of the Brassica culture that are able to minimize/remove the phytotoxicity of cadmium in the soil. The paper presents the results of a study that examined the survival of Sarepta mustard with and without additives.

Успех в достижении Целей устойчивого развития (рис. 1) в значительной степени зависит от выбора и анализа наиболее подходящих видов растений, обладающих высокой толерантностью к тяжелым металлам, для проведения фиторемедиации [2]. Необходимо рассмотреть растения культуры Brassica[1], которые способны минимизировать/удалить фитотоксичность кадмия в почве. В работе представлены результаты исследования, в котором рассматривалась выживаемость горчицы сарептской при внесении добавок и без их добавления (табл. 1).

Таблица 1

Результаты опыта №1 по подбору растений и добавок для фиторемедиации

Опыт №1	Взошли	Не проросли	Выжили	Погибли	Всего:
Контрольная группа	11	1	1	11	12
Группа добавок	10	2	0	12	12

Рис. 1. Цели устойчивого развития

Исследование направлено на достижение Цели 15: «Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия».

Литература:

1. «A review of phytoremediation technology: heavy metals uptake by plants», 2018. A. Sumiahadi and R. Acar.
2. «Method of intensification of reclamation of landfills and solid domestic waste with the use of biologics», 2019. Pishchaeva, K.; Chelnokov, V.; Matasov, A.; Glushko, A.; Saproshina, A.

УДК 502.137.1:37

РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭТИКИ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ

Лучина Виктория Николаевна*
Старший преподаватель, Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, luchina-v@mail.ru
Сивуха Валерия Викторовна
Специалист кафедры, Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, sivuxa.2001@mail.ru
Пытляк Елизавета Дмитриевна
Магистрант, Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь, lizabethptl@mail.ru

Ключевые слова: *устойчивое развитие; экологическое образование; экологическая этика*

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL ETHICS IN IMPROVING THE QUALITY OF ENVIRONMENTAL EDUCATION OF STUDENTS

Luchina Victoria Nikolaevna*
Senior Lecturer, International State Ecological Institute. A.D. Sakharov Belarusian State University, Minsk, Belarus, luchina-v@mail.ru
Sivukha Valeria Viktorovna
Specialist of the Department, International State Ecological Institute. A.D. Sakharov Belarusian State University, Minsk, Belarus, sivuxa.2001@mail.ru
Pytliak Elizaveta Dmitrievna
Master's student, International State Ecological Institute. A.D. Sakharov Belarusian State University, Minsk, Belarus, lizabethptl@mail.ru

Keywords: *sustainable development; environmental education; ecological ethics*

The formation and development of environmental education in the Republic of Belarus is considered on the example of environmental ethics. Environmental ethics has a unique educational and educational potential that can help anyone, regardless of their profession, to live for the benefit of themselves and not to the detriment of others. It covers an extremely wide range of problems, considering the moral relations of a person and his environment and developing moral norms of his behavior – both in "human" and "non-human" situations.

Современным обществом уделяется значительное внимание вопросам устойчивого экологического образования (просвещения). Понятие «экологическое образование» предполагает собой такое образование, которое является познанием симбиоза проблем взаимосвязей между человеком, природой, культурой и обществом.

Все основные учебные дисциплины экологической направленности в социально-гуманитарном цикле обладают определенным эколого-образовательным потенциалом и могут внести ощутимый вклад в воспитание у обучающихся ответственного отношения к природе. Также данные учебные дисциплины формируют экологическую культуру студенческой молодежи. Результаты достижений современной науки о природе и человеке способствует реализации экоцентрической парадигмы экологического образования, оптимизации формирования у молодежи добросовестного и чуткого отношения к природе, повышению экологической культуры [1].

Среди учебных дисциплин социально-гуманитарного цикла связанных с экологическим образованием и просвещением отдельно стоит выделить «Экологическую этику». Экологическая этика формируется на основе симбиоза экологических наук и этики. Экологическая этика обладает уникальным образовательным и воспитательным потенциалом, который способен помочь любому человеку, независимо от его профессии, жить во благо себе и не во вред другим. Она охватывает предельно широкий круг проблем, рассматривая нравственные отношения человека и окружающей его среды и вырабатывая нравственные нормы его поведения – как в «человеческих», так и в «не-человеческих» ситуациях. Тем самым экоэтика делает человека Человеком, способным проявлять любовь и уважение к Природе, ответственность перед ней [2].

Подготовка специалистов природоохранного профиля в Беларуси осуществляется в ряде вузов. Особую роль в становлении и развитии эколого-этического образования и просвещения в восточно-европейском регионе играет Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, созданный в Минске по инициативе А.Д. Сахарова как ответ на проблему Чернобыля — ответ на потребность и необходимость широкой экоэтической образовательно-просветительской деятельности. Сотрудниками института была разработана специальная эколого-этическая образовательная программа, предполагающая сочетание «сентиментальности» в изучении экоэтики, апелляции к чувствам любви и сострадания к природе, с аналитическим разбором реальных ситуаций и умением принимать ответственные решения; переходить от общих принципов экологической этики к конкретным технологиям решения проблем, основанных на принципах минимизации зла и наибольшего добра, поиске компромиссов между интересами человека и природы. В соответствии с программой в МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ введен 20-ти часовой учебный курс «Основы экологической этики». Цель данного курса — формирование у студентов — будущих экологов, биологов и медиков осознанного нравственного отношения к природе, Иному Живому и деятельностно-благоговейного отношения к Жизни Человека и Иного Живого, устойчивую ориентацию и готовность в будущей практической деятельности руководствоваться принципами и нормами экологической этики. При этом немаловажную роль в изучении экоэтики играет применение традиционных и нестандартных интерактивных методик [3].

Овладение основами экологической этики осуществляется и за счет гуманитаризации изучения специальных дисциплин. Так, некоторые разделы экоэтики и биоэтики интегрированы в спецкурс экологической медицины. Эксперименты на лабораторных животных почти полностью заменены в институте альтернативными методами (демонстрацией учебно-научных фильмов, муляжей, биомоделей, компьютерными обучающими программами и др.). Разработан факультативный спецкурс «Альтернативы использования экспериментальных животных в образовании».

Этико-экологическое образование потребовало расширить рамки формирования личности специалиста и во внеучебное время. Студенты привлекаются к участию в научных конференциях, круглых столах, пресс-конференциях по этико-экологической проблематике, их лучшие доклады и научные работы публикуются в сборниках материалов конференций и рекомендуются к опубликованию в журналах, входящих в перечень ВАК.

Таким образом, экологическое образование – это совершенно особенное образование. Итогом полученного экологического образования (просвещения) является личность, способная применять полученные знания, умения и навыки, а также сформированные личностные качества для решения задач не только в узкопрофессиональной деятельности, но и в высокоморальных вопросах жизни социума, требующих сопереживания и принятия креативных и неординарных решений в профессиональной деятельности и повседневной жизни.

Исследование направлено на достижение Цели 4 устойчивого развития: Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех.

Литература:

1. Лучина, В.Н. Феномен социально-гуманитарного экологического просвещения студентов в достижении устойчивого экологического образования / В.Н. Лучина, В.В. Сивуха, Е.Д. Пытляк // Образование и наука для устойчивого развития: XIV Международная научно практическая конференция: материалы конференции: в 2 ч. – М.: Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, 2022. – 255 с. ISBN 978-5-7237-1965-1

2. Экологическая этика: учеб. пособие / Т. В. Мишаткина, С. П. Кундас, Р. Г. Апресян, [и др.]; под общ. ред. С. П. Кундаса и Т. В. Мишаткиной. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 332 с.

3. Мишаткина Т.В., Эколого-этическое образование и воспитание в Республике Беларусь / Т.В. Мишаткина, С.А. Маскевич // Экология человека и природы в информационно-технической среде (ЭкоМир-10): 10-я Международная научная конференция (Мытищи – Москва, 5–6 июня 2019 г.) : материалы конференции / МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020. — 276, [2] с. : ил. ISBN 978-5-7038-5327-6

УДК 550.42

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ ГРАНИТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ИХ ОСТЫВАНИЯ

Любашов Павел Сергеевич
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, pahanchik.lubashov@mail.ru
Дубинина Елена Олеговна*
Профессор, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, доктор геолого-минералогических наук, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия, elenadelta@gmail.com

Ключевые слова: *изотопы кислорода; кварц; температура закрытия; захоронение РАО; Цели устойчивого развития*

APPLICATION OF ARTIFICIAL WEATHERING OF GRANITES TO STUDY THE DYNAMICS OF THEIR COOLING

Lyubashov Pavel Sergeevich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, pahanchik.lubashov@mail.ru
Dubinina Elena Olegovna*
Professor, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry RAS, Moscow, Russia, elenadelta@gmail.com

Keywords: *oxygen isotopes; quartz; closing temperature; radioactive waste disposal; Sustainable Development Goals*

This paper is devoted to the study of the problem of radioactive waste disposal using the methods of oxygen isotope geochemistry of massifs in which it is planned to create burial sites

Целью данной работы является определение температуры закрытия кварца по изотопному составу кислорода кристаллов разного размера. Температура закрытия (T_c) – это температура, при которой прекращается изотопный обмен минерала с остальными минералами породы или флюидом, она связана с рядом параметров, в том числе, со скоростью остывания породы. Эта связь можно выразить уравнением, которое называют уравнением Додсона:

$$T_c = \left(\frac{E/R}{ln\left(\frac{-ART_c^2(D_0/a^2)}{E(\delta T/\delta t)}\right)} \right),$$

где a – размер зерна; A – форма зерна; D_o – коэффициент диффузии интересующего изотопа или элемента; $\delta T / \delta t$ – скорость остывания породы.

Данное уравнение позволяет найти скорость остывания геологического объекта если известны Tc, размеры зерен и диффузионные параметры для данной изотопной системы или элемента, в данном минерале. Как правило, охлаждение геологических объектов, определенное по температурам закрытия минералов разных изотопных систем, составляет длительный временной интервал – десятки и сотни тысяч лет. [1]

Ранее не проводилось исследований изотопного состава кислорода с применением шоковых перепадов температуры. Нами нагрев породы проводился с помощью газово-воздушной горелки (≈900 ºC), а охлаждение – с помощью жидкого азота (-190 ºC). Как показала практика, данный подход обеспечивает разрушение породы (гранита) в течение нескольких циклов нагрева-охлаждения. Полученные минеральные зерна использовались для определения в них изотопного состава кислорода.

Данный метод был применен для изучения образцов гранитов, отобранных в

пределах гранитных плутонов, которые планируется использовать для создания станций захоронения РАО. Измеренные величины $\delta^{18}O$ изменяются от 9.03 до 9.84‰ в кристаллах кварца разного размера, отобранных из трех образцов гранитов (табл. 1).

Таблица 1

Изотопный состав кислорода кварца изученных образцов

Название образца	Состав	Масса, мг.	Радиус, мм	Tc	$\delta^{18}O$
К-459.7-1а	Qz	1,7	5	951	9,54
К-459.7-1б	Qz	2,2			9,62
К-459.7-2	Qz	1,9	0,75	837	9,84
Ж-21-34-1	Qz	2,4			9,31
Ж-21-34-2а	Qz	1,6	3	997	9,25
Ж-21-34-2б	Qz	1,7			9,45
А-11-06-9-1	Qz	1,4	2,5	945	9,55
А-11-06-9-1а	Qz	1,2			9,03
А-11-06-9-2	Qz	1,8	1,25	1009	9,36
А-11-06-9-2а	Qz	1,6			9,42

Для большинства кристаллов была проверена их однородность, для чего проводился анализ их центральных и краевых зон. В краевых зонах величины $\delta^{18}O$ имеют больший разброс по сравнению с центральными, что указывает на диффузионное уравновешивание зерен кварца с окружающими минералами (Рис. 1). На диаграмме зависимости Tc от радиуса кристаллов нанесены линии одинаковых скоростей остывания, рассчитанные по уравнению Додсона, и полученные данные (Рис. 2).

Полученные данные показывают, что что изученные породы остывали со скоростью около 10 000 град/млн. лет, вполне реальной для гранитных массивов. Отклонение точек образцов К-459.7-1а и А-11-06-9-2 от кривого остывания со скоростью 10 000 град/млн. лет, по-видимому, связано с неточной оценкой радиуса кристаллов. Возможно, что образец А-11-06-9-2 является обломком более крупного зерна, а образец К-459.7-1а содержит механические дефекты. Изученные граниты, по-видимому, не подвергались поздним термическим событиям, что указывает на возможную физическую однородность строения плутонов.

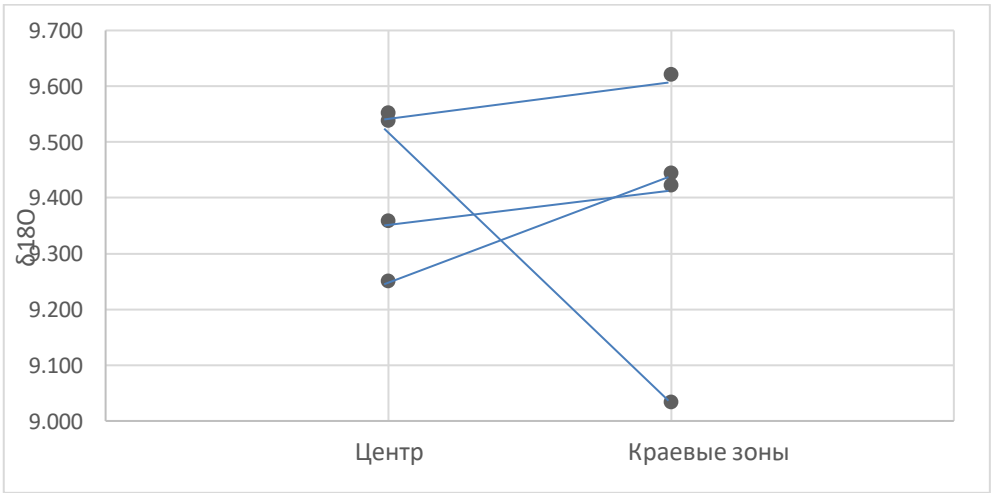


Рис. 1. Изотопный состав кварца:
1 – в центральных и 2 – в краевых зонах кристаллов.

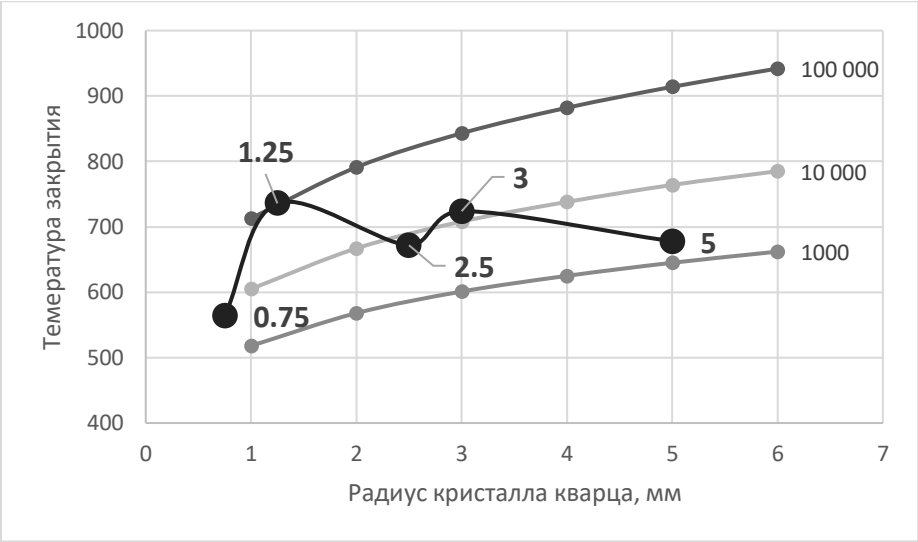


Рис. 2. График зависимости температуры закрытия от размера кристалла кварца. Расчетные кривые - для скоростей остывания 100 000, 10 000 и 1000 град/млн. лет.

Исследование направлено на достижение Цели 15: Защита и восстановление экосистем суши, и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия.

Литература:

1. Martin H. Dodson. Closure Temperature in Cooling Geochronological and Petrological Systems. // Contr. Mineral. and Petrol. – 1973. – V. 40. – P. 259-274.

УДК: 661.185.44

ЗАМЕНА БИОНЕРАЗЛАГАЕМЫХ ЭМУЛЬГАТОРОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ МОНОМЕРАМИ

Макаров Иван Леонидович
Студент, РХТУ – Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, platmakarov@yadnex.ru
Боличев Артур Игоревич
Студент, РХТУ – Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, a.bolichev@mail.ru
Бессонов Иван Андреевич
Студент, РХТУ – Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, stoptishtidiesch@gmail.com
Крайник Илья Иванович*
Кандидат химических наук, доцент кафедры биоматериалов Российского химико-технологического университета имени Д.И.Менделеева, iikraynik@mail.ru

Ключевые слова: *загрязнение; ПАВ; сточные воды; эмульсионная полимеризация; агрегативная устойчивость; латекс; коагулюм*

REPLACEMENT OF NONBIODEGRADABLE EMULSIFIERS WITH MONOMER-SURFACTANTS

Makarov Ivan Leonidovich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, platmakarov@yandex.ru
Bolichev Artur Igorevich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, a.bolichev@mail.ru
Bessonov Ivan Andreevich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, stoptishtidiesch@gmail.com
Kraynik Ilya Ivanovich*
PhD in Chemistry, associate professor, Department of Biomaterials of Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, iikraynik@mail.ru

Keywords: *pollution; surfactants; waste waters; emulsion polymerization; aggregative stability; latex; coagulum*

In this work we synthesized new naphthalene based monomers to exclude nonbiodegradable surfactants used in emulsion polymerization. We showed that copolymerization of new monomers with styrene and isoprene is possible and latecies obtained are completely stable. Usage of new monomers prevents waste waters pollution.

Проблема загрязнения сточных вод отходами химического производства имеет огромное значение в экологии. В полимерной промышленности одним из главных загрязнителей сточных вод являются поверхностно-активные вещества (ПАВ), используемые в процессах эмульсионной полимеризации. Одним из таких поверхностно-активных веществ является лейканол, продукт поликонденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида, который активно применяется при получении синтетических латексов, как компонент смеси ПАВ для обеспечения агрегативной устойчивости латексной системы на стадии синтеза, отгонки остаточного мономера и хранения.

Лейканол обладает хорошей растворимостью в воде и практически не подвергается биоразложению. Является высокотоксичным соединением, активно загрязняющим сточные воды в местах химических производств.

В настоящее время концентрация лейканола в промывных и сточных водах промышленных производств эмульсионных каучуков и латексов колеблется от 2.5 до 5.5 мг/л. После стадии флотации на очистных сооружениях – от 1.25 до 2.9 мг/л.

Нами предложен способ исключить попадание лейканола в сточные воды. Для этого были синтезированы новые нафталинсульфосодержащие мономеры, способные к сополимеризации с основными мономерами, используемыми при промышленном производстве латексов (стирол, акрилонитрил, изопрен). Были изучены поверхностно-активные свойства как лейканолов с различной степенью поликонденсации, так и новых мономеров и было показано почти полное отсутствыие содержания бионеразлагаемых производных нафталина в сточных водах.

При изучении процесса сополимеризации нафталинсульфосодержащих мономеров с основными мономерами, конечный латекс оказывался устойчивым как на стадии синтеза, так и при отгонке остаточного мономера и при хранении. Коагулюма не образовывалось.

Исследование направлено на достижение Цели 6: чистая вода и санитария, Цели 9: индустриализация, инновации и инфраструктура, Цели 12: ответственное потребление и производство.

УДК 504.06

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ КАК ПРЕВЕНТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Михрабов Александр Ильич

Студент, Российский химико-технологический университет им Д.И. Менделеева, Москва, Россия, mixrabovs@mail.ru

Молчанова Яна Павловна*

Доцент, Российский химико-технологический университет им Д.И. Менделеева, Москва, Россия, yanamolchanova@gmail.com

Ключевые слова: *оценка воздействия на окружающую среду; устойчивое развитие; воздействие; окружающая среда*

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AS A PREVENTIVE METHOD FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

Mikhrabov Alexander Ilyich

Student, Russian University of Chemical Technology named after D.I. Mendeleev, Moscow, Russia, mixrabovs@mail.ru

Molchanova Yana Pavlovna*

Assistant professor, Russian University of Chemical Technology named after D.I. Mendeleev, Moscow, Russia, yanamolchanova@gmail.com

Key words*: environmental impact assessment; sustainable development; impact; environment*

Every year the impact of man on the environment is becoming stronger. New enterprises are being built, existing factories are being reconstructed, and concerns that have lost their former scale are becoming unusable and subject to demolition. Because of this, the problem arises of how to properly organize the process so that from the start of construction or dismantling work, to the operation of the enterprise or the cessation of the existence of the facility, there is no unnecessarily negative impact on the environment.

Экологическая оценка - является одним из наиболее распространенных инструментов современного экологического регулирования. Ее успех основан на широком признании факта, что легче выявить и предотвратить негативные экологические последствия деятельности на стадии планирования, чем обнаружить и исправлять их на стадии осуществления [1].

В Российской Федерации главными составляющими экологической оценки являются оценка воздействия на окружающую среду, проводимая инициатором хозяйственной деятельности, подлежащей экспертизе и экологическая экспертиза, организуемая и проводимая государственными природоохранными органами. Такой подход помогает эффективно определить и предотвратить возможное негативное воздействие планируемого объекта, при этом рассматриваются альтернативные варианты или же полный отказ от реализации, а также, что не мало важно, учитывает пожелания не только природоохранных органов, но и населения, которое будет находится под возможным влиянием объекта.

В настоящее время систему российского законодательства в области ОВОС и экологической экспертизы (ЭЭ) составляют: целевой федеральный закон ФЗ № 174-ФЗ от 23.11.1995 "Об экологической экспертизе" и ряд статей базового закона РФ ФЗ № 7-ФЗ от 10.01.2002 г "Об охране окружающей природной среды", являющегося фактически основами российского экологического законодательства. Помимо федеральных законов действует ряд конкретизирующих их постановлений Правительства, а также несколько дополняющих указов Президента РФ.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – процесс комплексной оценки воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной или иной деятельности, в результате которого принимается решение о её реализации.

Процесс оценки проводится на основании:

1. оценки существующего состояния компонентов окружающей среды в районе планирования деятельности;
2. анализа, оценки и учета проектных решений для выявления негативного воздействия на окружающую среду;
3. разработка мероприятия по предотвращению и снижению негативного воздействия намечаемой деятельности, а также рассмотрение возможных альтернатив [2].

В процессе ОВОС ключевым элементом является информирование населения о намечаемой деятельности и ее возможном воздействии на окружающую среду. Делается это с целью выявления и учета общественного мнения [3].

Одним из результатов ОВОС является определение экологического риска планируемой хозяйственной или иной деятельности, основанное на выявленной устойчивости природной среды к воздействиям в различные периоды эксплуатации планируемого объекта.

Приказом Минприроды России от 01.12.2020 г. № 999, установлены требования к материалам оценки воздействия на окружающую среду, являющихся основанием для разработки обосновывающей документации по:

1) любой планируемой (намечаемой) хозяйственной и иной деятельности, в целом,

2) объектам государственной экологической экспертизы, в частности.

ОВОС применим:

– не только к отношениям, связанным с разработкой обосновывающей документации по объектам государственной экологической экспертизы,

– но и к отношениям, связанным с разработкой обосновывающей документации по иной (любой) планируемой (намечаемой) хозяйственной и иной деятельности [2].

Первый этап: Уведомление, предварительная оценка, составление технического задания и информирование общественности.

Второй этап: Проведение исследований по оценке воздействия на окружающую среду и подготовка предварительного варианта материалов по оценке воздействия на основе технического задания, прошедшего общественные обсуждения [2].

Третий этап: Проведение общественных слушаний и обсуждений по предварительному варианту материалов ОВОС и подготовка окончательных материалов.

Последним этапом является утверждение окончательного варианта материалов по ОВОС и обеспечение его доступности для общественности [3].

В рамках Требований, утв. Приказом Минприроды от 01.12.2020 г. № 999, устанавливается необходимость размещения уведомления о проведении общественных обсуждений на 4-х уровнях:

а) на муниципальном уровне

б) на региональном уровне

в) на федеральном уровне

г) на официальном сайте заказчика (исполнителя), при наличии.

Таким образом, благодаря процедуре ОВОС осуществляется подбор наилучшего способа реализации того или иного объекта негативного воздействия, с учетом мнения не только экспертов, но и гражданских лиц.

Исследование направлено на достижение Цели 9: Индустриализация, инновации и инфраструктура.

Литература:

1. Черп О.М., Виниченко В.Н., Хотулёва М.В., Молчанова Я.П., С.Ю.Дайман. Экологическая оценка и экологическая экспертиза. М.: Социально-экологический союз, 2001. 312 с.
2. Оценка воздействия на окружающую среду. / ЭкоПромЦентр. 17.10.2020. Электронный ресурс: https://ecopromcentr.ru/blog/ovos/
3. Бегак М. В., и др.; ред. Бегак М. В. Превентивные механизмы охраны окружающей среды в России и Европейском Союзе. Перспективы гармонизации. –М.: ЮрИнфор-Пресс, 2010. –199 с. Программа сотрудничества ЕС – Россия «Гармонизация экологических стандартов (ГЭС) II» ISBN 978-5-9587-0020-2

УДК 504.054

ДИНАМИКА ПОТОКОВ СУХИХ ВЫПАДЕНИЙ ОКСИДОВ СЕРЫ И ВОССТАНОВЛЕННОГО АЗОТА НА СТАНЦИИ ЕАНЕТ ЛИСТВЯНКА В РЕГИОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ В 2017–2021 ГОДАХ

Мищенко Кирилл Иванович
Магистрант, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия, misikir@ya.ru
Жигачева Екатерина Сергеевна
Младший научный сотрудник, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля, Москва, Россия, kosjatko@gmail.com
Громов Сергей Аркадьевич
Ведущий научный сотрудник, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля; Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия, gromov@igras.ru

Ключевые слова: *сухие выпадения; мониторинг; загрязнение атмосферы*

DYNAMICS OF DRY DEPOSITION FLUXES OF SULFUR OXIDES AND REDUCED NITROGEN AT THE EANET LISTVYANKA STATION IN THE LAKE BAIKAL REGION IN 2017-2021

Mishchenko Kirill Ivanovich
Master’s Student, Russian State Agrarian University Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, misikir@ya.ru
Zhigacheva Ekaterina Sergeevna
Junior Researcher, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia, kosjatko@gmail.com
Gromov Sergey Arkadyevich
Leading Researcher, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology; Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, gromov@igras.ru

Keywords: *dry deposition; environmental monitoring; atmospheric pollution*

The intra- and interannual dynamics of calculated dry deposition fluxes of sulfur oxides and reduced nitrogen according to the data of the EANET Listvyanka station in the Lake Baikal region in 2017-2021 has been presented and overviewed.

Представлена и рассмотрена внутри- и межгодовая динамика рассчитанных величин потоков сухих выпадений оксидов серы и восстановленного азота по данным наблюдений станции ЕАНЕТ Листвянка в регионе озера Байкал в 2017-2021 годах.

Сухое осаждение является одним из основных механизмов выведения загрязняющих веществ из атмосферы, влияние которого часто недооценивается при оценке потоков поступления загрязнения в экосистемы и может привести к искажению оценок рисков для окружающей среды. В научно-прикладном аспекте важность исследований сухого осаждения становится очевидной, так как при оценке экологических последствий выбросов в атмосферу знания о них или недостаточны, или очень неопределенны. Одним из способов решения этой проблемы являются эмпирические расчеты потоков выпадений по данным наблюдений станций регионального мониторинга загрязнения атмосферы. Сеть мониторинга кислотных выпадений в Восточной Азии (ЕАНЕТ) действует с 1998 г. на территории 13 стран Азиатского континента. В России наблюдения по программе ЕАНЕТ проводятся на 4 станциях, одна из которых – региональная станция Листвянка, расположена на берегу оз. Байкал в границах Байкальской природной территории [1]. Для оценки общих

выпадений кислотообразующих веществ из атмосферы проводятся регулярные наблюдения за содержанием их соединений в воздухе и осадках. Приведены результаты первых расчетов сухих выпадений соединений серы и азота с использованием накапливаемых данных и метода, рекомендуемого в программе EANET.

Расчет сухого осаждения реализуется с использованием «скорости сухого осаждения» для каждого из соединений при параметризации процессов выпадения, широко применяемой для оценки величины потоков [2]. В рамках исследований EANET было подготовлено специализированное программное обеспечение (ПО) на базе макросов и таблиц MS Excel, реализующее методику расчета «Руководства по расчету потока сухого осаждения в Восточной Азии (программа EANET)». В качестве исходных данных для расчета использовались результаты наблюдений за концентрациями соединений в воздухе на станции EANET Листвянка и ежедневные данные о метеорологических параметрах с метеостанции Исток Ангары за 2017-2021 годы. Так как ПО реализует расчеты с шагом в 1 час, почасовые ряды значений были подготовлены путем интерполяции и аппроксимации, в том числе, с помощью математических формул описания суточного хода метеоэлементов.

По данным за 2017, 2019 и 2021 гг. были проведены расчеты для полных «геофизических» лет (с непрерывным холодным периодом, начинающимся в октябре предыдущего года), рассчитанные значения были сгруппированы в месячные потоки сухих выпадений. Отмечается значительная вариация месячных значений как между годами, так и в течение года. Для потоков сернистого газа (SO_2) минимальные месячные значения составляют 0,03-0,05 г/м^2, наблюдаясь чаще в один из летних месяцев (значения октября-декабря 2018 г. не характерны по порядку величины и требуют уточнений) (Рис. 1). Высокие значения потоков SO_2 характерны больше для зимних месяцев, составляя от 0,15 до 0,30 г/м^2, однако год от года такие величины могут наблюдаться в отдельные летние месяцы. В целом на обработанном материале выраженного сезонного хода потоков сухих выпадений SO_2 не просматривается. Изменение потоков сухих выпадений сульфатов практически следует за изменением концентраций этих веществ в аэрозолях в воздухе [1].

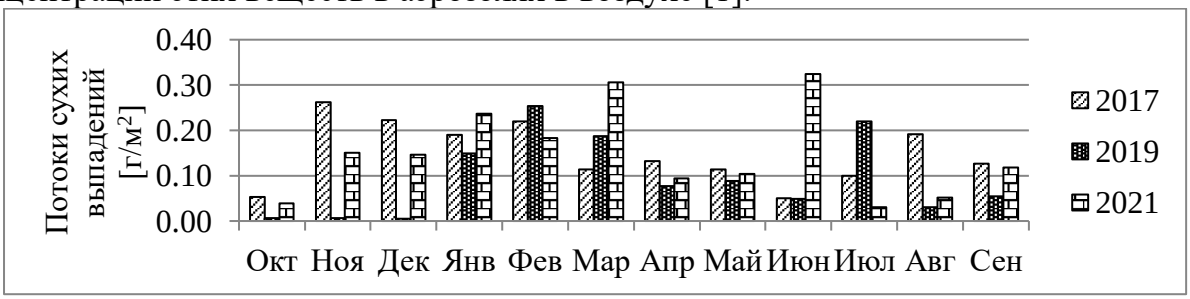


Рис. 1. Потоки сухих выпадений сернистого газа (SO_2)

Месячные потоки аммиака (NH_3) изменяются интервале от 0,004 (зима-поздняя осень) до 0,06-0,07 г/м^2 (май-август). В целом внутригодовое изменение следует за характером циклов вегетации в Восточной Сибири, иногда нарушаемых влиянием пожаров (Рис. 2), с превышением потоков в теплый период года приблизительно в 3 раза. В Табл. 1 представлены общие годовые потоки сухих выпадений оксидов серы (SO_2 и SO_4), соединений восстановленного азота (NH_3 и аммония в аэрозолях). По результатам оценок поступление на подстилающую поверхность в районе станции EANET серы и азота в виде газов значительно превышает сухие осаждения их в виде аэрозолей, тем не менее, эти оценки могут изменяться в границах региона.

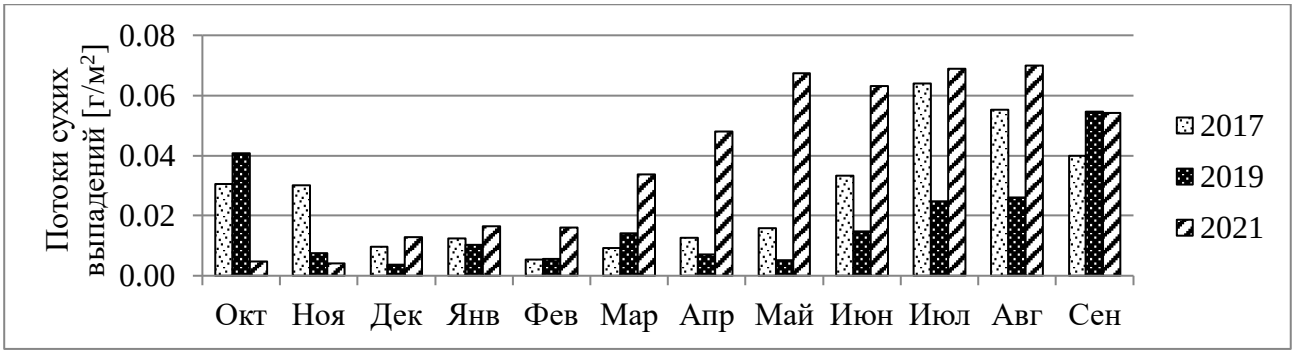


Рис. 2. Потоки сухих выпадений аммиака (NH_3)

Таблица 1

Годовые изменения потоков сухих выпадений

Год	SO_2	$S(SO_2)$	SO_4	$S(SO_4)$	$S(SO_2)/S(SO_4)$	Год	NH_3	$N(NH_3)$	NH_4	$N(NH_4)$	$N(NH_3)/N(NH_4)$
2017	1,78	0,89	0,06	0,02	45	2017	0,32	0,26	0,02	0,02	15
2019	1,13	0,56	0,05	0,02	34	2019	0,21	0,18	0,009	0,007	24
2021	1,78	0,89	0,04	0,01	75	2021	0,46	0,38	0,006	0,005	84

Исследование выполнено в рамках НИОКТР АААА-А20-120013190049-4 (План НИТР Росгидромета на 2023 г., т. 4.4). Часть результатов получены в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119022190172-5 (FMGE-2019-0004). Направлено на достижение Цели устойчивого развития №13: Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

Литература:

1. Громов С.А., Набокова Е.В., Бунина Н.А. и др. Оценка состояния и загрязнения атмосферного воздуха (2.3.9. Загрязнение воздуха и осадков по данным станций мониторинга ЕАНЕТ) / Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации (под ред. Ю.А.Израэля). Москва: ИГКЭ, Росгидромет. – 2011, с. 57–60.

2. Громов С.А., Жигачева Е.С., Покровский Д.Д. Оценка сухих выпадений соединений серы и азота из атмосферы в Приокско-Террасном биосферном заповеднике по данным наблюдений станции ЕМЕП / Экологические системы и приборы, М: Научтехлитиздат, 2018, № 2, с. 10-17.

УДК 66.097.3

СЕРНОКИСЛОТНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ВАНАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Нишукова Мария Александровна
бакалавр 3 курса, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия, nishuchonokmasha@mail.ru
Гавва Мария Алексеевна
магистр 1 года обучения, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия, mariagavva@gmail.com

Ключевые слова: *отработанный ванадиевый катализатор; выщелачивание; степень извлечения; серная кислота*

SULFURIC ACID EXTRACTION OF VANADIUM FROM SPENT VANADIUM CATALYSTS

Nishukova Maria Alexandrovna bachelor of the 3rd year, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, nishuchonokmasha@mail.ru
Gavva Maria Alekseevna master of 1 year of study, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, mariagavva@gmail.com

Keywords: *spent vanadium catalyst; leaching; extraction degree; sulfuric acid*

Vanadium and its compounds are a valuable resource that has found many applications in various industries (metallurgy, chemical synthesis). To solve the problems of irrational use of resources and damage to the environment, it is necessary to organize a system for processing various vanadium-containing waste. This paper presents data on the evaluation of the efficiency of vanadium extraction from spent vanadium catalysts by sulfuric acid leaching. It has been established that the use of 10 – 40% solutions of sulfuric acids allows the extraction of vanadium compounds from spent catalysts with an efficiency of 90 – 99%, respectively.

Серная кислота - важнейший компонент для производства минеральных удобрений, экстракционных кислот, для синтеза органических соединений и других целей. Исходным сырьем для производства кислоты служит сера или сероводород (Клаус-процесс), с последующем обжигом для получения диоксида серы. Важным этапом производства кислоты является окисление оксида серы (IV) до оксида (VI). Из-за высокого значения энергии активации реакция обычного окисления диоксида серы невозможна даже при очень высокой температуре. Для решения данной проблемы уже несколько десятилетий используют катализаторы на основе пентаоксида ванадия (V_2O_5). Реакция получения SO_3 протекает в контактном аппарате с несколькими слоями катализатора [1]. Более 90% серной кислоты производимой по всему миру получают контактным способом с использованием ванадиевых катализаторов.

По истечению срока службы катализатора происходит снижение его каталитической активности за счет накопления контактных ядов (тяжелых металлов, сложных органических соединений и пр.) и адсорбции SO_2 на поверхности катализатора. Помимо отравления катализатора в процессе производства происходит технологический унос частиц катализатора за счет истирания или в форме летучих соединений [2]. Данный процесс является основным недостатком контактного способа, и требует регулярной замены катализаторов. Отработанные катализаторы размещаются на специализированных полигонах на территории промышленной площадки и оказывают негативное влияние на окружающую среду за счет поступления в окружающую среду различных форм ванадия.

В данной статье рассмотрен процесс извлечения ванадия из отработанных

ванадиевых катализаторов (далее - ОВК) методом сернокислотного выщелачивания. Помимо экономического эффекта, применение процессов регенерации ОВК позволит существенно минимизировать количество размещаемых высокотоксичных ванадийсодержащих отходов (канцерогены, обще ядовитые), а главное сделать еще один шаг к осуществлению концепции «Zero Waste» в рамках реализации экономики замкнутого цикла [3].

Ключевой целью данного исследования является оценка степени извлечения соединений ванадия из ОВК при использовании серной кислоты в качестве выщелачивающего агента. Исследование химического состава исходного (твердого) ОВК проводили методом рентгенофлоуресцентного анализа. Для проведения эксперимента были приготовлены растворы серной кислоты с концентрациями 10%, 20%, 40% по массе. Соотношение ОВК: кислота принимали 1:50, при температуре кипения соответствующего раствора кислоты, а время процесса устанавливали равное 2,5 часа. Отбор проб для анализа производили каждые 30 минут. Содержание ванадия в отобранных (жидких) пробах определяется фотометрическим фосфорновольфраматным методом в соответствии с ГОСТ 4657.13-96.

На первом этапе экспериментов был исследован состав образца ОВК отобранного на металлургическом предприятии Уральской области. Данные по химическому составу образца ОВК приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав катализатора

Элемент	C	O	Na	Al	Si	S	K	V	Fe
Содержание, %	5,61	51,64	1,04	3,11	21,93	7,6	6,03	2,9	0,68

Из данных табл. 1 видно, что в отработанных ванадиевых катализаторах содержится до 2,9% ванадия. Также в небольших количествах в ОВК присутствуют железо, алюминий, которые могут попутно извлекаться.

Зависимости степени извлечения соединений ванадия от времени процесса выщелачивания ОВК и концентрации серной кислоты (10, 20, 40%) приведены на графике (рис. 1). Для сравнения эффективности извлечения используется дистиллированная вода.

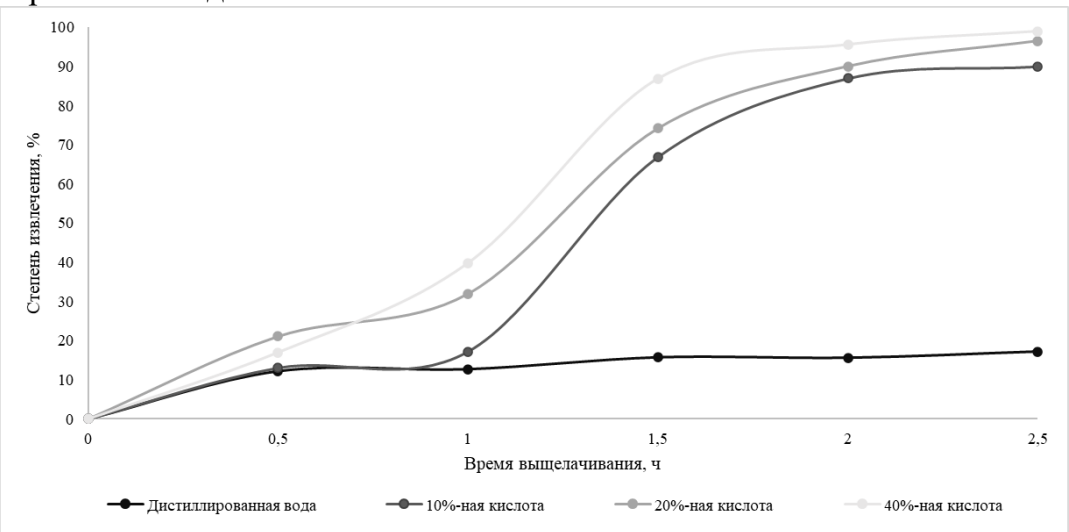


Рис. 1. Зависимость степени извлечения от времени выщелачивания

Согласно экспериментальным данным (рис. 1), самая высокая степень извлечения ванадия (99%) достигается при выщелачивании 40%-ой кислотой через 2,5 часа, а спустя 1,5 часа достигается степень извлечения 87%. При использовании 10% и 20%-ной через 2,5 часа достигается достаточно высокая степень извлечения: 90% и

96,5% соответственно.

Таким образом, в целях экономии кислоты, целесообразно использовать 10% раствор H_2SO_4. Однако, с точки зрения снижения энергозатрат наиболее целесообразно использовать 40%-ный раствор серной кислоты, так как спустя 1,5 часа степень извлечения достигает 90 %, что сопоставимо с результатами выщелачивания 10%-ой кислотой через 2,5 часа. Выбор концентрации кислоты будет скорректирован при определении механизма выделения и перечистки соединений ванадия из растворов (осаждение, ионный обмен и пр.). Данная работа направлена на достижения цели устойчивого развития №12: «Ответственное потребление и производство».

Литература:

1. Пулатова М.Р. Производство серной кислоты //Современные инновации в науке и технике. - 2016. - С. 146-148.
2. Жарский И.М. Восстановление ванадийсодержащих соединений в растворах выщелачивания отработанных ванадиевых катализаторов / Жарский И.М., Орехова С.Е., Курило И.И. - Текст: непосредственный// Труды БГТУ. - 2011. - №3. - С.3-7.
3. Kuzin E. N., Kruchinina N. E. Use of metallurgical scale in the processes of engineering protection of the environment // CIS Iron and Steel Review. 2022. Vol. 24. - P. 93–97

УДК 661.632:661.56

УПРУГОСТЬ ПАРОВ АЗОТФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ

Номозов Шухратжон Юлдашали-угли
докторант, ИОНХ АН РУз, г.Ташкент, Узбекистан, shuhratjon.nomozov@mail.ru
Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
проф., д.т.н., главный научный сотрудник, ИОНХ АН РУз, г.Ташкент, Узбекистан, atanazar77@mail.ru
Намазов Шафаат Саттарович
проф., д.т.н., академик, заведующий лабораторией, ИОНХ АН РУз, г.Ташкент, Узбекистан, atanazar77@mail.ru
Каршиев Бекзод Носирович
PhD, старший научный сотрудник, ИОНХ АН РУз, г.Ташкент, Узбекистан, qarshiyev@mail.ru
Алимов Умарбек Кадырбергенович
с.н.с, д.т.н., ведущий научный сотрудник, ИОНХ АН РУз, г.Ташкент, Узбекистан, umaralihonalimov@mail.ru

Ключевые слова: *экстракционная фосфорная кислота; азотная кислота; аммонизация; жидкие NP-удобрения; упругость паров.*

VAPOR ELASTICITY OF NITROGEN-PHOSPHORUS-CONTAINING FERTILIZERS

Nomozov Shuhratjon Yuldashali-o'g'li
DSc student, IGIC UzAS, Tashkent, Uzbekistan, shuhratjon.nomozov@mail.ru
Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich
prof., DSc, chief scientific researcher, IGIC UzAS, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru
Namazov Shafoat Sattarovich
prof., DSc., academician, head of laboratory, IGIC UzAS, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru
Karshiyev Bekzod Nosirovich
PhD, senior scientific researcher, IGIC UzAS, Tashkent, Uzbekistan, qarshiyev@mail.ru
Alimov Umarbek Kadirbergenovich
DSc, leading scientific researcher, IGIC UzAS, Tashkent, Uzbekistan, umaralihonalimov@mail.ru

Keywords: *wet-process phosphoric acid; nitric acid; liquid NP-fertilizers; vapor pressure*

In this work, the vapor pressure of liquid complex NP-fertilizers obtained on the basis of a mixture of wet-process phosphoric and nitric acids was studied. The vapor pressure of liquid complex NP fertilizers was studied using a laboratory setup. Changes in the vapor pressure were determined depending on the temperature in the range from 293 to 343 K and the ratios $N : P_2O_5 = 1 : 0.5$, $1 : 0.7$, *and* $1 : 1$. *The saturated vapor pressure of the studied liquid complex fertilizers in the range of 293-343K is 1.68-19.77 kPa. Established indicators, which indicates their low volatility in the hot climate of Central Asia*.

Последнее время жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) находят широкое применение в сельском хозяйстве, особенно в климатических зонах с коротким вегетационным периодом. Применения жидких удобрений в сельском хозяйстве можно полностью механизировать, питательные вещества распределяются в почвенном слое более равномерно а также имеется возможность растворении и совместного внесении гербицидов, инсектицидов, микроэлементов, ростовых веществ и др. Кроме того, ЖКУ можно получить практически из фосфорной кислоты любого

качества.

В работе [1] изучен процесс получения жидких комплексных NP-удобрений из смеси экстракционной фосфорной кислоты и азотной кислоты. Нейтрализацию проводили газообразным аммиаком (до pH = 4.5; 5.5 и 6.5) и получен NP-удобрении различных марок (N :P_2O_5 = 1 : 0.5, 1 : 0.7 и 1 : 1). Определены составы и температуры кристаллизации композиций. Так, марка продукта N : P = 1 : 1 при pH 6.5 содержит 12.26% азота, 8.51% $P_2O_{5общ.}$. В нём $P_2O_{5усв.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 99.29%, а $P_2O_{5водн.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 93.89% и температура кристаллизации составила -12.9 ^oC.

В работе [2] изучены реологические свойства жидких комплексных NP-удобрений, полученных на основе смеси экстракционной фосфорной и азотной кислот. Показано, что во всех случаях полученные удобрения являются жидкотекучие, их плотность не превышает 1.28 г/см^3, а вязкость – 6.61 сПз.

Целью данной работе является определение упругости паров над ЖКУ осуществляли динамическим методом в интервале температур 293-343 К.

Таблица 1

Упругость паров азотфосфорсодержащих удобрений на основе ЭФК и азотной кислоты

№	pH	Массовое соот. N : P_2O_5	Вид уравнения lgP=A-B/T	Давление паров (Па) при температуре, К					
				293	303	313	323	333	343
1	4.5	1 : 0.5	lgP=7.744-1920/T	1.45	2.51	4.19	6.78	10.66	16.31
2		1 : 0.7	lgP=9.105-2460/T	0.71	1.33	2.41	4.19	7.04	11.49
3		1 : 1	lgP=8.516-2261/T	0.34	0.70	1.35	2.52	4.54	7.88
4	5.5	1 : 0.5	lgP=7.843-1959/T	3.39	5.24	7.89	11.57	16.59	23.29
5		1 : 0.7	lgP=7.987-2001/T	2.72	4.30	6.59	9.84	14.34	20.45
6		1 : 1	lgP=8.004-1999/T	0.71	1.34	2.44	4.28	7.25	11.92
7	6.5	1 : 0.5	lgP=8.287-2097/T	1.79	3.08	5.13	8.27	12.95	19.77
8		1 : 0.7	lgP=7.987-2001/T	1.70	2.91	4.81	7.72	12.04	18.30
9		1 : 1	lgP=8.004-1999/T	1.68	2.86	4.69	7.45	11.53	17.39

Методом наименьших квадратов были рассчитаны константы А и В с использованием уравнения Клаизуса-Клайперона и выведены эмпирические уравнения для определения давления насыщенных паров над растворами[3]. Изменение упругость паров всех марок ЖКУ приведены в таблица.

Из табл. видно, что значения А и В в pH=6,5 зависимости от весового соотношения N:P_2O_5 колеблются в пределах 8,287-2097, 7,987-2001, и 8,004-1999 соответственно. Упругость паров воды над жидкими удобрениями определяется в первую очередь, температурой и солевой массой растворов.

Показано, что увеличение концентрации P_2O_5 по отношению к N приводит к заметному повышению упругости паров, вследствие возрастания массовой доли свободной воды в ЖКУ. Наиболее резкое возрастание давления пара над ЖКУ наблюдается при повышении температуры с 323К и выше. Давление насыщенных паров, изучаемых ЖКУ в интервале 293-343К составляет 1,68-19,77 кПа, что свидетельствует о малой их летучести в условиях жаркого климата Центральной Азии. Это позволяет сделать вывод о том, что при максимальных температурах хранения до 40^{o}C, получаемые жидкие NP-удобрения обладают меньшей летучестью и могут храниться длительное время без изменения своих физико-химических свойств. Они в дальнейшем служить базисной суспензией для получения суспендированных NPK-удобрений с добавкой калийных компонентов.

Литература:

1. Номозов Ш.Ю., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Туйчиева У.И., Алимов У.К. Состав азотфосфор содержащих жидких комплексных удобрений. International correspondence scientific and practical conference “European research: Innovation in science, education and technology” March, 2022. London. -pp. 14-16.
2. Номозов Ш.Ю., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Каймакова Д.А., Алимов У.К. Реологические свойства азотфосфор содержащих жидких комплексных удобрений. International correspondence scientific and practical conference «International scientific review of the problems and prospects of modern science and education» Boston. USA. May, 2022. -pp. 9-11.
3. Зокиров С.С. Дехканов З.К. Арипов Х.Ш. Шеркузиев Д.Ш. Исследование физико-химических свойств растворов сложных азотно-фосфорных жидких удобрений // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2020. 11(80). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10946

УДК 621.039.743

АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТАРНОГО СОСТАВА РАСТВОРОВ ПОСЛЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ND-СОДЕРЖАЩЕГО БОРОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА

Ореховский Артемий Алексеевич
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, metrahero@gmail.com
Никольский Максимилиан Сергеевич*
Старший научный сотрудник, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва, Россия, mnickolsky@gmail.com

Ключевые слова: *экология; устойчивое развитие; радиоактивные отходы; иммобилизация; боросиликатное стекло, выщелачивание*

ANALYS OF ELEMENTAL COMPOSITION OF SOLUTIONS AFTER LEACHING OF ND-BOROSILICATE GLASS

Orekhovsky Atremy Alekseevich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, metrahero@gmail.com
Nickolsky Maximilian Sergeevich*
Senior researcher, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry Russian Academy of Sciences Moscow, Russia, mnickolsky@gmail.com

Keywords: *ecology; sustainable development; High-Level Radioactivate waste; immobilization; borosilicate glass, leaching.*

Radioactive waste can pose a great danger for a long time. Proper handling and disposal of High-Level Wastes is one of the important tasks in the field of sustainable development

Атомная энергетика является одним из ведущих видов энергетики. Серьезным ее недостатком является образование радиоактивных отходов, проблема захоронения которых стоит очень остро. В связи с особенностями состава Радиоактивных Отходов (РАО), они требуют особого обращения. РАО представляют серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья людей и биосферы — радионуклиды могут приводить к разрушению клеток, тканей и органов, за которыми следует гибель организмов [1]. Наибольшую опасность представляют отходы с высокой активностью (ВАО), в связи с чем к этому виду уделено особое внимание. В связи с тем, что по нормам МАГАТЭ подземное захоронение жидких ВАО считается недопустимым. В связи с этим жидкие ВАО перед захоронением должны быть отверждены [2]. Для этого используется технология отверждения ВАО в матрицу-консервант. Таким образом радионуклиды иммобилизуются, встраиваясь в его структуру. Благодаря этому вещество-консервант препятствует выходу радиоактивного вещества в окружающую среду [3]. После захоронения в глубоком подземном хранилище, безопасность заключенных в матрицу ВАО обеспечивает система инженерных барьеров (СИБ). Помимо непосредственно консервирующих матриц важным элементом СИБ являются бентонитовые глины, их использование обусловлено низкой водопроницаемостью, пластичностью, обладает высокой способностью сорбировать радионуклиды. К тому же бентонит разбухает при контакте с подземными водами и способен запечатывать трещины во вмещающих породах. Именно поэтому буфер из бентонитовых глин считается оптимальным для этих целей [4]. В качестве консерванта используются различные виды веществ, но одними из самых передовых считаются стекломатрицы — в основном алюмосиликатные либо борофосфатные. Они образуются в результате добавления к РАО стеклообразующих элементов и последующий процесс витрификации. Основными преимуществами этого способа является стабильная иммобилизация радионуклидов в стекломатрице, а также их высокая химическая и термическая

стойкость, а также устойчивость к выщелачиванию, что является очень важной характеристикой при контакте материала с подземными водами [5].

Для синтеза стекла использовалась шихта состава (масс. %): 0.613 $SrCO_3$, 1.721 ZrO_2, 1.577 MoO_3, 1.488 $CsNO_3$, 0.754 BaO, 0.717 La_2O_3, 2.868 Nd_2O_3, 0.359 UO_2, 2.151 CeO_2, 32.697 SiO_2, 18.334 H_3BO_3, 4.964 Li_2CO_3, 1.721 Al_2O_3, 26.345 $NaNO_3$, 1.721 CaO, 1.434 Fe_2O_3, 0.359 NiO, 0.359 Cr_2O_3. Порошки стеклообразующих элементов и имитаторов актинидных соединений готовились отдельно и смешивались непосредственно перед экспериментом. Синтез проводился при 1150 ºС в течение 2 часов. Отжиг проводился при температуре 400–450 ºС в течение 1—2 часов. Полученные образцы стекла изучались на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610lv, оснащенном ЭДС спектрометром. В состав стекла помимо непосредственно стеклообразующих элементов (Si, Al, Ca, Na, Fe) был включен имитатор радионуклидов Nd, который является одним из основных компонентов редкоземельной фракции ВАО, и дополнительные элементы, которые могут попасть в состав ВАО при переработке топливных сборок. Выщелачивание проводилось в титановом автоклаве при 90ºС в течение 14 суток с полной заменой раствора через 1, 3 и 10 суток. В конце каждого интервала происходил отбор проб для определения содержания элементов, входивших в состав матрицы. После каждой замены раствор фильтровался через мембраны с последовательно уменьшающимся размером пор: 450 и 25 нм. Ультрафильтрация через мембраны с размерами пор менее 1 мкм проводилась на установке на установке KP 47 S, Steriltech Corporation, соединенной с вакуумным насосом. Для определения содержания элементов использовались методы атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (AES-MS) и масс-спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Имитаторы компонентов ВАО (как радионуклидов, так и сопутствующих нерадиоактивных и слаборадиоактивных элементов) по их интенсивности перехода в раствор можно условно разделить на 3 группы: хорошо растворимые (Na, Ca, Mo), слаборастворимые (La, Ce, Nd) и промежуточные (Sr, U, Zr). Хорошо растворимые элементы не образуют в растворе значительную коллоидную фракцию, слаборастворимые элементы, служащие имитаторами актинидов, в значительной степени содержатся в растворе в коллоидной форме. Можно предположить, что формирование коллоидов осуществляется уже при расширении вглубь гелевого слоя, и поступление коллоидных частиц, содержащих редкоземельные элементы в раствор, происходит лишь по мере растворения гелевого слоя, который механически задерживает частицы.

Исследование направлено на достижение Цели 7: Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех, а также цели 15: Сохранение экосистем суши.

Литература:

1. Малков А. В. Ионизирующее излучение в окружающей среде: учеб. пособие/ А. В. Малков, А. А. Додонова. – М.: Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, 2018. – 52 с.
2. Лаверов Н.П., Омельяненко Б.И., Юдинцев С.В. и др. Минералогия и геохимия консервирующих матриц высокоактивных отходов // Геология рудных месторождений. Т.39, №3, 1997. - С.211-228.
3. Дмитриев С.А., Стефановский С.В. Обращение с радиоактивными отходами. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. 125 с.
4. Кирсанов Н.В. Бентониты // Неметаллические полезные ископаемые СССР. М.: Недра, 1984. С. 149-157.
5. Дмитриев С.А., Баринов А.С., Батюхнова О.Г. и др. - Технологические основы системы управления радиоактивными отходами – М.: ГУП Мос НПО Радон, - 2007. - 376 с.

УДК 58.009

ВЛИЯНИЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ ГОРОДА НА ВИДОВОЙ СОСТАВ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ

Ошс Виктория Валентиновна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, V.oshsa@gmail.com
***Егорова Людмила Вячеславовна**
Ассистент (Кафедра ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития»), Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, egorova.l.v@muctr.ru

Ключевые слова: *хвойные растения; городское озеленение; зеленые насаждения; виды хвойных деревьев и кустарников; устойчивость хвойных*

THE INFLUENCE OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE CITY ON THE SPECIES COMPOSITION OF CONIFEROUS PLANTS

Oshs Victoria Valentinovna
Student of the PR-42, IPUR, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, V.oshsa@gmail.com
***Egorova Lyudmila Vyacheslavovna**
Assistant (UNESCO Chair "Green Chemistry for Sustainable Development"), D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, egorova.l.v@muctr.ru

Keywords: *coniferous plants; urban landscaping; green spaces; types of coniferous trees and shrubs; coniferous resistance*

Изучение жизнедеятельности деревьев и кустарников в городской инфраструктуре является актуальной задачей, поскольку растения выполняют важные санитарно-гигиенические и эстетические функции. На данный момент в границах города Москвы расположено около 40 лесных массивов, которые занимают примерно 12% территории мегаполиса. Из них сосняки составляют 21%, а ельники всего 2% [1,2]. Были изучены сведения о состоянии и распространении различных видов хвойных на территории Москвы. Хвойные породы являются наиболее чувствительными к отрицательным воздействиям окружающей среды, в связи с чем, в городе произрастает небольшое количество хвойных растений [3-5]. Состояние хвойных растений на территории мегаполиса можно назвать неудовлетворительным, так как на большинстве растений можно наблюдать повреждения различной этимологии.

Были оставлены таблицы с качественными характеристиками состояния хвойных растений на основе «Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы», изданные Правительством Москвы, Департаментом природопользования и охраны окружающей среды города Москвы [6]. Проведенный анализ данных о состоянии и распространении различных видов хвойных на территории Москвы показал, что среди городских насаждений доминируют несколько видов, которые являются не устойчивыми к жизни в городской среде.

Данная работа связана с достижениями следующих целей устойчивого развития:

1. Цель 3: Хорошее здоровье и благополучие
2. Цель 11: Устойчивые города и населенные пункты
3. Цель 15: Сохранение экосистем суши

Литература:

1. T.A. Parfenyuk, K.A. Strakhova, L.V. Martsinevskaya, The role of green spaces in improving the environmental conditions of cities and towns // International Journal of Humanities and Natural Sciences, vol. 5-2 (56), 2021.

2. https://www.darwinmuseum.ru (Сайт Государственного Дарвиновского музея // Леса Москвы).
3. Бочкова И.Ю., Хохлачева Ю.А., Баева А.В. Исследование видового состава хвойных видов растений на территории Бульварного кольца города Москвы // Лесной вестник, 2019. Т. 23. № 3. С. 5–12
4. Каталог древесных растений, выращиваемых в питомниках АППМ. М.: АППМ, 2017. 432 с.
5. Таран С.С., Колганова И.С. Методологические аспекты оценки результатов интродукции древесных растений для целей озеленения // Фундаментальные исследования, 2013. № 11–9. С. 892–896.
6. Правительство Москвы, Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. Правила создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы // 7. Инвентаризация зеленых насаждений и мониторинг состояния зеленых насаждений // 7.1. Инвентаризация зеленых насаждений // Таблица 7.1, Москва, 2010, 129 с.

УДК 66.067

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОБРАТНОГО ОСМОСА ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Павлищева Татьяна Александровна
Аспирант, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, pavlisheva_tanya@bk.ru
Десятов Андрей Викторович*
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры промышленной экологии Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева, Москва, Россия, avdesyatov@mail.ru

Ключевые слова: *водоподготовка; подпиточная вода; ионный обмен; обратный осмос*

APPLICATION OF REVERSE OSMOSIS SYSTEMS FOR WATER TREATMENT OF METALLURGICAL ENTERPRISES

Pavlishcheva Tatiana Aleksandrovna
Postgraduate, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, pavlisheva_tanya@bk.ru
Desyatov Andrey Victorovich*
Dr. Eng, Professor of Department of Environmental Engineering, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, avdesyatov@mail.ru

Keywords: *water treatment; make-up water; ion exchange; reverse osmosis*

Modern environmental safety requirements predetermine the search for new, more efficient ways of water treatment for industries. One of the promising methods in our time are membrane technologies. The steady reduction in production costs per 1 m^3 of water by reverse osmosis allows it to be used as a water softening method, instead of the widely used ion exchange.

Для снижения затрат и потребления ресурсов большинство металлургических предприятий используют циркуляционные системы водоснабжения. Это решает множество важных экологических проблем: значительное сокращение водопотребления, частично или полное исключение сброса промышленных сточных вод в системы канализации или поверхностные и подземные водоемы, превышение предельно допустимых концентраций и избежание платы за водоотведение. Такие системы оснащаются современными системами очистки для водоподготовки.

Одной из важнейших задач в настоящее время является выбор эффективной и надежной системы очистки воды, от которых зависит не только работа основного оборудования, используемого в производственных процессах, но и экологическая эффективность в области водопользования.

Среди современных очистных технологий предлагаются: механическая фильтрация, отстаивание, реагентное и безреагентное обезжелезивание, коагуляция, ультрафильтрация, обратный осмос, ионный обмен и т.д.

Для водоподготовки металлургических предприятий широкое применение нашли ионообменные фильтры с ионитом в виде смолы в натриевой форме. Na-катионные фильтры замещают соли жесткости из поступающей воды на ионы натрия. Процесс водоподготовки позволяет снизить образование накипи, отложения оксидов железа, коррозии и другие проблемы, которые могут повлечь за собой дорогостоящее обслуживание оборудования. Однако такая смола требует частой регенерации крепким раствором поваренной соли, после чего появляется необходимость утилизации отработанных растворов с концентрациями солей, выше ПДК [1].

Мембранные системы на основе обратного осмоса предлагают надежную замену

умягчению воды ионным обменом. Основными причинами внедрения обратного осмоса являются: надежность и эффективность процесса, поддержание высокого качества подготовленной воды, снижение расхода реагентов, а также количества утилизируемых сточных вод [2].

В данной работе приведены результаты расчетных исследований подготовки воды методом обратного осмоса. По данной схеме применяется частичный возврат концентрата на вход мембран для смешения с исходным потоком вод (рис.1). Для данного типа схемы были выбраны три типа низконапорных мембран: NF90-4040, XLE-4040, XFRLE-400/34i. Для сравнения мембран были произведены расчеты обратноосмотических установок программным обеспечением Rosa9. Количество мембран рассчитывалось, исходя из необходимого расхода подпиточной воды, который составляет 323,5 м^3/ч.

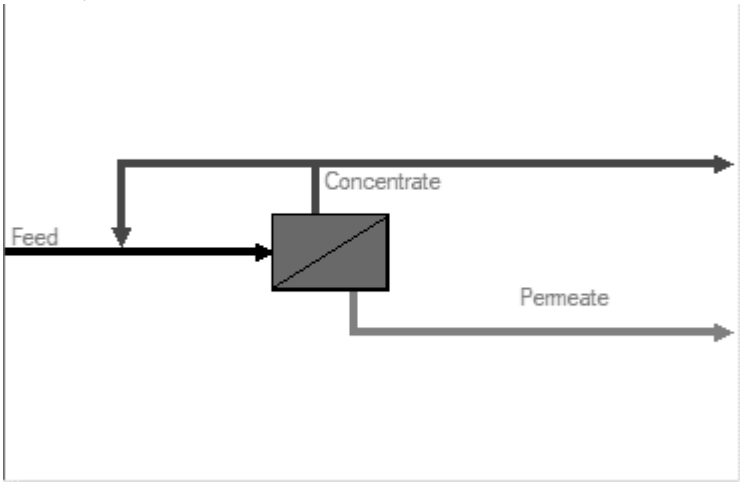


Рис. 1. Схема обратного осмоса с возвратом концентрата в цикл

Наименее энергозатратной мембраной является NF90-4040 (0,38 кВтч/м^3 при 1728 мембранах) (табл.1). Однако, несмотря на увеличение энергозатрат при переходе с мембран NF90-4040 на XFRLE-400/34i, снижаются капитальные затраты за счет снижения количества мембранных элементов в 4-5 раз. Также значительно снижаются затраты на химические реагенты для промывки мембран и последующее количество сточных вод после промывки.

Таблица 1

Сравнения разного типа мембран для схемы с возвратом концентрата

Тип мембраны	NF90-4040	XLE-4040	XFRLE-400/34i
Количество мембран	1728	1414	288
Энергопотребление, кВтч/м^3	0,38	0,43	0,49
Рабочее давление, бар	5,2	6,21	7,62
Общее солесодержание, мг/дм^3	46,10	21,63	7,73
pH, ед. pH	6,41	6,09	5,77

Подготовка воды обратным осмосом позволяет получить высококачественную воду с общим солесодержанием не более 50 мг/дм^3. Остаточная жесткость составляет не более 0,3 мг-экв/дм^3.

В условиях ужесточения экологических требований, данная схема позволяет снизить не только антропогенную нагрузку на окружающую среду, сокращая объемы концентрата путем внедрения рециркуляционной схема, а также позволяет снизить ресурсопотребление.

Исследование направлено на достижение Цели 6: Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех.

Литература:

1. Gumbatov M.O., Akhmedova A.G., Gafarov E.K. Chemical reactions the waters proceeding at an very much and regenerations of ionites of vitriolic productions. // Europeanresearch: innovationinscience, educationandtechnology. – 2018. – P. 16–18. DOI-10.32743

2. Shulenina Z.M., Bagrov V.V., Desyatov A.V., Zubkov A.A., Kamrukov A.S., Kolesnikov V.A., Konstantinov V.E., Ksenofontov B.S., Novikov D.O. Thewaterisman-made / Problems, technologies, resource value. Moskva: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University. - 2015. – P. 401.

УДК 661.632.14

ЖЕЛВАКОВЫЕ ФОСФОРИТЫ КАРАКАЛПАКИИ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНОГО ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ

Пирназаров Бахтияр Утемисович
Базовый докторант, Институт общей и неорганической химии АН РУЗ, Ташкент, Узбекистан, bakhti.pirnazarov@mail.ru
Курбаниязов Рашид Калбаевич
доцент, к.т.н., декан факультета «Промышленная технология» Каракалпакского государственного университета, Нукус, Каракалпакстан, kurbaniyazov-rk@mail.ru
Намазов Шафоат Саттарович
д.т.н., проф., акад., заведующий лабораторией, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com
Сейтназаров Атаназар Рейпназарович*
д.т.н., проф., главный научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, atanazar77@mail.ru
Маденов Бердимурат Даулетмуратович
PhD, доцент кафедры «Химическая технология», Каракалпакский государственный университет, Нукус, Каракалпакстан, berdan1984@mail.ru

Ключевые слова: *желваковая фосфоритовая мука, экстракционная фосфорная кислота, разложение, аммонизация, гранулирование, аммофосфат, состав и свойства*

NODULAR PHOSPHORITES OF KARAKALPAKSTAN AS A SECONDARY PHOSPHATE RAW MATERIAL IN THE PRODUCTION OF CONCENTRATED PHOSPHORUS-CONTAINING FERTILIZERS

Pirnazarov Bakhtiyar Utemisovich
Basic doctoral student, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, bakhti.pirnazarov@mail.ru
Kurbaniyazov Rashid Kalbaevich
Docent, candidate of technical sciences, Dean of the Faculty of Industrial Technology, Karakalpak State University, Nukus, Karakalpakstan, kurbaniyazov-rk@mail.ru
Namazov Shafoat Sattarovich
Doctor of technical sciences, professor, academician, Head of laboratory, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan, diana-ye@yandex.com
Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich*
Doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru
Madenov Berdimurat Dauletmuratovich
Associate Professor of the Department of Chemical Technology, Karakalpak State University, Nukus, Karakalpakstan, e-mail: berdan1984@mail.ru

Keywords: *nodular phosphate rock; extraction phosphoric acid; decomposition; ammonization; granulation; ammophosphate; composition and properties*

Phosphorites of Karakalpakstan belong to nodular types, the main minerals of which are kurskite and francolite in almost equal amounts. They will serve as a secondary phosphate raw material in the production of ammophosphate fertilizer. A sample of grade B ammophosphate was obtained with the composition (wt %): N – 4.53; $P_2O5_{tot.}$ - 35.42; $P_2O_{5ass.}$: $P_2O_{5tot.}$ = 95.74; $P_2O_{5wat.solub.}$: $P_2O5_{tot.}$ = 81.86; with a granule strength of 7.0 MPa. The product is suitable for mixing fertilizers with all available nitrogenous and potash fertilizers.

Численность населения Узбекистана по состоянию на 1 января 2023 года составила 36,024 миллиона человек, говорится в демографическом отчёте Агентства по статистике при президенте РУз [1]. В уловиях дефицита водных ресуросв вопросы химизации сельскохозяйственного производства являются приоритетными задачами. Одним из основных факторов, определяющих урожайность растений, является применение фосфорсодержащих удобрений.

Технология получения высококонцентрированных фосфорсодержащих удобрений, таких как аммофос, двойной суперфосфат, аммофосфат, конденсированные полифосфаты аммония и кальция основана на серно- и фосфорнокислотной переработке качественного фосфатного сырья.

Технология аммофосфата, в отличие от производства аммофоса позволяет снизить удельные расходы серной кислоты, энергоресурсов и объем отходов фосфогипса на 20%, увеличить степень использования фосфатного сырья 5-8%. Практически ликвидировать потери аммиака, исключить стадию упарки пульп, значительно газов, выбрасываемых в атмосферу [2]. Возможность использования любого вида фосфатного сырья [3]. Процесс его получения основан на разложении природных фосфатов высокой (150-200%) нормой фосфорной кислоты, с последующей нейтрализацией оставшейся кислотности аммиаком, гранулировании и сушке продукта [4].

Производство аммофосфата было освоено из фосфоритов Каратау на Джамбульском суперфосфатном заводе в Казахстане, на Чарджоуском химическом заводе в Туркмении, на Алмалыкском ОАО «Аммофос» (ныне АО «Аммофос-Максам»), из апатитового концентрата на Балаковском ПО «Минудобрения» в России. Необходимо вовлечь в производство аммофосфата и желваковых фосфоритов Каракалпакии.

В качестве объекта выбрана фосмука Ходжакульского месторождения состава (вес. %): P_2O_5 – 19.11; $P_2O_{5усв.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 35.85; CaO – 32.83; MgO - 0.30; CO_2 – 4.03; Fe_2O_3 – 3.50; Al_2O_3 – 1.54; SO_3 - 1.10; F – 1.58; кислотнорастворимый SiO_2 – 28.0; нерастворимый остаток – 1.64; H_2O – 2.62; $CaO_{общ.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 1.72. Сырье относится к желваковым типам, главными фосфатными минералами которых являются курскит (27.09%) и франколит (25.89%) почти на равных количествах. В качестве примесей присутствую кварц (28%), кальцит (3.05%), глауконит (3.61%), гипс (1.15%), лимонит (1.99%), волластонит (2.66%), нерастворимый остаток (1.64%) и прочие.

Для разложения фосфатного сырья использовали экстракционную фосфорную кислоту (ЭФК), получаемую из мытого обожженного концентрата (26% P_2O_5) дигидратным способом и имеющую состав (вес. %): 14.65 P_2O_5; 0.43 CaO; 0.57 MgO; 0.23 Fe_2O_3; 0.26 Al_2O_3; 0.73 F; 1.33 SO_3, ρ = 1.20 г/см^3.

Опыты проводили в термостатированном реакторе, снабженном винтовой мешалкой. Температура 0-- 65^{o}C. Массовое соотношение варьировалось в диапазоне ЭФК : ФС = 100 : 5-30. Время разложения – 45 минут. Далее кислые фосфатные пульпы подвергались нейтрализации газообразным аммиаком до значений pH = 3,1-4,4. При выше изучаемых соотношениях ЭФК : ФС и температур (20-80^{o}C) плотность и вязкость кислых и аммонизированных фосфатных пульп находится в пределах 1.2104-1.370 г/см^3 и 1.5844-7.0839 сПз, 1.2106-1.3765 г/см^3 и 3.9677-45.7635 сПз, соответственно. Т.е. они обладают хорошей текучестью пригодны для дальнейшей переработки на гранулированные удобрения в существующих промышленных аппаратах.

Для получения готовых продуктов, аммонизированные фосфатные пульпы сушили при температурах 65-80°C. Грануляцию аммофосфатных пульп осуществляли

в процессе сушки методом интенсивного размешивания и окатывания. Продукционная фракция (1-5 мм) составляет 98-99%. Высушенные образцы продуктов подвергались химическому анализу.

Установлено, что в зависимости от соотношения ЭФК : ФС в содержание $P_2O_{5общ.}$ в образцах аммофосфата меняется от 34.51 до 42.57%; $P_2O_{5усв}$ от 32.09-42.01%; $P_2O_{5водн.}$ – от 23.24 до 41.41%; азота – от 4.01 до 7.86%. При этом $P_2O_{5усв.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 92.99-98.68%; $P_2O_{5водн.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 67.34-96.57%. Степень декарбонизации фосмуки составляет 99-100%. Следует отметить, что продукты помимо фосфора содержат кальций в усвояемых для растений формах ($CaO_{усв.}$– 6.71-15.78%; $CaO_{водн.}$ – 67.34-96.57%, $CaO_{усв.}$: $CaO_{общ.}$ = 93.04-98.53%; $CaO_{водн.}$: $CaO_{общ.}$ = 60.26-75.92). Кальций является пятым питательным элементом после N, P, K, S и Mg. Продукты состоят в основном из моноаммонийфосфата, моно- и дикальцийфосфата, частично сульфата аммония и недоразложенных, но активированных фосфоритов. С учетом расходов сырьевого материала и $К_{разл.}$ фосфатного сырья оптимальным считается ЭФК:ФС = 100:25, при котором получается аммофосфат марки Б состава (масс. %): N – 4.53; $P_2O_{5общ.}$ – 35.42; $CaO_{общ.}$ – 13.11; $P_2O_{5усв.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 95.74; $P_2O_{5водн.}$: $P_2O_{5общ.}$ = 81.86; $CaO_{усв.}$: $CaO_{общ.}$ = 95.27%; $CaO_{водн.}$: $CaO_{общ.}$ = 68.95 с прочностью гранул 7,0 МПа.

Исследование направлено на достижение Цели 2: Получение высоких урожаев из сельскохозяйственных культур с целью ликвидации голода.

Литература:

1. https://stat.uz/uz/matbuot-markazi/qomita-yangiliklar/34140-demografik-holat-2023-yil-yanvar-sentabr-2
2. Суетинов А.А., Новиков А.А., Стародубцев В.С., Микаев Б.Т., Габескирия О.В., Янишевский Ф.В., Кувшинников О.И. Новые разработки и технологии аммофосфата // Обз.инф. НИИТЭХИМ. Сер.: Минерал. удобр. и сер. к-та. М.: НИИТЭХИМ, 1990. – 50 с.
3. Сейтназаров А.Р., Саттаров Т.А., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Аммофосфатные удобрения на базе фосфоритов Центральных Кызылкумов // Узбекский химический журнал. - Ташкент, 2013. - №4 - С. 52-58.
4. Суетинов А.А., Новиков А.А., Янишевский Ф.В., Микаев Б.Т., Габескирия О.В., Кузнецова А.Г., Левин В.И., Стародубцев В.С. Исследования, разработка и освоение технологии нового сложного удобрения – аммофосфата // Обз.инф. НИИТЭХИМ. Сер.: Минерал. удобр. и сер. к-та. М.: НИИТЭХИМ, 1987. – 56 с.

УДК 712.4

ЗЕЛЕНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ГОРОДА ВОРОНЕЖ

Плотникова Кристина Александровна
Аспирант, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия, kristiiu@mail.ru

Ключевые слова: *городская зеленая инфраструктура; экосистемные услуги; устойчивость экосистем; экологический мониторинг; урбоэкосистемы*

GREEN INFRASTRUCTURE OF VORONEZH

Plotnikova Kristina Alexandrovna
PhD student, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, kristiiu@mail.ru

Keywords: *urban green infrastructure; ecosystem services; ecosystem sustainability; environmental monitoring; urban ecosystems*

The article presents an assessment of the state and analysis of the green spaces' functions of Voronezh-city as an important factor in ensuring a favorable environmental situation in urban systems. The quality of the dendroflora's state is considered on the example of coniferous plantations of public areas. An integral assessment of the quality of green areas in the city districts' was carried out.

Рост городских агломераций и увеличение численности населения несет в себе различные экономические, информационные и другие преимущества, однако, с точки зрения состояния окружающей среды, такая тенденция приводит к негативным последствиям: загрязнению атмосферного воздуха, подземных вод, почвенного покрова и т.д. Увеличение антропогенной нагрузки на природные компоненты приводит к ухудшению качества окружающей среды и ставит под угрозу здоровье человека [2]. В описанных условиях возрастает роль городского озеленения в устойчивом функционировании городских экосистем. Зеленая инфраструктура играет важную роль в борьбе с негативными последствиями урбанизации.

Благодаря своим физиологическим характеристикам растения обладают способностью накапливать, фильтровать или преобразовывать многие загрязняющие вещества. Все эти функции, выполняемые растениями, обеспечивают улучшение качества воздуха и регулируют микроклимат. Благодаря этим особенностям, они обеспечивают защиту видов, а также увеличение и непрерывность наращивания биоразнообразия. Городские зеленые насаждения, в том числе, являются частью мест рекреации, где жителей города могут, например, заниматься спортом, таким образом поддерживают психологическое и физическое здоровье людей.

Элементы озеленения – это природный ресурс, который поддерживает условия жизни общества и улучшает качество жизни городских жителей, и одновременно – экономический ресурс, который повышает привлекательность территории и, при правильном подходе, приносит доход в муниципальный бюджет. Существующая сегодня недооценка экосистемных услуг объясняется сложностью ценностного выражения их различных функций и взаимосвязей. Естественно, невозможно полностью определить экономическую ценность природы, поскольку стоимость товаров, незаменимых для жизни, стремится к бесконечности. В то же время стоимостной показатель этих благ в рыночной экономике является определяющим условием финансовой поддержки сохранения и самовоспроизводства природных экосистем.

Объектом нашего исследования является один из крупнейших российских городов с населением более миллиона человек, а также с достаточно высокими темпами прироста населения – Воронеж – административный центр субъекта

федерации России (Воронежской области), основная движущая сила регионального экономического развития. Территория района отличается высокой степенью заселенности и освоенности, благоприятным экономико-географическим положением, развитой инженерно-технической и инженерно-транспортной инфраструктурой. Район имеет благоприятный природный потенциал и сформированную сеть особо охраняемых природных территорий для реализации концепции устойчивого развития.

Проблема озеленения на урбанизированных территориях, в частности в г. Воронеж, выражается в сокращении площади зеленых насаждений, негодном состоянии существующих объектов озеленения, низкой мотивации сотрудников к высокому качеству выполняемых работ, растрате и нецелевом использовании бюджетных средств, некорректной эколого-экономической политики городов, что приводит к недостаточной эффективности работ по благоустройству и озеленению территорий.

На основании совокупности данных экомониторинга было проанализировано качество состояния дендрофлоры зон общего пользования г. Воронежа. В результате диагностики хвойных насаждений установлено, что 46% всей территории составляют ослабленные деревья, 50% – сильно поврежденные и 4% – усыхающие и мертвые посадки. Процент деревьев в категории «без признаков ослабления» стремительно снижается с увеличением возраста экземпляра. Корреляция между состоянием зеленых насаждений и категорией насаждения отсутствует. Исключением являются насаждения, расположенные в местах высокой интенсивности движения: на данных участках пагубное влияние агрессивных факторов загрязнения проявляется сильнее всего [1].

Таблица 1

Интегративная оценка районов г. Воронеж (баллы)

Район города	Критерии оценки			Рейтинг района
	Степень озелененности территории, %	Обеспеченность озелененной территорией общего пользования 1 жителя, м^2	Динамика прироста площади ЗНОП за последние 10 лет (2012 – 2022 гг.)	
Железнодорожный	1	3	3	7
Коминтерновский	4	2	4	10
Левобережный	1	2	1	4
Ленинский	2	1	1	4
Советский	2	4	4	10
Центральный	3	5	1	9

В ходе исследования была проведена интегративная оценка качества озелененной территории по районам городского округа город Воронеж (табл. 1). Анализ озелененных городских территорий показывает, что в настоящее время показатель количество зеленых насаждений, представленных на душу населения, в целом находится в пределах нормы. Общая обеспеченность внутригородскими благоустроенными озелененными территориями ограничена и отличается неравномерностью, особенно в периферийных районах. Было отмечено, что зеленые насаждения Воронежской области являются важным фактором обеспечения благоприятной экологической обстановки за счет реализации социально-экологических функций экосистемы.

Чтобы обеспечить устойчивость в городах, необходимо установить

экологический баланс и поддерживать экосистему. Создание рациональных систем природопользования отвечает потребностям общества и необходимому уровню воспроизводства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Это главная цель стратегий устойчивого развития регионов. Городские зеленые насаждения выступают в качестве образцов в создании основных компонентов устойчивых городов и пригодной для жизни городской среды. Городские зеленые насаждения, являясь индикаторами качества экосистем, играют ключевую роль в устойчивом городском развитии благодаря предоставляемым ими экосистемным услугам. Таким образом, зеленая инфраструктура играет решающую роль в обеспечении благоприятной экологической ситуации в регионе. Данная работа связана с достижением 15 цели устойчивого развития: сохранение экосистем суши.

Литература:

1. *Кулагин Ю.З.* Дымоустойчивость древесных растений и проблема озеленения и лесовосстановления в промышленных районах Предуралья и Южного Урала: автореферат дис. ... д.б.н. // Бот. инст. им. В. Л. Комарова. Ленинград, 1964. С. 31-97.
2. *Мощеникова Н. Б.* Оценка экологического состояния зелёных насаждений Санкт-Петербурга: автореферат дис. ... к.б.н. // Моск. гос. ун-т леса. Москва, 2011. 19 с.
3. *Russo A., Escobedo F.J., Cirella G.T., Zerbe S.* Edible Green Infrastructure: An Approach and Review of Provisioning Ecosystem Services and Disservices in Urban Environments // Agricultural Ecosystem Environment 2017, 242, pp. 53–66.

УДК 63

ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА РАСТЕНИЙ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ РФ

Поливара Никита Михайлович
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, mor_poli@vk.com
Лазарев Валерий Михайлович*
Профессор кафедры общей и неорганической химии, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, кандидат химических наук, Москва, Россия, termolaz@yandex.ru

Ключевые слова: *экология; устойчивое развитие; проблема вырубки лесов; атмосфера; фотосинтез; глобальное потепление; Цели устойчивого развития*

THERMOCHEMICAL STUDY OF PHOTOSYNTHESIS OF PLANTS IN THE MIDDLE BAND OF THE RUSSIAN FEDERATION

Polivara Nikita Mikhailovich
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, mor_poli@vk.com
Lazarev Valery Mikhailovich *
Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Candidate of Chemical Sciences, Moscow, Russia, termolaz@yandex.ru

Keywords: *ecology; sustainable development; deforestation problem; atmosphere; photosynthesis; global warming; Sustainable Development Goals*

This report is dedicated to examining the role of photosynthesis in reducing temperature and its importance in maintaining equilibrium in nature, especially in the context of climate change. The report presents experimental data obtained by measuring the temperature of green leaves during the growing season compared to the surrounding environment. The report emphasizes the importance of preserving forests in areas such as the Amazon, Siberia, and others. The report describes methods for measuring photosynthesis and factors necessary for studying the phenomenon in vegetation. The report also points out inaccuracies in journalistic and scientific publications, which require correcting errors in describing the importance of forests. Overall, this work is of interest to a wide scientific audience as it shows the role of photosynthesis not only in regulating carbon dioxide concentrations in the atmosphere but also in accumulating energy and stabilizing the temperature of the environment. Uncontrolled deforestation may lead to a disruption of the balance across the entire planet. This report also highlights the importance of preserving forests for human and animal life.

Данный доклад посвящен рассмотрению роли фотосинтеза в снижении температуры и его значимости в сохранении равновесия в природе, особенно в контексте изменения климата. В работе приводятся экспериментальные данные, полученные путем измерения температуры зеленых листьев в период вегетации в сравнении с окружающей средой. В докладе акцентирует внимание на важности сохранения лесов в районах, таких как Амазонка, Сибирь и др..

В работе описываются методики измерений фотосинтеза и факторы, необходимые для изучения данного явления в растительности. Также указываются неточности в журналистских и научных публикациях, которые требуют устранения ошибок в описании важности лесов.

В целом, данная работа представляет интерес для широкой научной аудитории,

так как показывает роль фотосинтеза не только в регулировании концентраций углекислого газа в атмосфере, но и в аккумуляции энергии и стабилизации температуры окружающей среды. Неуправляемый процесс вырубки лесов в может привести к нарушению баланса на всей планете. Данный доклад также обращает внимание на важность сохранения лесов для жизни людей и животных.

Рис. 1. Цели устойчивого развития

Исследование направлено на достижение Цели 13: Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

Литература:

1. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Гущина Э.В. Практикум по экологии: Учебное пособие./Под ред. С.В. Алексеева.-М.: АО МДС, 1996.
2. Алябина И.О. и др. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году": Книга./ Минприроды России; НИА-Природа Москва, 2017.
3. Коробейникова Л.А. Методы изучения окружающей среды : Практикум по экологии. Часть 1./ Вологда: Русь, 1995.
4. Корнеев Д. А., Лазарев В. М. Использование карбоновых ферм для фиксации углекислого газа. Сборник XIII научно-практической конференции Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева (Москва 20-22 апреля 2021) Образование и наука для устойчивого развития. Москва, Издательский центр РХТУ 108с.
5. Равдель А.А., Пономарева А.М. Краткий справочник физико-химических величин. Ленинград, Химия, 1983г., 231с.
6. Снакин В.В. Природные ресурсы и окружающая среда. Словарь-справочник/ Под ред. В.Н. Лопатина, Н.Г. Рыбальского.-М.:НИА-Природа, РЭФИА, 2001.-568 с.
7. Снакин В.В. Глобализация как закономерный этап эволюции биосферы // Жизнь Земли. 2019. Т. 41 (3).
8. Тимирязев К.А. Жизнь растения. Книга. – М.: ОАО «Типография Новости» совместно с Издательством МСХА, 2006. – 320с.: ил. 6 вклеек
9. Пол Д. Крамер, Теодор Т. Козловский. Физиология древесных растений. http://www/bonsai.ru/dendro/physiology5.html

УДК 504.75

ОЦЕНКА ПРИОРИТЕТНОСТИ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОРОДСКИХ ОЗЕЛЕНЁННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Полтавский Евгений Алексеевич
Аспирант кафедры «ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития» института химии и проблем устойчивого развития, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, poltavskiyevgen@yandex.ru
Кузнецов Владимир Алексеевич*
Профессор кафедры «ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития» института химии и проблем устойчивого развития, д.т.н. Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, vakuz@inbox.ru

Ключевые слова: *городские природные территории; экологические услуги; устойчивое развитие городов; экологический мониторинг; Цели устойчивого развития; функция желательности Харрингтона*

ASSESSMENT OF THE PRIORITY OF FACTORS IMPACT ON THE STATE OF WOODY VEGETATION IN URBAN GREEN AREAS

Poltavskiy Evgeniy Alexeevich
Postgraduate student of the department of the Department of UNESCO "Green Chemistry for Sustainable Development" of the Institute of Chemistry and Sustainable Development, poltavskiyevgen@yandex.ru
Kuznetsov Vladimir Alexeevich
Professor of the Department of UNESCO "Green Chemistry for Sustainable Development" of the Institute of Chemistry and Sustainable Development, Doctor of Technical Sciences D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia (D. Mendeleev University, MUCTR), Moscow, Russia, vakuz@inbox.ru

Keywords: *urban natural areas; environmental services; sustainable urban development; environmental monitoring; Sustainable Development Goals; Harrington's desirability function*

The article discusses the possibility of using the integral criterion of the generalized Harrington desirability function for a comprehensive assessment of the state of woody vegetation, which has a direct impact on the efficiency of environmental services provided by urban green areas.

Городские озеленённые территории выполняют очень важные функции, необходимые для устойчивого функционирования городов. Во время вегетационного сезона их растительность обогащает воздух кислородом и поглощает углекислый газ. В функции озеленённых территорий входят, также, пылеулавливание, очистка воздуха от выхлопных газов, снижение шумового загрязнения, благотворное влияние на микроклимат и здоровье городского населения [1]. В то же время, присутствие значительного количества, разнообразных антропогенных источников загрязнения окружающей среды на городских территориях приводит к ослаблению этих функций.

Для оценки приоритетности степени воздействия различных абиотических компонентов на состояние растительности предлагается опираться на результаты комплексной оценки состояния деревьев обработанные с помощью обобщённой функции желательности Харрингтона [2,3].

Выделим и рассмотрим некоторые характеристики деревьев в контексте оценки потерь экологических услуг с помощью функции желательности Харрингтона. Для расчёта обобщённого критерия оценки параметров объектов вводят весовые

коэффициенты частных показателей с учётом того, что сумма всех коэффициентов равна 1. На наш взгляд, основные характеристики, которые будут отражать состояние окружающей среды и деревьев можно разделить на три основные группы: 1) связанные с кроной дерева (*1*- Флуктуирующая асимметрия листов/хвоинок; 2 - Повреждения фитофагами листьев (%); 3 - Изменения цветовой гаммы кроны в середине периода вегетации), 2) стволом (4 - Количество наростов (капакорни); 5 - Степень покрытия поверхности лишайниками (%); 6 - Количество видов лишайников; 7 - Прирост в мм годовых колец за последние 5-10 лет), 3) корневой системой дерева и почвой, на которой произрастает дерево (8 - Размеры диаметра корневой системы (м); 9 - Прорастания семя кресс-салата (%); 10 – Прорастания в % семян редиса).

Частная функция желательности задаётся уравнением:

$d = \exp[-\exp(-y')]$, (1)

где d – значение желательности; y' – кодированное, т.е. приведённое к одному диапазону, значение частного признака.

По приведённой в работе [2] методике сравнивались состояния деревьев каштана конского на трёх московских городских природных территориях – Парк Победы, Парк 50-летия Октября и Парк Коломенское. В табл. 1 показаны результаты оценки частных функций желательности основных характеристик, отражающих состояние деревьев, выполненные на основании полученных ранее данных [3,4], по уравнению (1) и обобщённые значения функций желательности D, рассчитанные по формуле:

$$D = \sqrt[n]{d_1 d_2 \ldots d_n}, \quad (2),$$

где $d_1 d_2 \ldots d_n$ – желательности частных показателей; n – число используемых характеристик.

Таблица 1

Результаты теоретического расчёта обобщённой желательности D для нескольких городских природных территорий

Показатель	Парк Победы	Парк 50-летия Октября	Парк Коломенское
y_1	0,040	0,041	0,052
y_2, %	93	41	38
y_3	Есть	Нет	Нет
y_4, шт	-	-	-
y_5, %	38	65	79
y_6, шт	2	4	6
y_7, мм	0,7	0,6	0,2
y_8, м	2,5	3	6
y_9, %	25	42	63
y_{10}, %	30	38	69
d_1	0,77	0,79	1
d_2	0,93	0,41	0,38
d_3	0,8	-	-
d_4	-	-	-
d_5	0,38	0,65	0,79
d_6	0,2	0,4	0,6
d_7	0,28	0,24	0,08
d_8	0,42	0,5	0,99
d_9	0,25	0,42	0,63
d'_{10}	0,3	0,38	0,69
D	0,53	0,53	0,58

Среди показателей функций желательности стоит отметить те, которые, на наш взгляд, в наибольшей степени влияют на потерю экологических услуг: флуктуирующая асимметрия (y_1), повреждения фитофагами листьев (y_2), количество видов лишайников (y_6). Как мы видим из таблицы 1, парк *Коломенское* резко отличается в лучшую сторону по данным показателям от других парков, что может косвенно говорить о лучшем состояние его на текущий момент по сравнению с другими парками.

Таким образом, проведенная оценка состояния деревьев каштана конского показала, что на территории парка Победы и парка 50-летия Октября около 50% экологических услуг, оказываемых деревьями каштана конского, на этих территориях, может быть потеряно.

Работа связана с достижением 11 и 15 Целей устойчивого развития: «Устойчивые города и населённые пункты и «Защита и восстановление экосистем суши».

Литература:

1. Бочин Л.А. Честная экология / - М.: ГИИ, 2016 – 300 с.
2. Беднова О.В., Кузнецов В.А., Тарасова Н.П. Трансформация лесных экосистем в урбанизированных условиях: индикация и интегральная оценка / Доклады академии наук, издательство Наука (М.) 2015, том 463, № 6, с. 713-718.
3. Беднова О.В., Кузнецов В.А., Тарасова Н.П. Эвтрофирование экосистемы городского леса: причины и последствия / Доклады академии наук, издательство Наука (М.) 2018, том 478, № 3, с. 1-6.
4. Кузнецов В.А., Беднова О.В., Полтавский Е.А. Оценка влияния качества атмосферного воздуха и почв на состояние каштана конского и его устойчивость к минирующей моли-пестрянке (Cameraria ohridella) / Успехи в химии и химической технологии: сб. науч. Тр. Том XXXIV, У78 № 2 (225). – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. – 71 с., с. 15-17.
5. Полтавский Е.А., Коммар А.Б., Кузнецов В.А. Роль городских природных территорий в предоставлении экологических услуг в условиях высокой антропогенной нагрузки / Образование и наука для устойчивого развития: XIV Международная научно-практическая конференция: материалы конференции: в 2 ч. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. - с. 227-230.

УДК 661.183.2

ОЧИСТКА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ОТ ФТОРИД-ИОНОВ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА

Похвалитова Анастасия Александровна
Магистр 2-го года обучения, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, pokhvalitova_anastasia@mail.ru
Гайдукова Анастасия Михайловна*
Кандидат технических наук, доцент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, anastasiya-gaydukova-rhtu@mail.ru

Ключевые слова: *электрохимическая обработка, анодная обработка, сорбционная очистка, активированный уголь, фторид-ионы*

PURIFICATION OF AQUEOUS SOLUTIONS FROM FLUORIDE IONS USING AN ELECTROCHEMICALLY MODIFIED CARBON SORBENT

Pokhvalitova Anastasia Aleksandrovna
Master of the 2nd year of study, D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia, pokhvalitova_anastasia@mail.ru
Gaydukova Anastasia Mikhailovna*
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia, anastasiya-gaydukova-rhtu@mail.ru

Keywords: *electrochemical treatment, anodic polarization, sorption purification, activated carbon, fluoride ions*

Experimental studies of electrochemical modification of powdered carbon sorbent «OU-A» in solutions of various electrolytes at a current density of 1 A/g have been carried out. The effect of increasing the mass of the sorbent relative to the aqueous solution is investigated. The effectiveness of electrochemical treatment of activated carbon for subsequent adsorption treatment of wastewater from fluoride ions is shown.

Фторид-ионы, содержащиеся в больших концентрациях в питьевых водах вредны для живых организмов и могут вызвать флюороз. ПДК фторид-ионов для питьевой воды составляет 1,5 мг/дм^3 [1]. Поиск метода, позволяющего эффективно и быстро очистить сточные воды от фторид-ионов – сложная и актуальная задача.

В настоящее время сточные воды, содержащие фторид-ионы, очищают мембранными методами, такими как электродиализ, обратный осмос, нанофильтрация, методом осаждения-коагуляции, электрокоагуляцией, ионным обменом [2]. Способ осаждения-коагуляции образует большое количество осадка. Ионный обмен – дорогостоящий метод, в котором очищенная вода содержит высокую концентрацию хлорид ионов, которые заменяют ионы фтора. В случае электрокоагуляции расходуется большое количество электроэнергии. Мембранные и ионообменные методы являются дорогостоящими, а загрязнение и постоянная замена мембран - большая проблема.

Среди всех перечисленных методов, используемых для дефторирования воды, широко используется адсорбционный метод, который отличается своей эффективностью, экономичностью и простотой. Наиболее часто используемый адсорбент - активированный уголь [2].

Достаточно часто для наиболее эффективной очистки воды от фторид-ионов используют комбинацию различных методов [3].

Для улучшения адсорбционных свойств активированных углей проводят их модификацию, которая может увеличивать функциональные группы и пористость

углеродного сорбента [4]. Существует много способов модификации поверхности, однако электрохимическая модификация отличается своей быстротой и точным воспроизведением условий модификации [5].

В качестве объекта исследования был выбран уголь марки «ОУ-А», который изготовлен на основе древесного березового угля. Было установлено, что при проведении сорбционных испытаний в статическом режиме при постоянном перемешивании раствора, содержащего 50 мг/дм^3 NaF концентрация фторид-ионов после двухчасовой сорбции не меняется.

С целью увеличения сорбционной способности углеродного сорбента «ОУ-А» к F^- проводилась его электрохимическая обработка. Суспензию угля помещали в ячейку с анионообменной мембраной и в нее же опускали анод. Электрохимическую обработку проводили при плотности тока 1 А·г$^{-1}$ в течение 15 минут. После электрохимической обработки уголь промывали в дистиллированной воде и сушили до постоянной массы. Далее сорбент отделяли отстаиванием и фильтрованием. Сорбционные испытания проводили в статическом режиме при постоянном перемешивании раствора, содержащего ионы исследуемого аниона.

В результате экспериментальных исследований был проведен подбор электролита анодной обработки «ОУ-А» для эффективной адсорбции фторид-ионов (таблица 1).

Таблица 1

Влияние электролита для электрохимической обработки на эффективность адсорбции ионов F^-

Электролит	**$c_{кон}(F^-)$, мг/дм^3**
Без обработки	**50**
5% HNO_3	18,73
5% H_2SO_4	35,57
5% NaOH	49,98
5% NaCl	15,33
5% Na_2SO_4	15,29
5% $NaNO_3$	29,86

Условия эксперимента: $c_0(F^-)$ = 50 мг/ дм^3; $\tau_{э/х\ обработки}$ = 15 мин; i = 1 А·г$^{-1}$; $\tau_{высушивания}$ = 40 мин; $\tau_{сорбции}$= 120 минут; соотношение Т:Ж = 1:62,5

Анализируя данные, представленные в табл. , можно сделать вывод об эффективности электролита 5% NaCl и 5% Na_2SO_4 для анодной электрохимической обработки. В результате использования этих электролитов удается извлечь фторид-ионы из водных растворов на 70%.

В ходе экспериментальных исследований было исследовано увеличение массы углеродного сорбента относительно водного раствора, содержащего F^- (Рис. 1), на эффективность сорбции.

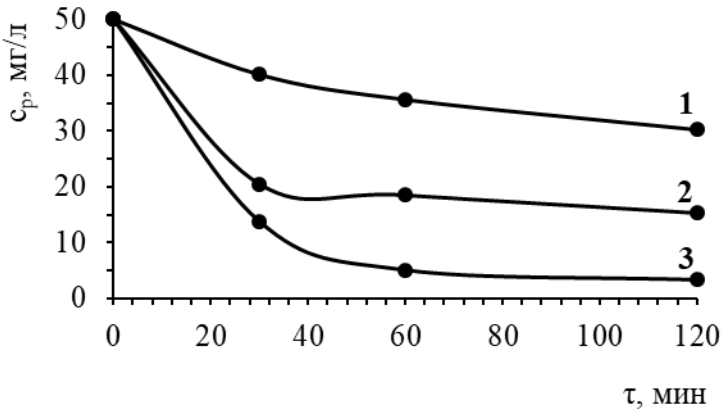


Рис. 1. Зависимость равновесной (конечной) концентрации F^- от продолжительности адсорбции на «ОУ-А» при соотношении Т:Ж = 1:125 (1); 1:62,5 (2); 1:30 (3), $c_0(F^-)$ = 50 мг/дм^3

Из данных, представленных на рисунке 1 можно увидеть, что при соотношении Т : Ж =1:30 конечная концентрация фторид-ионов в водном растворе снижается с 50 до 3,33 мг/л. Очистки водного раствора от F^- до норм ПДК питьевой воды следует ожидать при комбинации методов.

В результате выполненных экспериментальных исследований была показана возможность сорбционной очистки водных растворов от фторид-ионов на предварительно модифицированном сорбенте. Установлено, что степень извлечения ионов фтора из водного раствора, содержащего 50 мг/л F^- составляет 94%.

Исследование направлено на достижение Цели 6: Чистая вода и санитария.

Работа выполнена при финансовой поддержке РХТУ им. Д.И. Менделеева в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» № ВИГ_2022_002.

Литература:

1. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
2. González, P. G. Hazardous Metallic Ions Removal from Water Using Activated Carbons. Encyclopedia of Water. – 2019. – P. 1–11.
3. Шабарин А.А., Водяков В.Н., Котин А.В., Кувшинова О.А., Матюшкина Ю.И. Очистка питьевой воды от фторидов методом обратного осмоса // Вестник МГУ. – 2018. – №1. – с.36-47.
4. Варенцов В.К., Варенцова В. И. Электрохимическая модификация нетканого углеродного волокнистого материала в растворе серной кислоты. Журнал прикладной химии. 2015. – Т. 88 – №10. – С. 1466–1472.
5. Berenguer R, Marco-Lozar JP, Quijada C, Cazorla-Amorós D, Morallón E. A comparison between oxidation of activated carbon by electrochemical and chemical treatments. Carbon. 2012. – V.50 –№3. – P. 1123–1134.

УДК 621.357.2

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРОКСОДИСЕРНОЙ КИСЛОТЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Рогачкова Валерия Александровна
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева, Москва, Россия, rogachkova.valera@yandex.ru
Абакумов Максим Васильевич
Аспирант 4 курса кафедры «Технологии неорганических веществ и электрохимических процессов», ведущий инженер РХТУ им. Д.И. Менделеева, abakumov.maksim2015@yandex.ru
Колесников Артем Владимирович
Доцент, к.т.н., и.о. заведующего кафедрой технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, Российский химико-технологический университет имени Д.И.Менделеева, Москва, Россия, artkoles@list.ru
Ключевые слова: *пероксид водорода; пероксодисерная кислота; электролиз; электрохимический метод*

PREPARATION OF PEROXODISERIC ACID BY ELECTROCHEMICAL METHOD

Rogachkova Valeria Alexandrovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, rogachkova.valera@yandex.ru
Abakumov Maxim Vasilyevich
4th-year postgraduate student of the Department of "Technologies of Inorganic Substances and Electrochemical Processes", leading engineer of the D.I. Mendeleev Russian Technical Technical University, abakumov.maksim2015@yandex.ru
Kolesnikov Artem Vladimirovich*
Associate professor, PhD in Engineering sciences, Acting Head of the Department of Inorganic Substances and Electrochemical Processes, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, artkoles@list.ru
Keywords: *hydrogen peroxide; peroxodiseric acid; electrolysis; electrochemical method.*
The electrochemical stage of obtaining peroxodiseric acid has been investigated. The dependence of the influence of different concentrations of sulfuric acid on the yield of the target product has been established.

Электролиз раствора серной кислоты, при определённых условиях, может обеспечить получение пероксодисерной кислоты $H_2S_2O_8$. Пероксодисерная кислота используется в качестве окислителя и имеет широкое промышленное применение. При водоочистке она используется для обезвреживания, в частности, цианидных отходов. Другие области применения включают окисление красителей, отбеливание волокон, стимулирование радикальной полимеризации, измерение общего содержания органических соединений. Пероксодисерная кислота является важным промежуточным продуктом в электрохимическом производстве перекиси водорода [1].

Существует несколько различных точек зрения на механизм образования пероксодисерной кислоты. Согласно одной из них пероксодисерная кислота образуется в результате анодной электрохимической реакции [2,4]:

$2SO_4^{2-} - 2e^- \rightarrow 2SO_4^- \rightarrow S_2O_8^{2-}$ (1)

или

$2HSO_4^{2-} - 2e^- \rightarrow 2HSO_4^- \rightarrow 2H^+ + S_2O_8^{2-}$ (2)

Помимо этого, протекает реакция гидролиза $H_2S_2O_8$ с образованием

пероксомоносерной кислоты (кислота Каро), которая, в свою очередь, также подвергается гидролизу [3,4]:

$H_2S_2O_8 + H_2O \rightarrow H_2SO_5 + H_2SO_4$ (3)

$H_2SO_5 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + H_2O_2$ (4)

Образовавшиеся пероксид водорода и кислота Каро в дальнейшем окисляются на аноде:

$H_2O_2 - 2e^- \rightarrow O_2 + 2H^+$ (5)

$H_2SO_5 + H_2O - 2e^- \rightarrow H_2SO_4 + O_2 + 2H^+$ (6)

Также накопившиеся в электролите продукты могут взаимодействовать между собой.

Таким образом, все эти побочные процессы снижают выход по току пероксодисерной кислоты.

Для повышения выхода по току пероксодисерной кислоты в анолит вводят добавку роданида аммония NH_4SCN в количестве 1-2 г/л, которая тормозит реакцию выделения кислорода на аноде.

Целью работы является исследование электрохимической стадии получения пероксодисерной кислоты. Было исследовано влияние на выход целевого продукта такого параметра, как концентрация серной кислоты.

Для определения концентрации пероксодисерной кислоты в процессе электролиза использовался метод перманганатометрии, с помощью которого устанавливалась зависимость концентрации пероксодисерной кислоты в анолите от времени проведения электролиза. По этой зависимости проводился расчёт выхода целевого продукта (пероксодисерной кислоты).

Анализ основан на уравнении реакции восстановления ионов двухвалентного железа до трёхвалентного персульфат анионами:

$2Fe^{2+} + S_2O_8^{2-} \rightarrow 2Fe^{3+} + 2SO_4^{2-}$ (7)

Сначала титруют 20 мл холостой пробы сульфата железа (II) $FeSO_4$ 0,1 н. Для этого в коническую колбу объёмом 250 мл с помощью пипетки переносят 20 мл сульфата железа (II). Раствор титруют перманганатом калия $KMnO_4$ 0,1 н. Объём пошедшего на титрования $KMnO_4$ записывают в виде объёма V_0. После этого отбирают из анолита 5 мл электролита и переносят его в колбу на 50 мл. Записывают время отбора пробы от начала электролиза. Доводят содержимое до метки водой и тщательно перемешивают. Далее в коническую колбу на 250 мл добавляют 20 мл раствора $FeSO_4$ 0,1 н и добавляют 2 мл разбавленного исследуемого раствора из колбы на 50 мл. Раствор титруют $KMnO_4$ 0,1 н. Объём пошедшего на титрование $KMnO_4$ записывают в виде объёма V_1. Расчёт пероксодисерной кислоты ($H_2S_2O_8$) в г проводят по следующей формуле:

$$m = \frac{(V_0 - V_1) \cdot M(H_2S_2O_8) \cdot g(H_2S_2O_8) \cdot V_{эл.} \cdot n(KMnO_4) \cdot 10^{-3}}{V_{пр.}} \cdot \frac{V_к}{V_п},$$

где m – масса пероксодисерной кислоты ($H_2S_2O_8$), г; V_0 – объём $KMnO_4$ 0,1 н, пошедший на титрование 20 мл $FeSO_4$ 0,1 н, мл; V_1 – объём $KMnO_4$ 0,1 н, пошедший на титрование 20 мл $FeSO_4$ 0,1 н с 2 мл исследуемого раствора, мл; $M(H_2S_2O_8)$ – молярная масса пероксодисерной кислоты, г/моль; $g(H_2S_2O_8)$ – фактор эквивалентности пероксодисерной кислоты; $V_{эл.}$ – объём электролита (анолита), мл; $n(KMnO_4)$ – нормальность $KMnO_4$, г-экв/л; $V_{пр.}$ – объём исследуемой пробы, мл; $V_к$ – объём колбы для разбавления исследуемой пробы, мл; $V_п$ – объём отбираемой исследуемой пробы из анолита, мл.

Для экономической оценки процесса вводится такое понятие, как выход по току

на получение единицы продукции. Выход по току можно определить, как отношение массы вещества, полученной в данных условиях электролиза ($m_{практ.}$), к массе вещества, теоретически вычисленной на основании закона Фарадея ($m_{теор.}$). Его принято выражать в процентах.

$$ВТ = \frac{m_{практ}}{m_{теор}} \cdot 100\%$$

В эксперименте была использована анионообменная мембрана МА-41 российского производства компании АО «Щёкиноазот». Объёмы католита и анолита составляли 1 литр. Для поддержания температурного режима католит и анолит независимо циркулировали через холодильники. Температура хладагента в холодильниках поддерживалась на низком значении (около 0 °С) при помощи охлаждающего устройства – чиллера.

Условия проведения эксперимента: состав электролита 500 г/л, 650 г/л, 800 г/л H_2SO_4; 1 г/л NH_4SCN; сила тока – 8 А; время проведения электролиза – 5 ч.

Таблица 1

Экспериментальные данные влияния концентрации раствора серной кислоты на выход продукта

С (H_2SO_4), г/л	**Время, ч**	**V_1, мл**	**m, г**	**ВТ, %**	**$t_{ан}$, ℃**
500	1	17,1	24,25	83,7	13,0
	2	16,5	53,35	92,1	12,7
	3	16,0	77,6	89,3	12,6
	4	15,6	97,0	83,7	12,8
	5	15,2	116,4	80,4	12,8
650	1	21,45	21,82	75,4	11,3
	2	20,65	60,62	95,6	11,4
	3	19,95	94,57	91,8	11,3
	4	19,75	104,28	90,0	10,9
	5	19,40	121,25	83,9	10,5
800	1	21,9	24,25	83,7	13,7
	2	21,1	63,05	91,9	13,7
	3	20,8	77,60	89,3	13,7
	4	20,35	99,43	85,8	13,6
	5	20,0	116,40	80,4	13,7

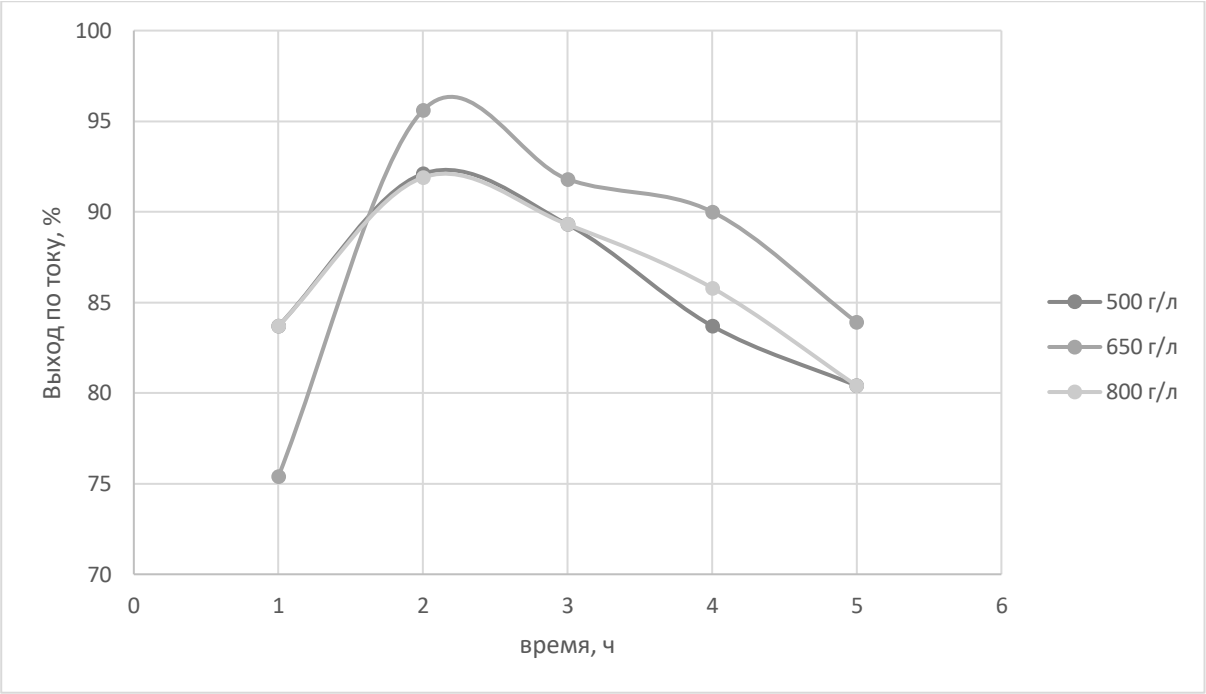


Рис. 1. График зависимость выхода по току $H_2S_2O_8$ от времени проведения электролиза при различных концентрациях раствора H_2SO_4 (500 г/л, 650 г/л; 800 г/л)

По данным таблицы 1 и приведённому графику (рис. 1) можно сделать вывод о том, что наивысшего значения выхода по току пероксодисерной кислоты можно достичь при использовании раствора серной кислоты концентрацией 650 г/л.

Литература:

1. Serrano K., Michaud P. A., C. Comninellis, Savall A. Electrochemical preparation of peroxodisulfuric acid using boron doped diamond thin film electrodes // Electrochimica Acta, 2002, V. 48, pp.431-436. DOI:10.1016/S0013- 4686(02)00688-6

2. Кубасов В. Л., Банников В. В. Электрохимическая технология неорганических веществ: Учебн. для техник. – М.: Химия, 1989. – 288 с.

3. Улыбин В. Б., Ефремов С. В., Романцова О. В. Сравнительный анализ различных методов получение пероксида водорода // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2012

4. Получение пероксодисерной кислоты электрохимическим методом / М. В. Абакумов, А. В. Колесников, М. К. Исаев, Ч. М. Ньеин // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – №4. – С. 36-44

УДК 546.55/.59

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИФОСФАТ-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

Родионов Константин Михайлович
Студент, Институт химии и проблем устойчивого развития, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, kostya.rodionov.240@mail.ru
Ершов Вадим Алексеевич
Аспирант, Институт химии и проблем устойчивого развития, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина, Москва, Россия, vadersh@yandex.ru
Тарасова Наталия Павловна*
Доктор химических наук, член-корреспондент РАН, профессор, Институт химии и проблем устойчивого развития, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, tarasnp@muctr.ru

Ключевые слова: наночастицы; коллоидное серебро; зеленая химия; компоненты водных экосистем; оптическая спектрофотометрия

STUDYING THE PROPERTIES OF POLYPHOSPHATE-STABILIZED SILVER NANOPARTICLES IN NATURAL WATERS

Rodionov Konstantin Mihaylovich
Student, Institute of Chemistry and Problems of Sustainable Development, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, kostya.rodionov.240@mail.ru
Ershov Vadim Alekseevich
Graduate student, research associate, Institute of Chemistry and Problems of Sustainable Development, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, vadersh@yandex.ru
Tarasova Natalia Pavlovna*
Doctor of Chemical Sciences, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Institute of Chemistry and Problems of Sustainable Development, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, tarasnp@muctr.ru

Keywords: *nanoparticles; colloidal silver; green chemistry; components of aquatic ecosystems; spectrophotometry method*

The increasing use of nanoparticles ensures these materials will make their way into the environment. Silver nanoparticles, in particular, due to their use in a wide range of applications, can potentially enter water systems, for example, drinking water supply systems, groundwater systems or other water objects. Obviously, the question of the fate of nanoparticles in the aqueous components of the environment will be of growingl importance.

Наночастицы металлов использовались человеком с древних времен. Среди металлов большой интерес вызывают наночастицы серебра. Ввиду такого широкого использования, наночастицы серебра неизбежно попадают в компоненты окружающей среды [1].

Исследование заключается в изучении поведения полифосфат-стабилизированных наночастиц серебра в различных типах вод, с рассчитанной на основании химического состава ионной силой: дистиллированная вода, городская водопроводная вода – $7{,}5\times10^{-3}$ моль/л, pH = 7,2; минеральная вода – $3{,}8\times10^{-3}$ моль/л, pH

= 8,4; морская вода – $2,7\times10^{-1}$ моль/л, pH = 8,1. Наночастицы серебра получали путем восстановления ионов серебра боргидридом. В качестве стабилизатора выступал полифосфат натрия. Для этого использовались следующие реагенты: $AgClO_4$ – 3×10^{-4} моль/литр, $NaBH_4$ – $6,6\times10^{-3}$ моль/литр, $(NaPO_3)_n$ – 6×10^{-4} моль/литр.

Образовавшиеся наночастицы серебра имеют средний размер 2 нм, ζ-потенциал составил −60 мВ (рис. 1).

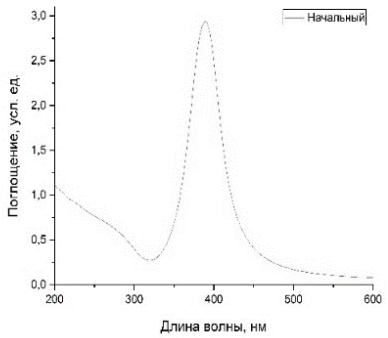
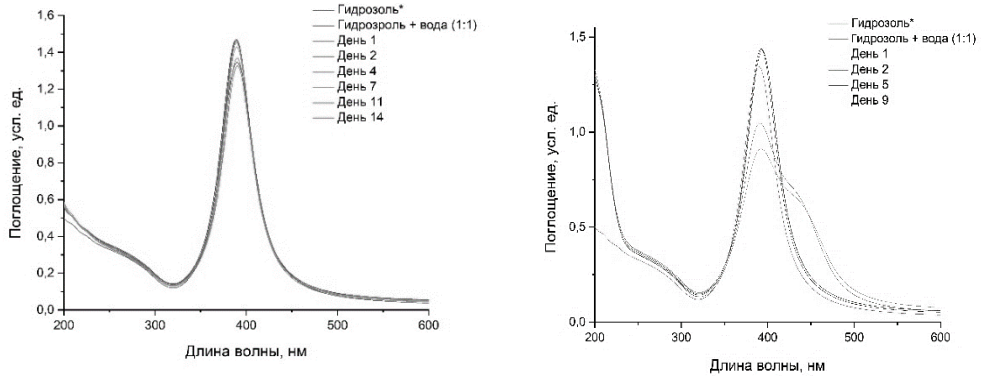


Рис. 1. Спектр оптического поглощения гидрозоля серебра. Раствор: $AgClO_4$ =3,3×10^{-4}моль/л, $(NaPO_3)n$ = 6×10^{-4}моль/л и $NaBH_4$= 6,6×10^{-3} моль/л. Длина оптического пути 1 см.

Гидрозоль серебра в дистиллированной воде: при смешивании с дистиллированной водой спектр оптического поглощения практически не претерпевает значительных изменений (рис. 2а), однако заметно уменьшение пика на 7 день в области локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР) при λ_{max} = 390 нм. Изначальный размер частиц ~ 1.7 нм, при смешивании с водой ~ 2.8 нм, как и на первый, на 4 день ~12.6 нм, на 7 день ~ 8.6 и на 14 день ~ 22.2 нм. ζ-потенциал после смешивания составил -16 мВ, на 2 день -52 мВ, на 7 день составлял -25 мВ. Таким образом, в дистиллированной воде наночастицы обладают высокой устойчивостью, что позволяет использовать наночастицы в дальнейших исследованиях.



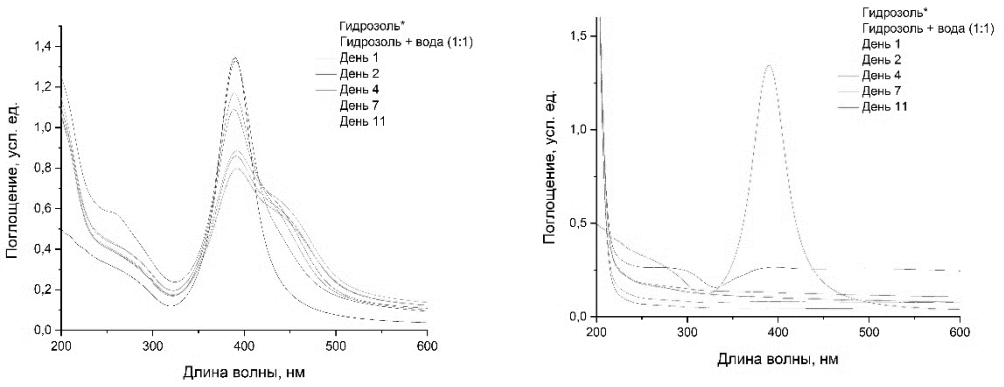
а *б*

Рис. 2. Спектры оптического поглощения гидрозоля серебра: а) в дистиллированной воде; б) в минеральной воде. Раствор: $AgClO_4$ =3,3×10^{-4}моль/л, $(NaPO_3)n$ = 6×10^{-4}моль/л и $NaBH_4$= 6,6×10^{-3} моль/литр. Длина оптического пути 1 см. Соотношение гидрозоля к воде 1:1.

При смешивании гидрозоля с минеральной водой наблюдается небольшое снижение оптического поглощения в области 350-450 нм, при этом в последующие дни поглощение продолжает снижаться (рис. 2б). На пятый день становится заметно появление еще одного пика в области 400-500 нм, что может говорить об изменении формы наночастиц. В первый день размер наночастиц составлял ~3.5 нм, на следующий ~13.4 нм, на 5 день ~24.8 нм, на 9 день ~ 64.6 нм. ζ-потенциал при смешивании составлял -46 мВ, на 2 день -65 мВ, на 5 день -45 мВ на 9 день -42 мВ, что

говорит о хорошей устойчивости гидрозоля в воде, несмотря на возможное изменение формы.

После смешивания гидрозоля серебра с городской водопроводной водой интенсивность оптического поглощения снижалась на протяжении 11 дней, как показано на рис. 3а, а также наблюдается появление еще одного пика в области 400-500 нм. Изначальный размер частиц ~1,7 нм, при смешивании с водой ~18.6 нм, на 1 день ~12 нм, на 2 день ~21.3 нм, на 4 день ~64 нм, на 7 день ~71.1 нм, на 11 день ~1 мкм. ζ-потенциал при смешивании сначала составил -18 мВ, а на 7 день изменился до -28 мВ. Наночастицы агломерируют и выпадают в осадок, это подтверждают фотографии гидрозоля с водой.



а *б*

Рис. 3. Спектры оптического поглощения гидрозоля серебра: а) в водопроводной воде; б) в морской воде. Раствор: $AgClO_4$ = 3,3×10^{-3} моль/л, $(NaPO_3)n$ = 6×10^{-4} моль/л и $NaBH_4$= 6,6×10^{-3}моль/литр. Длина оптического пути 1 см. Соотношение гидрозоля к воде 1:1.

После смешивания гидрозоля серебра с морской водой интенсивность оптического поглощения гидрозоля снизилась в 3 раза (рис. 3б), при этом заметно увеличение поглощения в области 450-800 нм, что говорит об укрупнении наночастиц. Данные ДРС подтверждают это: при смешивании частицы составляют ~16.3 нм, на следующий день >3 мкм. ζ-потенциал потенциал составил -10 мВ после смешивания, дальнейшее измерение было невозможно ввиду выпадения наночастиц в осадок.

Наиболее стабильными оказались наночастицы в дистиллированной воде, что объясняется отсутствием содержания в воде специфических к серебру ионов (Cl^-,Br^-, SO_4^{2-}). Наименее стабильные были наночастицы в морской воде. Это связано с тем, что в условиях высокой ионной силы диффузный слой противоионов ДЭС сжимается, что приводит к снижению устойчивости. Исследование направлено на достижение 12 цели устойчивого развития: Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства.

Литература:

1. Mueller N.C., Nowack B. Exposure Modeling of Engineered Nanoparticles in the Environment // Environ. Sci. Technol. 2008. Vol. 42, № 12. P. 4447–4453.

УДК 546.01

ДИНАМИКА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПО ДАННЫМ СТАНЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ФОНОВОГО МОНИТОРИНГА В АСТРАХАНСКОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Рычкова Анастасия Александровна
студентка, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, м.н.с., ФГБУ "Институт глобального климата и экологии имени Ю. А. Израэля", Москва, Россия, nastyarychka24@gmail.com
Парамонов Сергей Геннадьевич*
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ "Институт глобального климата и экологии имени Ю. А. Израэля", Москва, Россия, sgpar@mail.ru
Ключевые слова: *поверхностные воды; загрязнение; тяжелые металлы; биосферный заповедник; мониторинг*

DYNAMICS AND DISTRIBUTION OF SURFACE WATERS POLLUTION WITH HEAVY METALS ACCORDING TO THE DATA OF THE INTEGRATED BACKGROUND MONITORING STATION IN THE ASTRAKHAN BIOSPHERE RESERVE

Rychkova Anastasia Alexandrovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, junior researcher, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia, nastyarychka24@gmail.com
Paramonov Sergey Gennadievich*
candidate of geographic sciences, leading researcher, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia, sgpar@mail.ru
Key words: *surface waters; pollution; heavy metals; biosphere reserve; monitoring*
Surface water pollution poses a threat to the quality of natural waters, the stability of aquatic ecosystems, ichthyofauna, and humans. The territory of the Astrakhan State Biosphere Reserve receives pollutants such as heavy metals from all upstream sections of the river Volga. Due to this, environmental monitoring of the state of waters is important in the reserve. The paper presents the dynamics and distribution of heavy metals for the streams. Heavy metal trends were calculated for each season.

Проблема загрязнения поверхностных вод суши – один из важнейших вопросов современной экологии. Загрязнение поверхностных вод представляет угрозу для качества природных вод, стабильности водных экосистем, ихтиофауны и для человека. Одним из основных видов загрязнителей водных экосистем являются тяжелые металлы, способные накапливаться в живых организмах и передаваться по трофическим цепям с повышением токсичности для следующих звеньев цепи. На территорию Астраханского биосферного заповедника, по причине его географического расположения (низовье дельты р. Волги), поступают загрязняющие вещества со всех вышерасположенных участков реки Волги, поэтому мониторинг состояния вод на территории заповедника является необходимой и актуальной задачей [1].

Для оценки состояния фонового загрязнения поверхностных вод на станции комплексного фонового мониторинга Астраханского биосферного заповедника проводятся регулярные наблюдения за содержанием тяжелых металлов (ртути, свинца, кадмия и меди). Наблюдения осуществляются на протоках дельты р. Волга: Коклюй и Быстрая (Дамчикский участок заповедника), Обжорова и Култук Лотосный (Обжоровский участок заповедника). Пробоотбор осуществляется в разные

гидрологические периоды - в период половодья и в зимнюю и летнюю межени [2].

В данной работе были проведены расчеты среднегодовых концентраций тяжелых металлов (ртути, свинца, кадмия и меди): для водотоков Быстрая и Коклюй с 2000 по 2021 г., для протоков Обжорова и Култук Лотосный – с 2015 по 2021 г.; для водотоков были построены графики с динамиками концентраций тяжелых металлов с учетом сезонов (рис. 1).

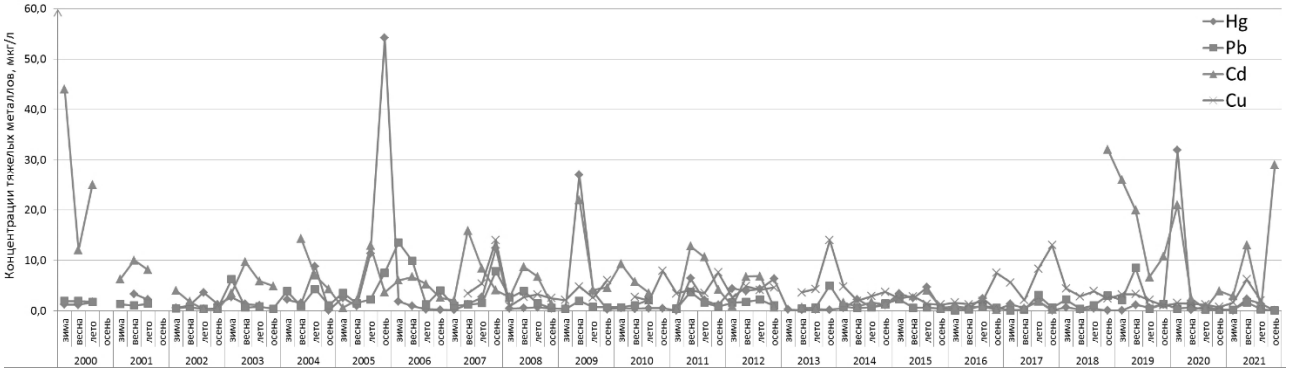


Рис. 1. Динамика концентраций тяжелых металлов в протоке Быстрая с 2000 по 2021 год

Для сравнения динамик концентраций тяжелых металлов между различными протоками были рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 1). Величина коэффициента корреляции отражает силы связи, значения при нулевом значении или близкие к нулю подразумевают слабую или отсутствующую связь. Было установлено, что временные ходы различных тяжелых металлов для каждого водотока частично совпадают. Были выявлены следующие корреляции: между протоками Быстрая и Коклюй по всем измеряемым тяжелым металлам; по меди между протоками Коклюй и Обжорова, Коклюй и Култук Лотосный; по свинцу между протоками Быстрая и Обжорова; между протоками Обжорова и Култук Лотосный по всем измеряемым тяжелым металлам. Данные корреляции означают сопряженность динамик содержания тяжелых металлов между водотоками.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции концентраций тяжелых металлов водотоков

Названия водотоков	Значения коэффициентов корреляции			
	Hg	Pb	Cd	Cu
Быстрая и Коклюй	0,42	0,41	0,64	0,33
Быстрая и Обжорова	0,11	0,26	0,22	0,03
Быстрая и Култук Лотосный	0,17	0,02	-0,11	0,13
Коклюй и Обжорова	0,08	-0,09	-0,04	0,33
Коклюй и Култук Лотосный	-0,15	-0,15	-0,08	0,39
Обжорова и Култук Лотосный	0,26	0,57	0,29	0,95

Для оценки значимости трендов концентраций тяжелых металлов в поверхностных водах в Астраханском биосферном заповеднике использовалась программа MAKESENS. В программе MAKESENS тренд (как изменение за год) рассчитывается по непараметрическому тесту Манна-Кендалла и по непараметрическому методу Сена [3]. При помощи программы были рассчитаны тренды содержания тяжелых металлов в поверхностных водах Астраханского заповедника для каждого сезона. Значимые тренды были выявлены в водах протоки Быстрой для свинца (среднегодовой тренд), для ртути осенью, для кадмия летом (рис. 2), для меди осенью.

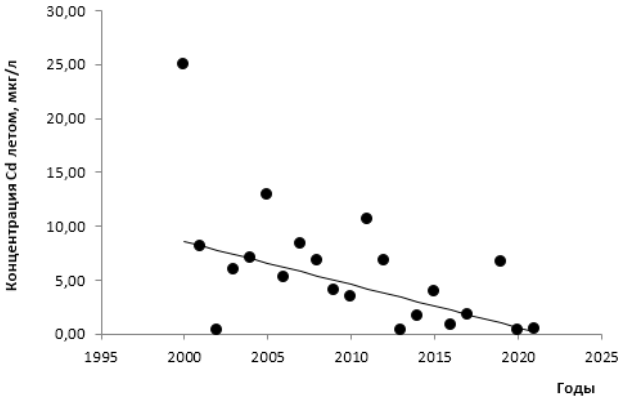


Рис. 2. Изменение содержания кадмия в протоке Быстрая в летний период с 2000 по 2021 год

В водах протоки Коклюй значимые среднегодовые тренды наблюдались для ртути и кадмия, для свинца значимый тренд существует в зимний, весенний и летний период. Также значимые тренды наблюдались в зимний период для меди в водах протоки Обжорова и в осенний период для меди в водах Култука Лотосного. Проведенное исследование показало, что у всех рассматриваемых водотоков присутствуют тенденции снижения концентраций тяжелых металлов, что означает уменьшение загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами в бассейне р. Волга.

Исследование направлено на достижение 15 Цели устойчивого развития – сохранение экосистем суши.

Литература:

1. Resonances science: Proceedings of articles the III International scientific conference. Czech Republic, Karlovy Vary - Russia, Moscow, 2018 November 07-08. URL: https://eee-science.ru/collection/978-5-00090-131-1/

2. Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2015 г. 2017. – М.: Росгидромет. 175 с.

3. Timo Salmi et al. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen’s slope estimates – the Excel template application MAKESENS. Finnish Meteorological Institute, Helsinki, 2002. – 35 p.

УДК 502.4+502.5

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПРИРОДНЫХ БИОСФЕРНЫХ ЗАПОВЕДНИКОВ

Саратовцева Елизавета Евгеньевна

Студент, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия, erza2010@yandex.ru

Инженер, Институт глобального климата иэкологии имени академика Ю.А. Израэля, Москва, Россия

Ключевые слова: *экологический мониторинг; фоновый мониторинг; почвы; тяжелые металлы; загрязнение почв*

CHANGES IN THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS OF NATURAL BIOSPHERE RESERVES

Saratovtseva Elizaveta Evgenievna

Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, erza2010@yandex.ru

Engineer, Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia

Keywords: *environmental monitoring; background monitoring; soil; heavy metals; soil pollution*

The paper assessed the changes in the content of lead, cadmium and copper in the soils of various natural biosphere reserves for the period 2001-2021.

Одной из актуальных задач, стоящих перед человечеством, является создание эффективной системы мониторинга состояния окружающей среды (ОС), которая предоставляла бы информацию для принятия решений об ограничении уровня антропогенного воздействия для отдельных территорий [1].

В международной практике широкое применение получила оценка материального (массового) баланса (МБ) загрязняющих веществ (ЗВ) в пределах водосборного бассейна, которая позволяет получать общую информацию о миграции ЗВ и проводить анализ их воздействия на отдельные компоненты природной среды. Набор данных по расчётам МБ загрязняющих веществ в водосборном бассейне возможно использовать для разработки имитационных моделей биогеохимических циклов, оценки критических нагрузок, уточнения интерполяции данных, предсказания отклика экосистем на изменения в нагрузке ЗВ, принятия решений об ограничении антропогенного воздействия и рекультивационных мероприятий [2, 3].

В основу МБ загрязняющих веществ ложится гидрологический баланс, который может быть описан как:

$$P - E = R \pm \Delta S,$$

где P – осадки, E – эвапотранспирация, R – сток, ΔS – изменения в накоплении.

Этот подход заключается в исследовании внешних потоков открытой системы, измерении потоков и (со временем) контроль их показателей. Простой МБ может быть, в дальнейшем разделён на более сложные для изучения отношения «доза-эффект» [2]. По аналогичной схеме рассчитываются МБ в химико-технологических процессах в закрытых системах. Таким образом, почва будет выступать «реактором», внутри которого происходит накопление, трансформация и разложение ЗВ. Информация о направлении процесса накопления или вымывания ЗВ необходима для оценки антропогенной и естественной нагрузки на почвенный покров и экосистему в целом.

В работе проводилась оценка изменения содержания тяжелых металлов (ТМ) (свинца, кадмия и меди) в почвах различных природных биосферных заповедников. Были рассмотрены данные о содержании тяжелых металлов в поверхностном слое

почвы (0-10 см), полученные в рамках функционирования системы комплексного фонового мониторинга (КФМ) за период 2001-2021 гг.

Наблюдались два периода повышения концентраций свинца (Рис. 1) в почвах всех исследуемых территорий: 2007-2011 гг. и 2013-2021 гг.. Для большинства биосферных заповедников содержание свинца при росте концентраций не превышало половины ПДК. Наиболее выражено было увеличение концентраций свинца в почвах Кавказского природного биосферного заповедника с 10,75 мкг/г в 2013 г. до 39,17 мкг/г в 2021 г. с превышением ПДК.

Рис. 1. Содержание свинца в почвах природных биосферных заповедников

Содержание кадмия (Рис. 2) в почвах за период наблюдений дважды превысило ПДК – в Приокско-Террасном природном биосферном заповеднике в 2015 году и Воронежском природном биосферном заповеднике в 2017 году (0,63 и 0,57 мкг/г соответственно). Для Приокско-Террасного, Алтайского и Кавказского биосферных заповедников в период с 2019 по 2021 наблюдается снижение содержания кадмия до 0,04-0,06 мкг/г, что составляет 10% от ПДК и является минимальным показателем за период наблюдений.

В почвах Приокско-Террасного природного биосферного заповедника в 2010-2011 гг. было зафиксировано увеличение концентрации меди. Концентрации меди составила 45 и 57,5 мкг/г соответственно, что составляет 1.7 ПДК. Наблюдалось увеличение концентраций меди в почвах в Кавказском природной биосферном заповеднике с 2013 по 2021 гг. Содержание меди в почвах других природных биосферных заповедников варьировалось от 1,3 до 19,15 мкг/г за весь период наблюдений

Рис. 2. Содержание кадмия в почвах природных биосферных заповедников

Увеличение содержания свинца в поверхностном слое почвы в Кавказском природном биосферном заповеднике (присутствует статистически значимый возрастающий тренд, $\alpha = 0{,}05$) за исследуемый период может говорить о его накоплении. В то же время единичные высокие значения меди и кадмия вероятнее всего, являются следствием временных источников поступления этих металлов в атмосферу (например, вследствие лесных пожаров). Статистически значимых трендов для кадмия и меди выявлено не было.

Исследование направлено на достижение Цели 15: Сохранение экосистем суши.

Исследование выполнено в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120013190049-4.

Литература:

1. Павлов, Н.И. Глобальные системы мониторинга окружающей среды и фоновый мониторинг Н.И. Павлов, М.М. Кулеш // Вестник Дальневосточной государственной академии экономики и управления. – 2000. – № 4(16). – С. 66-75. – EDN ZCIBBH.

2. Руководство по комплексному мониторингу. Перевод с английского. – М., ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», 2013.

3. Luangjame, J. & others 2009. Recommendations for preparation of a guidelineon the future catchment monitoring in the EANET participating countries. Second Meeting for the Task Force on Soil and Vegetation Monitoring of EANET.

УДК 303.443.2:504.43

ОЦЕНКА ГРУНТОВЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ КАРАДАГСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ ИМ. Т.И. ВЯЗЕМСКОГО - ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК РАН - ФИЛИАЛ ФИЦ ИНБЮМ

Сердюкова Марина Александровна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, mm.serdyukova@yandex.ru
Макарова Анна Сергеевна*
д. т. н., профессор кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития», Москва, Россия, makarova.a.s@muctr.ru
Лапченко Владимир Александрович*
Научный сотрудник Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ, Крым, Россия, ozon.karadag@gmail.com

Ключевые слова: *Карадаг; грунтовые воды; элементный состав; качество воды; устойчивое развитие; экологический мониторинг; Цели устойчивого развития*

GROUNDWATER ASSESSMENT ON THE TERRITORY OF THE KARADAG SCIENTIFIC STATION NAMED AFTER T.I. VYAZEMSKY - NATURE RESERVE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES - BRANCH OF FIT INBUM

Serdyukova Marina Alexandrovna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, mm.serdyukova@yandex.ru
Makarova Anna Sergeevna*
Doctor of Technical Sciences, Professor of the UNESCO Chair "Green Chemistry for Sustainable Development", Moscow, Russia, makarova.a.s@muctr.ru
Lapchenko Vladimir Alexandrovich*
Researcher at the Karadag Scientific Station named after T.I. Vyazemsky – Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences – branch of FITZ InBUM, Crimea, Russia, ozon.karadag@gmail.com

Keywords: *Karadag; groundwater; element composition; water quality; sustainable development; environmental monitoring; Sustainable Development Goals*

In the course of this work, data on the content of macro- and microelements in the groundwater of the Karadag Reserve were collected and analyzed, the trend of changes in the content of substances in groundwater in 2020-2021 was analyzed.
As the analysis showed, in the period 2020-2021, there was an excess of the maximum permissible concentrations of elements such as Li, B, Mg, S, Ca, Fe, Ni, Br and a single excess of Na and Mn, which can have a negative impact on human health when drinking drinking water containing elevated concentrations of these substances.

Государственный природный заповедник «Карадагский» отличается многообразием почвообразующих пород − продуктов разрушения известняков, глинистых сланцев и вулканических пород. Химический и элементный состав грунтовых вод диктуется биогеохимическими особенностями местности, уровнем антропогенной нагрузки, интенсивностью переноса макро- и микроэлементов с поверхности морей и океанов и отдаленными последствиями вулканической активности [1].

Для климата Крыма характерна засушливость. Здесь выпадает очень мало осадков – в среднем всего лишь 500-600 мм в год. В большинстве мест в течение многих месяцев количество выпавших осадков меньше, чем величина испаряемости. В горах

испарению выпавшей влаги препятствует быстрый сток осадков и большая трещиноватость.

В Крыму есть проблема нехватки пресной воды, обусловленная совокупностью разных причин. Жители Крыма постоянно сталкиваются с перебоями водоснабжения. В связи с этим использование колодцев для местного пользования в качестве основного водоснабжения является наиболее актуальным.

Если рассматривать в целом, то проблема превышения ПДКв химических веществ в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования является опасной глобальной проблемой, непосредственно влияющей на здоровье человека, обусловленной местоположением и окружением источника водоснабжения.

Цель исследования − оценка состояния пресных вод природного заповедника «Карадагский».

Решаемые задачи: сбор и анализ данных содержания макро- и микроэлементов в грунтовых водах; анализ тенденции изменения содержания веществ в грунтовых водах в 2020-2021 годах; осуществление систематизации и анализа собранных материалов.

Для анализа были взяты пробы воды из четырех разных колодцев в зимний и летний период 2020-2021 годов, находящихся на территории заповедника. Местоположение данных колодцев (рис. 1): 1 – в парке (высота над уровнем моря 12 метров, глубина колодца 3 метра, столб воды 0,5 метра, колодец не используется); 2 – около гаража (высота над уровнем моря 27 метров, глубина колодца 8 метров, столб воды 3 м, хозяйственно-бытовое использование); 3 – в первом лагере (высота над уровнем моря 35 метров, глубина колодца 8 метров 30 см, столб воды 1,5 метра, хозяйственно-бытовое использование в летний период); 4 – во втором лагере (высота над уровнем моря 44 метра, глубина колодца больше 12 метров, столб воды больше 7 м, питьевое и хозяйственно-бытовое использование).

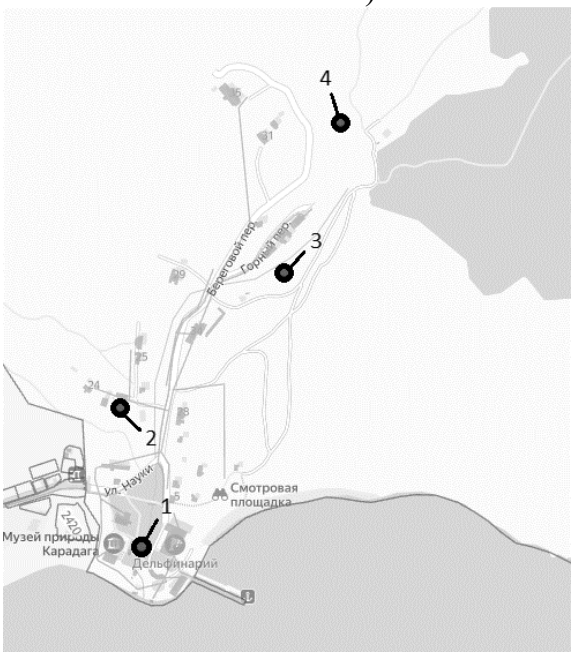


Рис. 1. Схема расположения колодцев на территории природного заповедника «Карадагский»

Анализ проб воды был сделан в ЦКП ФИЦ ИнБЮМ им. О. А. Ковалевского РАН, расположенном в г. Севастополь, на масс-спектрометре PlasmaQuant. Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием статистической компьютерной программы Excel. Как показал анализ, во всех колодцах и в зимний, и в летний периоды в период 2020-2021 годов наблюдалось значительное превышение

ПДКв таких веществ, как Li, B, Mg, S, Ca, Fe, Ni, Br, а также однократное превышение концентрации натрия и марганца.

Точная дата пробоотбора неизвестна, поэтому для анализа зависимости концентрации элементов от метеорологических условий были взяты средние температуры и количество осадков лета и зимы 2020-2021 годов для рассмотрения климатических изменений. В данный период зимой количество осадков уменьшилось, средняя температура воздуха уменьшилась. Летом количество осадков увеличилось, средняя температура воздуха практически не изменилась.

На основе этих данных была проанализирована зависимость концентрации элементов от различных условий. Есть элементы, которые ведут себя схоже: литий, бор и сера; натрий и магний; кальций, марганец, железо, никель и бром. Вероятнее всего, это связано со схожими источниками образования.

Изменение концентраций элементов, возможно, связано:

- с разбавлением (с увеличением выпавших атмосферных осадков минерализация вод уменьшается);
- со смывом/верховодкой (вещества стекают с верхних слоев, с увеличением осадков концентрация элементов увеличивается);
- с испарением (с увеличением температуры минерализация увеличивается)
- с температурой (она может влиять на растворимость элементов).

Все эти явления обусловлены местоположением и окружением колодцев.

Данное исследование способствует достижению 6 (обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех) и 3 (обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте) цели устойчивого развития.

Работа выполнялась на кафедре ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» под руководством: д.т.н., профессора кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития» Макаровой А. С.; научного сотрудника Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН – филиал ФИЦ ИнБЮМ Лапченко В. А.

Литература:

1. N. Golubkina, V. Lapchenko, H. Lapchenko, A. Zuev, G. Caruso. Seasonal dynamics of groundwater mineral composition at the territory of the Crimean paleo volcano // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2022. №142. – С. 129

УДК 628.512/515:622:662.221.4

О МЕТОДИКАХ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ И СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АММИАЧНО-СЕЛИТРЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ЭМУЛЬСИОННОГО ТИПА

Султанов Егор Витальевич
Инженер, аспирант, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, sultanov.e.v@muctr.ru
Булушев Даниил Андреевич
Аспирант, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия
Акинин Николай Иванович*
Профессор, д.т.н., заведующий кафедрой ТСБ, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия

Ключевые слова: *эмульсионные взрывчатые вещества; методы оценки; водоустойчивость; газовая вредность; нитраты; продукты взрыва; оксиды азота; бомба Бихеля*

ABOUT METHODS FOR EVALUATION OF POLLUTANTS EMISSIONS AND DISCHARGES WITH THE USE OF INDUSTRIAL EMULSION EXPLOSIVES BASED ON AMMONIUM NITRATE

Sultanov Egor Vitalievich
Engineer, PhD student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, sultanov.e.v@muctr.ru
Bulushev Daniil Andreevich
PhD student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia
Akinin Nikolai Ivanovich*
Prof., Dr.-Ing., head of Technosphere Safety department, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Keywords: *emulsion explosives; method of assessment; water-resistance; gas hazardous; nitrates; explosion products; nitrogen oxides; Bichel bomb*

The work is devoted to methods for assessing pollutants emissions and discharges into the environment which form during blasting operations with industrial emulsion explosives. The formation of pollutants is influenced by a large number of factors. For example, water-resistance shows the amount of nitrates released into the water in contact with IEE's while the gas hazardous clarify composition of the explosion products. Their definition allows to adjust the characteristics of the charge. In this regard, work was carried out to develop laboratory methods for assessing these parameters.

Работа посвящена методикам оценки выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду при применении промышленных взрывчатых веществ (ПВВ). Вопрос образования загрязняющих веществ и их влияния на окружающую среду при использовании ПВВ приобретает все большую значимость [1 – 3]. По данным Ростехнадзора, растут объемы добычи полезных ископаемых и потребление ПВВ (в 2021 году составило 2,05 млн т ПВВ), при этом 67 % используемых ПВВ занимают более безопасные эмульсионные промышленные взрывчатые вещества (ПЭВВ) [4]. Добыча полезных ископаемых занимает первое место по выбросам загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу, а работа добывающих предприятий загрязняет поверхностные и подземные воды. Основное образование ЗВ происходит во время взрывных работ и операций, связанных с ними [5]. Загрязнение атмосферы происходит

из-за образующихся во время проведения взрывных работ продуктов взрыва (ПВ), самыми опасными являются оксиды азота.

ПЭВВ являются частным случаем аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, главный компонент которых (массовая доля > 70 %) легкорастворим в воде. Длительное нахождение безоболочных ПЭВВ в обводненных условиях приводит к размыванию масляной пленки на поверхности контакта «ПЭВВ – вода», растворению и диссоциации аммиачной селитры на ионы аммония и нитрата. Высокое содержание нитрат-ионов в воде способно вызвать необратимую эвтрофикацию с заболачиванием поверхностных вод.

На образование ЗВ влияет ряд факторов: характеристики заряда (рецептура ПЭВВ, качество сырья, плотность заряда), условия заряжания (обводненность, состав горных пород, зазоры в шпуре/скважине, наличие забойки, время от заряжания до взрывания) [6]. Регулирование этих параметров позволяет снизить образование ЗВ. Таким образом возрастает важность лабораторного определения водоустойчивости и газовой вредности. Эти параметры показывают количество нитратов, выделяющихся в контактную воды при продолжительном нахождении ПЭВВ в обводненных условиях и состав продуктов взрыва соответственно. Их определение является обязательным [7] и позволяет регулировать характеристики заряда. В связи с этим проводились две параллельные работы по разработке лабораторных методов оценки этих параметров.

Среди всех аммиачно-селитренных взрывчатых веществ (АС-ПВВ) эмульсии являются наиболее водоустойчивыми, но это свойства ограничено их стабильностью во времени. ПЭВВ относятся к эмульсиям второго рода «Вода-в-Масле» и потеря стабильности зависит от свойств внешней фазы, которая изолирует и препятствует вымыванию внутренней фазы. Для улучшения стабильности внешней фазы применяют специальные ПАВ – эмульгаторы, от выбора которых зависит водоустойчивость.

Для определения водоустойчивости ПЭВВ был предложен ВЭЖХ метод, основанный на ПНД Ф 14.1:2:4.132-98 и ГОСТ 32411-2013 (в части пробоподготовки) [8, 9], в котором определение нитрат-иона производилось с помощью ВЭЖ-хроматографической системы «Стайер». Метод ВЭЖХ выгодно отличается от титриметрического метода ГОСТ с формальдегидом, поскольку является прямым экспрессным и безопасным методом определения. Этот метод обладает высокой чувствительностью, селективностью и воспроизводимостью.

Сравнение данных титриметрического метода ГОСТ и ВЭЖХ показывает сходимость результатов и подтверждает, что ПЭВВ являются наиболее водоустойчивыми среди других видов АС-ПВВ типа: АСДТ и эмулан, – и при рабочем содержании эмульгатора значение концентрации нитрата даже спустя сутки контакта «ПЭВВ + вода» не превышает 0,05 кг/м^2, тогда как в случае применения других АС-ПВВ превышение может отличаться на порядок.

Для оценки газовой вредности в лабораторных условиях была собрана установка для определения продуктов взрыва зарядов малого диаметра, состоящая из калориметрической бомбы Бихеля, проточного хемилюминесцентного газоанализатора оксидов азота «Beckman Industries 951A», и абсорбционного газового хроматографа «Trace 1310».

Установка позволяет определять CO, NO и NO_x в ПВ модельных зарядов малого диаметра прототипом которых являются ПЭВВ, представленные образцами ЭНА. В данном случае образцы ЭНА моделировали ПЭВВ, используемые для подземного заряжания, с содержанием воды менее 10 %. Материал оболочки – сталь, толщиной 4 мм и диаметром 34 мм. Масса заряда составляла 100 г. Полученные данным методом

данные сравниваются в табл. 1 с экспериментальными данными полученными другими методами [10 – 12].

Таблица 1

Сравнение для взрывчатых эмульсий и некоторых ПВВ результатов определения газовой вредности (л/кг), полученных при различных условиях испытаний

Образец	Газовая вредность продуктов				Условия испытаний			
	CO	NO	NO_x	**CO + 6,5NO_x**	m, г	d, мм	ПД*	метод
ЭНА-4	14,6	1,40	1,40	**22**	100	34	ТЭН	Бомба Бихеля V ~ 0,02 м^3
MWE-3	21,4	0,40	0,42	**24**	300	40	ТЭН	Польша взрывн. Камера V ~ 15 м^3
Ам6ЖВ	3,40	–	2,90	**22**	800	80	Ам6ЖВ	ВОСТНИИ взрывн. Камера V ~ 7 м^3
Сабтек	10,0	3,10	3,40	**32**	10000	100 сталь	Ам6ЖВ	КНЦ РАН подземная выработка

Обозначения:

*ПД – промежуточный детонатор (инициатор).

Газовая вредность рассчитывается как сумма удельного выделение монооксида углерода и азота с учетом коэффициента вредности 6,5 для NO (CO + 6,5 NO, л/кг).

Подводя черту, можно утверждать, что представленные методики определения водоустойчивости и газовой вредности ПЭВВ имеют право на рассмотрение и использование, поскольку имеют сходимость и воспроизводимость данных с другими используемыми методами. Исследование направлено на достижение Цели ООН № 15: Сохранение экосистем суши.

Литература:

1. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды : Федеральный закон № 7-ФЗ : текст с изменениями на 14 июля 2022 года : [принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. – Москва : Проспект, 2023. – 128 с. – ISBN 978-5-392-37171-6. – Текст : непосредственный;

2. Государственный интернет-портал «Официальные сетевые ресурсы Президента России» : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: http://kremlin.ru/events/president/news/62582 (дата обращения: 02.04.2023). – Текст : электронный;

3. Государственный интернет-портал «Официальные сетевые ресурсы Президента России» : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: http://kremlin.ru/events/president/news/70565 (дата обращения: 02.04.2023). – Текст : электронный;

4. Годовой отчет «О деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2021 году» : сайт / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: https://www.gosnadzor.ru (дата обращения: 02.04.2023). – Текст : электронный;

5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году» : сайт / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: http://www.mnr.gov.ru/ (дата обращения: 02.04.2023). – Текст : электронный;

6. Гармашов, А. С. [и др.]. Оценка экотоксичности продуктов взрыва промышленных взрывчатых веществ / А. С. Гармашов, Н. И. Акинин, Д. И. Михеев. – Текст :

непосредственный // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9., № 3 (51). – с. 143 – 146;
7. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе : ТР ТС 028/2012 : (принят Советом Евразийской экономической комиссии 20 июля 2012 года № 57 : с изменениями на 23 декабря 2020 года). – Текст : электронный // Евразийский экономический союз : [сайт]. – 2022. – URL: https://docs.eaeunion.org/ru-ru/Pages (дата обращения: 02.04.2023);
8. ПНД Ф 14.1:2:4.132-98. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации анионов : нитрита, нитрата, хлорида, фторида, сульфата и фосфата в пробах природной, питьевой и сточной воды методом ионной хроматографии : природоохранные нормативные документы федеральные // Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. – Москва, 2008. – 21 с. – Текст : непосредственный;
9. ГОСТ 32411-2013. Вещества взрывчатые промышленные. Методы определения электрической емкости, плотности и водоустойчивости эмульсий = Commercial explosives. Methods of determination of electric capacitance, density and resistance to water for emulsions : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 сентября 2014 г. № 25-ст : введен впервые : дата введения 2014-09-01 / подготовлен Открытым акционерным обществом «Государственный научно-исследовательский институт «Кристалл» (ОАО «ГосНИИ «Кристалл»). – Москва : Стандартинформ, 2014. – 12 с. – Текст : непосредственный;
10. Zawadzka-Małota, I. Testing of mining explosives with regard to the content of carbon oxides and nitrogen oxides in their detonation products / Текст : непосредственный // Journal of Sustainable Mining. – 2015. – Т. 14. – № 4. – с. 173 – 178;
11. Козырев, С. А., Власова, Е. А. Газовая вредность взрывчатых веществ, применяемых в горнодобывающей промышленности / Текст : непосредственный // Горная промышленность. – 2021. – № 5. – с. 106 – 111;
12. Доманов, В. П. [и др.]. Исследования газовой вредности взрывчатых веществ, предназначенных для формирования скважинных зарядов / В. П. Доманов, В. Ю. Варнаков, Д. Н. Батраков, К. А. Плешаков, К. Ю. Варнаков. – Текст : непосредственный // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2012. – № 2. – с. 51 – 56.

УДК 550.510

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВРЕДНЫХ КОМПОНЕНТОВ СТОЧНЫХ ВОД

Сурков Виктор Максимович
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, surkoff.vikt@yandex.ru
Парутина Ксения Алексеевна
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия.
Захаров Станислав Леонидович*
Д.т.н, доц., профессор кафедры Инженерное проектирование технологического оборудования Российского химико-технологический университета имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия.

Ключевые слова: *экология; устойчивое развитие; сточные воды; фракционирование; диафильтрация; полупроницаемые мембраны*

PROTECTION OF THE ENVIRONMENT FROM HARMFUL COMPONENTS OF WASTEWATER

Surkov Viktor Maksimovich
Student, D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia. surkoff.vikt@yandex.ru
Parutina Ksenia Alekseevna
Student, D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.
Zakharov Stanislav Leonidovich*
Doctor of Technical Sciences, docent, professor of the department Engineering design of technological equipment D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

Key words: *ecology; sustainable development; wastewater; fractionation; diafiltration; semi-permeable membranes*

Существует множество подходов разделения элементов сточных вод. В данных тезисах рассмотрено фракционирование элементов с помощью полупроницаемых мембран последнего поколения (рис.1). [1,2] Схема в качестве примера демонстрирует разделение по фракциям трёх компонентов. Разработана высокоселективная мембрана по отношению к компоненту А, но не селективная или малоселективная к В и С. Концентрат обогащён А, содержит примеси В и С. Пермеат может не содержать А, но В и С присутствуют в растворе после прохождения первой установки. Далее раствор поступает во вторую установку, где мембрана высокоселективна по В, но малоселективна или вовсе не селективна к С. Получаем пермеат, содержащий раствор с компонентом С. Концентрат имеет высокое содержанием В и примесью С.

Рис. 1. Схема фракционирования

При наличии конгломератов веществ, забивающих поры мембраны,

производительность процесса снижается или становится возможен проскок вредного компонента. Модернизация схемы добавлением метода диафильтрации позволит достичь устойчивости данного процесса. Для этого необходимо добавить растворитель с расходом равным количеству отбираемого пермеата. Приведена схема с перекрестным током, позволяющая достичь наибольшей производительности. Что сделает процесс устойчивым при изменяющихся внешних факторах: температуры, давления, концентрации и природы растворенного вещества pH среды.

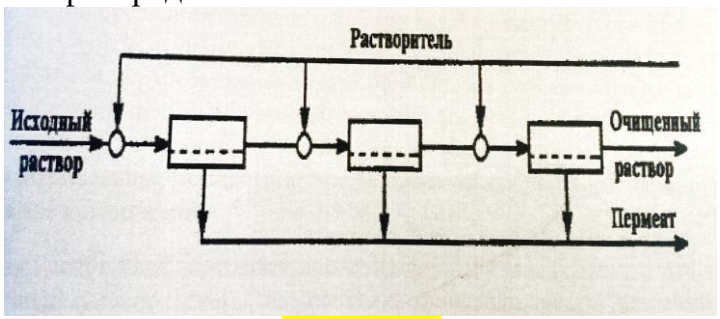


Рис. 2. ???

Такое исследование стало возможным после получения комбинированных мембран последнего поколения и чёткого сопоставления размеров пор полимерных мембран с распределением по размерам жёстких полупроницаемых боросиликатных капилляров со стабильными характеристиками разделения. Расчётное сопоставление происходит в течение всего процесса разделения [3].

Литература:

1. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию
2. Фарносова Е. Н., Каграманов Г. Г. Нанофильтрация и обратный осмос: сравнение иобласти оптимального применения // *ВОДА MAGAZINE*. — **2017.** — № 6. — С. 24–27.
3. Захаров С. Л., Володин А. Х. Становление отечественного обратного осмоса // *Природообустройство*. — **2016**. — № 2

УДК 544.723

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ПОРОДЫ УГЛЕДОБЫЧИ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ-ТОКСИКАНТОВ

Тарасова Юлия Викторовна
Старший преподаватель, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия, onh@kemsu.ru
Салищева Олеся Владимировна
Доцент, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия, onh@kemsu.ru
Ключевые слова: *экология; устойчивое развитие; сточные воды; очистка воды; тяжелые металлы; адсорбент*

THE POSSIBILITY OF USING ALUMINOSILICATE BURNT SOLID OF COAL MINING AS SORBENTS FOR WASTEWATER TREATMENT FROM TOXICANT IONS

Tarasova Yulia Viktorovna
Senior Lecturer, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, onh@kemsu.ru
Salishcheva Olesya Vladimirovna
Associate Professor, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia, onh@kemsu.ru
Keywords: *ecology; sustainable development; environmental monitoring; wasterwater; water purification; heavy metals; adsorbent*
Over the past few decades, a huge amount of various pollutants, especially heavy metals, have accumulated in the environment. These negative consequences have been caused by the continuous growth of production and intensive industrial and agricultural activities of mankind, which pose a real threat to the biosphere. Sustainable Development involves improving water quality by reducing pollution, eliminating waste dumping and minimizing the release of hazardous chemicals, a significant increase in the recycling and reuse of wastewater worldwide.

Успех в достижении Целей устойчивого развития в значительной степени зависит от эффективного мониторинга, анализа и контроля этого процесса. Загрязнения водных природных объектов напрямую влияют на функционирование биосистем и здоровье человека не только в современном мире, но и откладывает огромный негативный отпечаток в будущем, поскольку токсиканты могут накапливаться в организме человека и окружающей среде в течение длительного времени. Загрязнение воды тяжелыми металлами и радионуклидами является мировой экологической проблемой. Основными источниками загрязнения вод тяжелыми металлами являются промышленность, включая и горнодобывающую промышленность.

Для удаления ионов тяжелых металлов из промышленных сточных вод использовались различные методы, однако сложно контролировать снижение их концентрации до безопасного уровня. Процесс адсорбции считается одним из наиболее эффективных методов удаления ионов тяжелых металлов из загрязненных вод. Используя не модифицированные сорбционные материалы очень сложно снизить концентрацию тяжелых металлов в сточных водах высокой концентрации поллютанта до безопасного уровня. Большие усилия исследователей направлены на изучение новых сорбирующих материалов, таких как углеродные композиты [1], адсорбенты из биомассы [2, 3], наноадсорбенты [4], гидрогелевые материалы [5].

Физико-химическая модификация адсорбционных систем улучшает и усиливает адсорбцию промышленных поллютантов и тяжелых металлов из сточных вод.

Химическая модификация, включающая воздействие кислот, оснований и других связующих реагентов, благодаря наличию которых легко изменяются и регулируются поверхностные свойства за счет привития дополнительных функциональных групп. Кроме неорганических реагентов, активно применяются различные органические активирующие агенты для введения различных поверхностных функциональных групп, выбор которых зависит и от типа поллютантов. В исследовании была показана высокая адсорбционная способность модифицированных отходов угледобывающей промышленности по отношению к тяжелым металлам в сравнении к химически не модифицированному адсорбенту. Адсорбционная емкость увеличивается до 40 % после модификации при температуре активации от 100 до 800 °С и время активации от 30 до 240 мин (рис. 1). Физическая модификация с помощью термического нагрева обеспечивает быструю термическую реакцию с однородной структурой изнутри и с равномерным распределением пористой структуры и текстуры. Декарбонизация способствует высвобождению пор и обеспечивает большую удельную емкость сорбционного материала. Химическая модификация с использованием натриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты и карбоксиметилцеллюлозой обеспечивает усиление связывания токсикантов за счет формирования на поверхности донорных кислородсодержащих карбоксильных и донорных азотсодержащих аминогрупп, что способствует дополнительному ковалентному донорно-акцепторному взаимодействию лигандов и комплексообразователей – металлов-токсикантов.

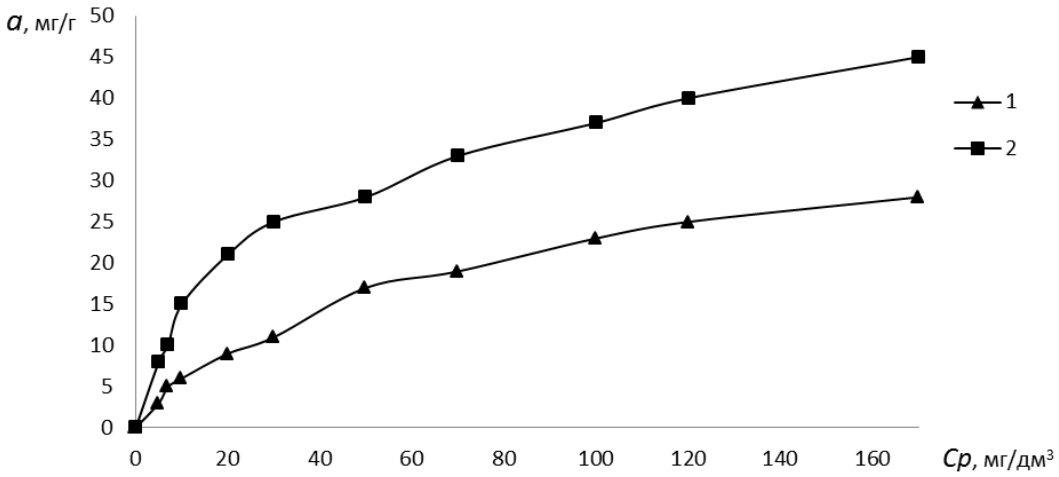


Рис. 1. Изотерма адсорбции ионов свинца(II) образцами горелой алюмосиликатной породы без модификации (1), модифицированной (2)

Кинетические исследования, проведенные для различных исходных концентраций загрязняющих веществ, показали, что механизм адсорбции хорошо описывается моделями псевдопервого порядка. Изотермы адсорбции строили в виде зависимости равновесной концентрации адсорбированных ионов на адсорбенте от их равновесной концентрации в жидкой фазе. Механизм адсорбции может быть связан с адсорбцией на гетерогенной поверхности (модель изотермы Фрейндлиха) или с монослойной адсорбцией на поверхности со всеми центрами адсорбции, имеющими одинаковую энергию сорбции независимо от покрытия поверхности (модель Ленгмюра).

Исследования адсорбционной способности алюмосиликатной породы промышленного происхождения, представляющих собой отходы различных производств, позволяют осуществить поиск направлений вторичного использования промышленных отходов, нерационально складируемых вблизи предприятий и наносящих вред окружающей среде.

Исследование направлено на достижение Цели 6: Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех. Цель устойчивого развития включает повышение качества воды посредством уменьшения загрязнения, ликвидации сброса отходов и сведения к минимуму выбросов опасных химических веществ и материалов, сокращение доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения масштабов рециркуляции и безопасного повторного использования сточных вод.

Литература:

1. D. Smržová, L. Szatmáry, P. Ecorchard, A. Machálková, M. Maříková, P. Salačová, M. Straka. Carbon and zeolite-based composites for radionuclide and heavy metal sorption // Heliyon. 2022; 8(12):e12293. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12293.
2. M. Raninga, A. Mudgal, V. K. Patel, J. Patel, M. K. Sinha. Modification of activated carbon-based adsorbent for removal of industrial dyes and heavy metals: A review // Materials Today: Proceedings. 2023; 77(1):286-294. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.358.
3. M. Ahmed, J.Zhou, H. Ngo, W. Guo, N. Thomaidis, J. Xu. Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: A critical review // Journal of Hazardous Materials. 2017; 323(A):274-298. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.04.045.
4. V.P. Kothavale, A. Sharma, R.P. Dhavale, and et. Carboxyl and thiol-functionalized magnetic nanoadsorbents for efficient and simultaneous removal of Pb(II), Cd(II), and Ni(II) heavy metal ions from aqueous solutions: Studies of adsorption, kinetics, and isotherms // Journal of Physics and Chemistry of Solids. 2023; 172: 111089. https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2022.111089.
5. G. Zhou, Ch. Liu, L. Chu, Y. Tang, Sh. Luo. Rapid and efficient treatment of wastewater with high-concentration heavy metals using a new type of hydrogel-based adsorption process // Bioresource Technology. 2016; 219:451–457. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.038.

УДК 661.623.63

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТЕПЕНЬ КОНВЕРСИИ ФОСФОГИПСА ПРИ ЕГО ОБРАБОТКЕ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДОЙ

Темиров Голиб Бахтиёр угли
базовый докторант, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, ahmadjonov.ahmadjon34@mail.ru
Алимов Умарбек Кадырбергенович
д.т.н., старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, umaralihonalimov@mail.ru
Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
д.т.н., проф., главный научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, atanazar77@mail.ru
Намазов Шафоат Саттарович
проф., акад., д.т.н., заведующий лабораторией, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com
Ключевые слова: фосфогипс, карбонат натрия, карбонат кальция, сульфат натрия, степень конверсии, концентрация, норма.

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE CONVERSION DEGREE OF PHOSPHOGYPSUM DURING ITS TREATMENT WITH SODA ASH

Temirov Golib Bahtiyor ugli
Basic doctoral student, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, ahmadjonov.ahmadjon34@mail.ru
Alimov Umarbek Kadirbergenovich
Doctor of technical sciences, senior fellow, leading fellow, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, umaralihonalimov@mail.ru
Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich
Doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru
Namazov Shafoat Sattarovich
Professor, doctor of technical sciences, academician, Head of laboratory, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: diana-ye@yandex.com
Keywords: phosphogypsum, sodium carbonate, calcium carbonate, sodium sulfate, degree of conversion, concentration, norm.
It was revealed that an increase in the concentration of Na_2CO_3 leads to an increase in the degree of conversion of phosphogypsum into $CaCO_3$ and Na_2SO_4 up to 95.44% at a constant rate of 105%, a temperature of 80 °C and a time of 30 minutes. The optimal concentration of sodium carbonate is 20%, at which the degree of conversion of phosphogypsum reaches about 94%.

Мировое скопление твердого и техногенного отхода так называемого фосфогипса превышало 6 млрд. тонн. Все это благодаря выпуска данного вида отхода в количестве 4-5 т на 1 т P_2O_5 в экстракционной фосфорной кислоте. Если обратить внимание на статистику, глобальная добыча фосфатной руды будет доведена до 70 млн. т P_2O_5 (220 млн. т фоссырья к 2050 году), а это составляет ежегодный прирост 2,5%. Это в свою очередь приведет ежегодному выбрасыванию в отвал 150-180 млн. т ФГ [1, 2]. Тревожность скопление ФГ будет увеличиваться неуклонно в связи со снижением качество сырья. Ведь уже не секрет, что добыча кондиционного фосфатного сырья становится все сложнее и дороже. Поэтому на рынок поступает концентрат не более

32% P_2O_5. Запасы более бедных руд с содержанием 15-20% P_2O_5 и высоким кальциевым модулем (CaO/P_2O_5 ≥1,7) составляют два из треть мирового запаса. В связи с этим рано или поздно фосфатная промышленность будет сталкиваться проблемой вовлечения в промышленную переработку этих видов сырья и очень бедных апатитовых (4-8% P_2O_5) руд. Экстракционная фосфорная кислота производится в 52 стран мира, и утилизация ФГ составляет всего лишь 2% от общего его объема. Из этого объема всего лишь 15% используются для мелиорации засоленных (солончаковых) почв. Однако наиболее перспективным направлением утилизации ФГ можно считать конверсионный способ. Именно с содовым раствором. При этом ожидается получить сразу два вида продукта, сульфат натрия как ценный компонент для детергентов, стекла, текстиля, а карбонат кальция – дешевый строительный материал.

Сущность процесса конверсии сульфата кальция карбонатом натрия можно представить следующим уравнением:

$$CaSO_{4(s)} + Na_2CO_{3(s)} \rightarrow CaCO_{3(s)} + Na_2SO_{4(g)}$$

Во многих исследованиях говорится о том, что конверсия ФГ приемлема высоких температурах, предпочтительно выше 60 ºС и времени взаимодействия от 30 о 90 мин. при постоянной стехиометрической норме 105-110% карбоната натрия концентрацией 20-30%. Результаты исследований показывают, что степень превращения сульфата кальция в ФГ превышает 95%. В связи с этим нами предпринято внимание влияние концентрации карбоната натрия на ФГ, полученный от необычного фосфорита Кызылкума имеющий трех видов кальцита и значить гипс, образованный в нем по состоянию отличается от вышеуказанных.

Для исследования был использован ФГ АО «Аммофос-Максам», полученный в дигидратном режиме. Фосфогипс был предварительно промыт дистиллированной водой, высушен, измельчён до размера частиц 0,20 мм и имел следующий состав (мас.%): 33,28 CaO; 47,60 SO_3; 0,7 P_2O_5; 0,14 Al_2O_3; 0,05 Fe_2O_3; 0,41 F. Кальцинированная сода была доставлена из УП «Кунградский содовый завод». Норму карбоната натрия брали 105%, а концентрацию варьировали от 5 до 30% при постоянной температуре 80ºС и времени взаимодействия – 30 мин.

Степень конверсии ($K_{степ.}$) ФГ рассчитывали согласно формуле:

$$К_{степ.} = 1 - \frac{m_1 \cdot W_1 - m_2 \cdot W_2}{m_1 \cdot W_1}\,\%$$

где, m_1 и W_1 являются масса и массовой долью SO_3 в навеске ФГ в г,

m_2 и W_2 являются масса и массовой долью SO_3 в навеске промытого осадка ФГ после его конверсии в г,

Результаты исследований показали, что увеличение концентрации карбоната натрия от 5 до 30% приводит увеличению степени конверсии сульфата кальция в ФГ. При этом значения $K_{степ}$ увеличивается от 82,14 до 95,44%. Однако, резкий подъем степени конверсии наблюдается в диапазоне концентрации карбоната натрия 5-20%. Далее увеличение концентрации соды всего лишь сдвинулось от 93,94 до 95,44%, что составляет 1,5%.

Поэтому на наш взгляд более оптимальной является концентрация кальцинированной соды – 20%.

Литература:

1. USGS, 2017. Geological Survey, 2017, Mineral commodity summaries 2017: U.S. Geological Survey, 202 p., https://doi.org/10.3133/70180197.

2. Ангелов А.И., Левин Б.В., Классен П.В. Мировое производство и потребление фосфатного сырья // Горный журнал. – Москва, 2003. – №4-5. – С. 6-11.

УДК 66.014

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ПОСЛЕ НЕФТЯНОГО РАЗЛИВА В НОРИЛЬСКЕ

Титова Мария Михайловна

Студент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, mashatitowa2012@yandex.ru

Немировская Инна Абрамовна*

Главный научный сотрудник, доктор геолого-минералогических наук, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Москва, Россия, nemir44@mail.ru

Ключевые слова: *разлив нефтепродуктов; дизельное топливо; авария; донные осадки; углеводороды; алканы*

ANALYSIS OF CHANGES IN THE HYDROCARBON CONTENT IN BOTTOM SEDIMENTS AFTER THE OIL SPILL IN NORILSK

Titova Maria Mikhailovna

Student, D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia, mashatitowa2012@yandex.ru

Nemirovskaya Inna Abramovna*

Chief Researcher, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, P. P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, nemir44@mail.ru

Keywords: *oil spill; disel fuel; accident; bottom sediments; hydrocarbons; alkanes*

Oil and petroleum products are currently among the most common pollutants that lead to the degradation of natural complexes. This is due to both the emergency consequences of activities at the NGC facilities (oil and gas complex), and everyday leaks and unavoidable receipts from shipping, etc. As a result, large-scale pollution of surface and underground waters, soils, and the withdrawal of land from economic circulation occur.

29 мая на дочернем предприятии «Норникеля» ТЭЦ-3 в Норильске из-за проседания свай фундамента произошла разгерметизация одного из резервуаров и вылилось более 21 тысячи тонн топлива [1]. Из них 19 000 тонн попало в водные объекты и десятки км водоемов оказались загрязнены, 2 000 тонн в почву. Загрязнена оказалась Норило-Пясинская озерно-речная система, (ручей озеро и река Пясино, реки Амбарная и Далдыкан) (Рис. 1) [2].

Первое время считалось, что предварительная причина разгерметизации - внезапное проседание свай фундамента на вечной мерзлоте из-за ее таяния. Енисейским управлением Федеральной службы по экологическому технологическому и атомному надзору сформирован Акт по результатам технического расследования причин аварии на опасном производственном объекте «Топливное хозяйство ТЭЦ-3» АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания», в котором было сообщено, что причина аварии – упущения в проектировании и недостатки при строительстве свайного основания резервуара. В результате часть свай не опиралась на скальный грунт, что привело к неравномерному распределению нагрузки [3].

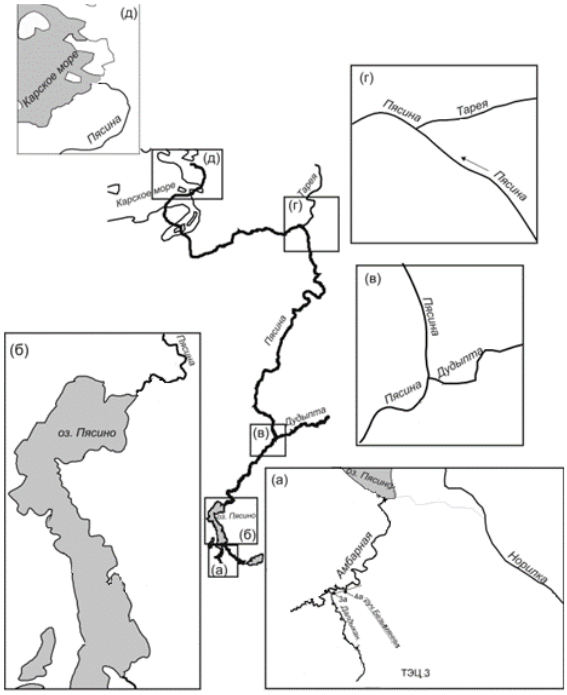


Рис. 1. Норило-Пясинская озерно-речная система.

Разлив нефтепродуктов в Норильске стал первой аварией такого крупного масштаба в заполярной Арктике. Объем ущерба, нанесенного экосистеме можно назвать «беспрецедентным». По итогам расследования Росприроднадзор оценил сумму экологического ущерба от разлива топлива на ТЭЦ-3 «Норникеля» почти в 148 млрд руб.

В июле и августе 2021, 2022 г. сотрудниками Института биофизики и ИВЭП было отобраны пробы донных отложений рек Амбарная и Далдыкан, оз. Пясино и Карского моря (рис. 1). Для анализа поверхностный слой донных осадков отбирали с помощью штангового дочерпателя.

Содержание углеводородов (далее УВ) определялась на ИК-Фурье спектрометре IRAffinity-1S. Содержание УВ в р. Далдыкан варьировалось в диапазоне 41-1682 мг/кг (2021 г.) и 7-153 мг/кг (2022 г.) (Рис. 2), в р. Амбарная 23-4872 мг/кг (2021 г.) и 18-336 мг/кг (2022 г.) (Рис. 3).

Рис. 2. Содержание УВ в р. Далдыкан (2021-2022 г.)

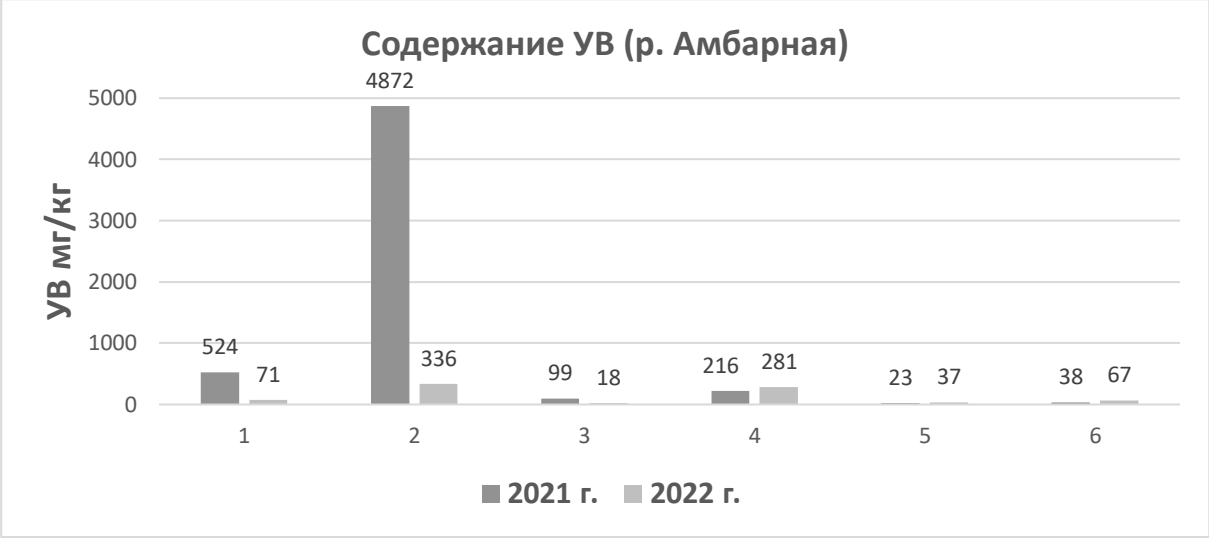


Рис. 3. Содержание УВ в р. Амбарная (2021-2022 г.)

Проанализировав данные диаграммы, можно заменить тенденцию к снижению содержания УВ на участках р. Далдыкан и р.Амбарная. Это частично связано с проведением ликвидационных мероприятий.

Причиной аварии в Норильске является халатность руководства, которое дало разрешение на эксплуатацию резервуара после ремонта без соблюдения требований промышленной безопасности и разрешения контролирующих органов. Авария оказала влияние на окружающую среду, даже при своевременных мероприятиях по ликвидации последствий аварии.

Исследование направлено на достижение ЦУР 14 (Сохранение морских экосистем), ЦУР 15 (Сохранение экосистем суши). Успех в достижении этих целе в значительной степени зависит от эффективного мониторинга, анализа и контроля процесса ликвидаций последствий аварии.

Литература:

1. Коновалова, В. М. Норильский разлив / В. М. Коновалова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 46 (336). — С. 71-72. — URL: https://moluch.ru/archive/336/75202/ (дата обращения: 23.03.2023).

2. Акт технического расследования аварии топливного резервуара АО «НТЭК», РОСТЕХНАДЗОР, 10.11.2020 [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://www.gosnadzor.ru/news/65/3325/

3. В МЧС майский разлив дизельного топлива в Норильске назвали самым масштабным на планете. [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://news.rambler.ru/ecology/45496462-v-mchs-mayskiy-razliv-dizelnogo-topliva-v-norilske-nazvali-samym-masshtabnym-na-planete/

УДК 581.132:574.583

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИТОПЛАНКТОНА НА РАЗРЕЗЕ «ВОСТОЧНЫЙ»

Тюрина Анастасия Сергеевна
Студент, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, llnltll@list.ru

Ключевые слова: *экология; устойчивое развитие; гидросфера; Цели устойчивого развития; первичная продукция, хлорофилл, ассимиляционное число*

INVESTIGATION OF PHYTOPLANKTON PRODUCTION INDICATORS AT THE VOSTOCHNY SECTION

Tyurina Anastasia Sergeevna
Student, D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia, llnltll@list.ru

Keywords: *ecology; sustainable development; hydrosphere; Sustainable Development Goals; primary production, chlorophyll, chlorophyll specific carbon fixation rate*

Success in achieving the Sustainable Development Goals largely depends on effective monitoring, analysis and control of this primary production. It is obvious that it is necessary to consider the possibilities that monitoring of the state of the Kara sea provides for this.

Для исследования Карского моря необходимо пополнение базы данных по основным продукционным характеристикам фитопланктона, поскольку именно на них первым делом отразятся происходящие в Арктике климатические изменения. Одной из характеристик является первичная продукция (ПП) - скорость образования органического вещества фитопланктоном. Для отдельных горизонтов первичную продукцию выражают в единицах углерода на единицу объема воды за определенный временной интервал, например мг С/($м^3$ сут). По величинам первичной продукции на отдельных горизонтах рассчитывается интегральная первичная продукция (ИПП) под 1 $м^2$ до нижней границы слоя фотосинтеза - мг С/($м^2$ сут). Проблема при изучении пространственно-временной изменчивости продукционных показателей заключается в том, что экспедиционные исследования обеспечивают получение величин ПП для данного места и времени, но не позволяют выявить широкомасштабные и продолжительные тренды этого параметра, а также оценить с достаточной точностью ее годовые величины. Для решения этих задач при помощи экспериментальных судовых данных требуется создание и верификация моделей ПП по спутниковым данным. С этой точки зрения восточная часть Карского моря, в частности акватория желоба Воронина, является наименее изученной. По результатам многолетних наблюдений, полученным с помощью модельных и спутниковых данных, этот район является наименее продуктивным в Карском море, где прослеживается влияние открытой акватории Арктического океана. [1]

По полученным данным в конце сентября-начале октября с 16 станций (рис.1), диапазон изменчивости ИПП на разрезе «Восточный» составил 11 – 29 мгС/$м^2$ в день, а хлорофилла «а» в зоне фотосинтеза ($Хл_{фс}$) 3.07 – 8.40 мг/$м^2$. Уровень ИПП в этом районе свидетельствует о низкой скорости ассимиляции углерода (< 50 мгС/$м^2$ в день) и укладывается в общие представления о желобе Воронина, как о наиболее низкопродуктивной акватории Карского моря по данным многолетних наблюдений (рис. 2). Для распределения значений ассимиляционного числа (АЧ) на разрезе было характерно убывание в целом по направлению ото льда к югу. О таком пространственном распределении свидетельствует отрицательный коэффициент корреляции (R) этого параметра с поверхностной температурой воды и, наоборот,

положительное значение R с соленостью на поверхности.

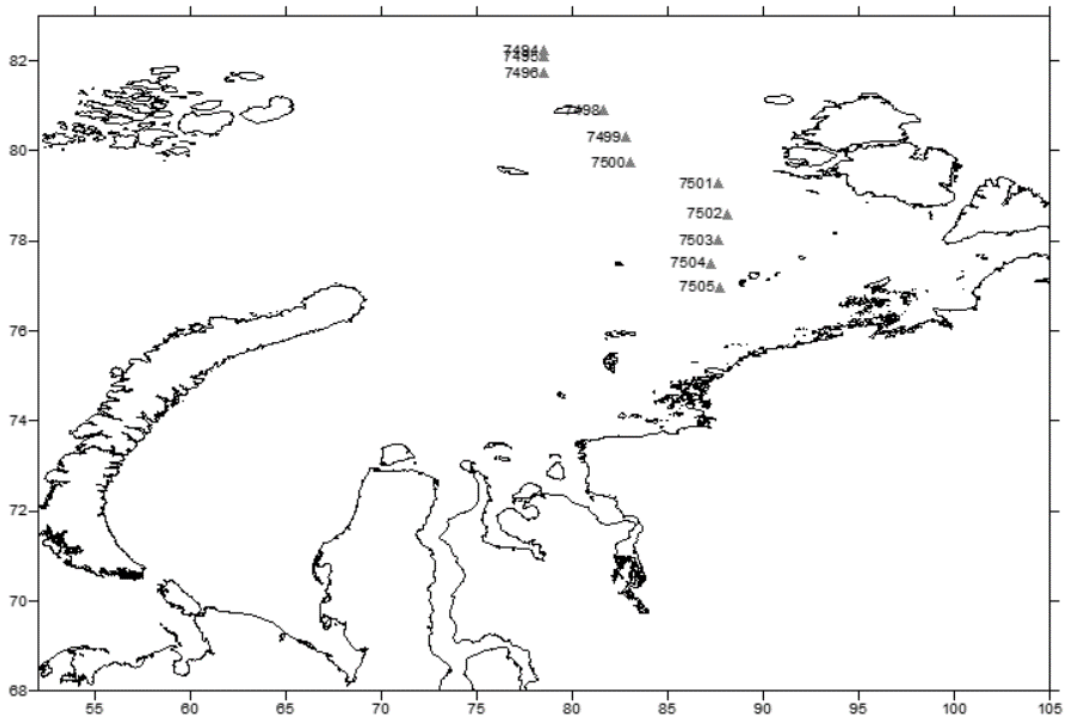


Рис. 1. Расположение станций в Карском море, на которых проводились измерения первичной продукции и концентрации хлорофилла «а» в конце сентября – начале октября 2022 г.

Вертикальное распределение Хл на разрезе «Восточный» характеризовалось отсутствием подповерхностных и глубинных максимумов. Максимальные величины были зарегистрированы на поверхности. ПП была лимитирована экстремально низкой поверхностной облученностью (0.34 – 1.92 моль квантов/м^2 в день).

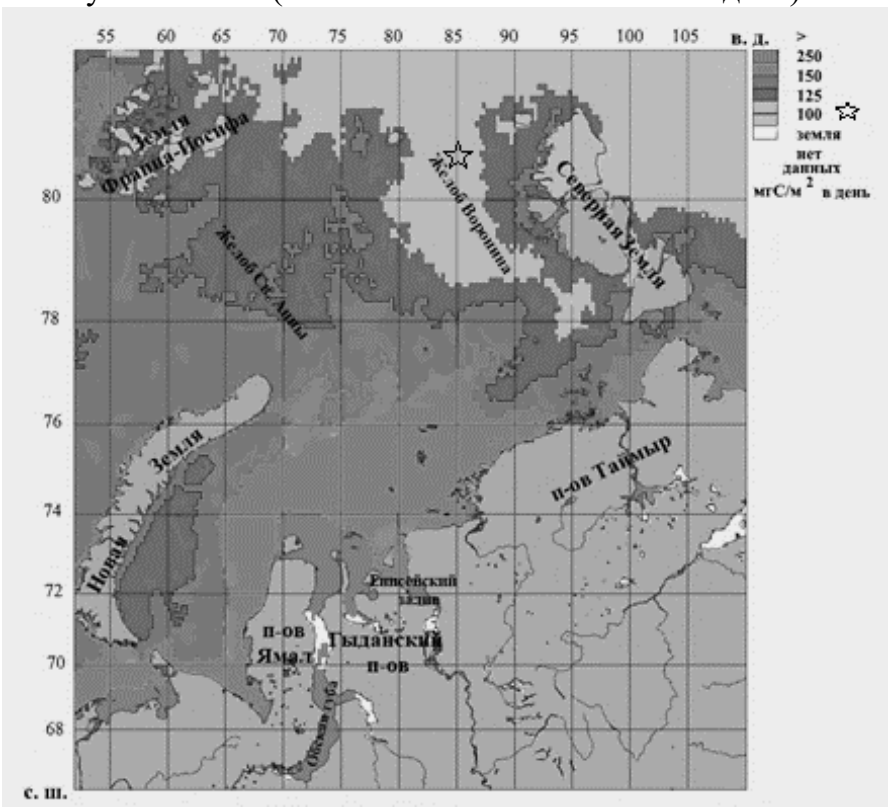


Рис. 2. Среднемноголетняя (2002–2016) картина распределения ИПП в Карском море по спутниковым данным (MODIS-Aqua) и модельным расчетам [1]

Данная работа способствует достижению цели № 14, которая является одной из 17-ти направлений в области устойчивого развития, установленных Организацией Объединенных Наций в 2015 году. Официальная формулировка - "Сохранение и устойчивое использование океанов, морей и морских ресурсов в целях устойчивого развития".

Выводы:

- Первичная продукция в восточной части Карского моря в конце сентября – начале октября (17 – 29 мгС/м^2 в день) соответствовала ультраолиготрофному уровню.
- Первичная продукция в исследованный период лимитировалась экстремально низкой надводной и подводной облученностью.
- На разрезе «Восточный» наиболее физиологически активный фитопланктон был сосредоточен в северной части, ближе к ледовой кромке. В опресненных водах южной части разреза ассимиляционная активность фитопланктона снижалась.

Литература:

1. Демидов А.Б., Шеберстов С.В., Гагарин В.И. Пространственная изменчивость первичной продукции и продукционное районирование Карского моря по данным сканера MODIS-Aqua // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 153–162. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-153-162.

2. Holm-Hansen O., Lorenzen C.J., Holmes R.W., Strickland J.D.H. Fluorometric determination of chlorophyll // J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 1965.V. 30. P. 3-15.

3. Holm-Hansen O., Riemann B. Chlorophyll a determination: improvements in methodology // Oikos. 1978. V. 30. P. 438–447.

4. Lohrenz S.E. Estimation of primary production by the simulated *in situ* method // ICES mar. Sci. Symp. 1993. V. 197. P. 159–171.

УДК 55:550.4:550.42

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СТРОНЦИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ МОСКВЫ И ДРУГИХ РЕГИОНОВ РОССИИ

Ускова Полина Дмитриевна
Магистрант, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, uwla.posle.9klassa@mail.ru
Шатагин Константин Николаевич*
Кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук, Москва, Россия, k.shatagin@mail.ru
Гричук Дмитрий Владимирович*
Д.г.-м.н., профессор, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, grichuk@geol.msu.ru

Ключевые слова: *экология; устойчивое развитие; Rb–Sr изотопная геохронология, геохимия, биотит, частичное растворение.*

STRONTIUM ISOTOPIC COMPOSITION OF DRINK WATERS IN MOSCOW AND OTHER REGIONS OF RUSSIA

Uskova Polina Dmitrievna
Master student, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, uwla.posle.9klassa@mail.ru
Shatagin Konstantin Nikolayevich*
Ph.D. of Geologo-Mineralogical Sciences, leading Researcher, Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, k.shatagin@mail.ru
Dmitry Vladimirovich Grichuk*
Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, grichuk@geol.msu.ru

Keywords*: ecology; sustainable development; Rb–Sr isotopic geochronology, geochemistry, biotite, partial dissolution.*

Strontium is very close to calcium in its properties. If this element enters the body in increased doses for a long time, it is able to gradually displace calcium ions from bone tissues and leads to strontium rickets. This is expressed in serious deformities of the osteoarticular system and can lead to disability. Strontium accumulates especially quickly in the child's body, contributing to growth retardation. Systematic studies of Sr isotopy in water have not been carried out for the European part of Russia to date.

Стронций является биологически активным компонентом в биосфере. Избыток стронция в организме человека может приводить к заболеваниям [1]. Одним из основных путей поступления стронция в организм человека считается питьевая вода. Проследить этот путь можно по изотопному составу стронция, однако для реализации такого метода необходимы знания изотопного состава возможных источников воды. Хотя общие закономерности формирования изотопного состава стронция в поверхностных и грунтовых водах в целом установлены [2], для Европейской части территории России систематические исследования изотопии Sr в воде до настоящего времени не проводились. Цель работы заключалась в установлении картины распределения изотопных отношений стронция в воде из источников водоснабжения населения на указанной территории.

Для анализа были отобраны пробы воды из систем централизованного водоснабжения, а также образцы бутилированной воды. Анализ изотопного состава Sr выполнялся в лаборатории изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН.

Для выпаривался воды образец помещался в виал и выдерживался на плитке с температурой поверхности 150°С до образования сухого остатка. При необходимости процедура повторялась несколько раз. Затем к каждому образцу добавляли 1 мл 6М HCl и повторяли выпаривание до сухих солей. Выделение Sr из полученных образцов проводилось методом ионной хроматографии в колонках, изготовленных из кварцевого стекла, емкостью 3 мл и помещенной внутрь ионообменной смолой BioRad AG 50x8 200-400 меш. Использовался элюент 2.3М HCl для промывки колонок и растворения препаратов частично растворенного биотита. Полученные соли растворили в 2.3М HCl и поместили в центрифугу для отделения раствора от труднорастворимых солей. Основываясь на калибровочном графике, была выделена фракция Sr для масс-спектрометрического исследования.

Полученные препараты Sr из образцов были изучены на многоколлекторном термоионизационном масс-спектрометре Micromass Sector 54. При измерении изотопов стронция проводили учет эффекта дискриминации масс нормируя изотопные отношения $^{84}Sr/^{86}Sr$ и $^{87}Sr/^{86}Sr$ к принятому для этой цели значению $^{86}Sr/^{88}Sr=0.1194$.

Проведено изучение изотопного состава стронция в пробах питьевой (бутилированной и из-под крана) воды различных регионов России и самые контрастные регионы показаны в табл. 1.

Таблица 1

Полученные результаты

Объект анализа	**Регион**	**$^{87}Sr/^{86}Sr$***
Бутилированная вода «Малка»	п-ов Камчатка, п. Малки	0,70438
Бутилированная вода «ТБАУ»	Северная Осетия-Алания	0,70705
Бутилированная вода «Elbrus»	Кабардино-Балкария	0,70742
Водопроводная вода жилого дома	г. Ногинск Московской области	0,70896
Водопроводная вода Главного здания МГУ	Москва	0,71005
Водопроводная вода ИГЕМ РАН	Москва	0,71020
Водопроводная вода ГЕОХИ РАН	Москва	0,71014
Бутилированная вода «Куртяевская»	г. Северодвинск	0,71112
Водопроводная вода ВСЕГЕИ	г. Санкт-Петербург	0,71434
Водопроводная вода жилого дома	г. Петрозаводск	0,72347

*-величина погрешности составляет 0,005%

Камчатская вода среди всех проб показала самое низкое изотопное отношение $^{87}Sr/^{86}Sr$ отношение из-за новейших пород с возрастом меньше 30 млн. лет.

Регионы Кавказа демонстрируют изотопное соотношение 0,707 вследствие наличия разновозрастных (от докембрийских до юрских) пород.

Пробы из г. Москвы мало чем отличаются одна от другой, в среднем показывают изотопное отношение стронция равное 0,710 т.к. геология города представлена в основном осадочными породами.

Пробы Санкт-Петербурга и Петрозаводска имеют одни из самых больших изотопных отношений. В данных регионах на поверхность выходит балтийский щит, сложенный архейскими породами, что обуславливает такое значительное изотопное отношение.

Таким образом изотопный состав стронция в воде определяется геологической обстановкой региона, а точнее его средним возрастом горных пород, с которым соприкасается вода в естественных условиях.

Результаты исследования показывают, что питьевые воды на территории России имеют широкий диапазон изотопных составов $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,704-0,723), в целом коррелирующийся с изотопным возрастом дочетвертичных пород, являющихся, вероятно, источником стронция для гидросферы. Это открывает перспективу идентификации источников стронция в организмах при эколого-геохимических исследованиях.

Выполнение данной научной работы будет способствовать достижению 6 цели устойчивого развития «Чистая вода и санитария».

Литература:

1. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г. Экологическая эпидемиология. М.: Издательский центр «Академия». - 2004. - 384 с.

2. Palmer M.R., Edmond J.M. Controls over the strontium isotope composition of river water. // Geochimica et Cosmochimica Acta, 1992, vol. 56. no. 5, 2099-2111.

УДК 631.416.9661.632.14

ТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НИТРАТА АММОНИЯ ПРИ ДОБАВКЕ В ЕЕ ПЛАВ КАТОДНОГО ПОРОШКА ЛИТИЙ-ИОНОВЫХ БАТАРЕЙ

Фазилова Мукаддас Халиловна
базовый докторант, Хорезмская академия Маъмуна АН РУз, Хива, Узбекистан, fazilovamukaddas@gmail.com
Алимов Умарбек Кадырбергенович
д.т.н., старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, umaralihonalimov@mail.ru
Хасанов Шодлик Бекпулатович
канд. хим. наук, ст. науч. сотр., Хорезмской академии Маъмуна АН РУз, Хива Узбекистан, shadlik@mail.ru

Ключевые слова: *ammonium nitrate, lithium-pion cathode batteries, thermal analysis*

THERMAL STUDIES OF AMMONIUM NITRATE WITH THE ADDITATION OF CATHODE POWDER OF LITHIUM-ION BATTERIES TO ITS MELTING

Fazilova Mukaddas Halilovna
Basic doctoral student, Khorezm Academy of Mamun of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Khiva, Uzbekistan, ahmadjonov.ahmadjon34@mail.ru
Alimov Umarbek Kadirbergenovich
Doctor of technical sciences, senior fellow, leading fellow, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, umaralihonalimov@mail.ru
Hasanov Shodlik Bekpulatovich
PhD in chemistry, senior fellow, Khorezm Academy of Mamun of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Khiva, Uzbekistan shadlik@mail.ru

Keywords: *phosphogypsum, sodium carbonate, calcium carbonate, sodium sulfate, degree of conversion, concentration, norm*

The influence of the used lithium-ionium cathode powder on the thermal characteristics of ammonium nitrate with the addition of 0.5 g to the melt in relation to 100 g of nitrate was studied. It has been established that the addition of a powder containing valuable metals significantly increased the temperature effect of saltpeter polymorphic transformations and can be used in the future as a promising additive.

Аммиачная селитра является гигроскопичным и слеживающим продуктом среди известных азотных удобрений, используемые для выращивания сельскохозяйственных продуктов. Мировое производство аммиачной селитры превышало с 41,18 до 50,6 млн т (100%-ного N) в период 2009 до 2020 гг. Крупными производителями аммиачной селитры являются страны, производственная доля, которых составляет примерно 50,5% от общего мирового объем данного продукта. В список этих стран входят США (17%), РФ (14%), Франция (5%), Бразилия (2,5%), Великобритания (2%), а остальная часть относится странам Ближнего и Дальнего зарубежья (Казахстан, Узбекистан, Грузия, Перу, Литва, Турция и др.) [1, 2]. Однако аммиачная селитра несмотря ее перспективным азотным удобрением, она имеет две серьёзные недостатки: повышенная пожаро- и взрывоопасность, а также слеживаемость [3]. Это связано с ее полиморфными превращениями при влиянии влаги и температуры внешней среды. При выше 210 ^{o}C аммиачная селитра подвергается взрыву благодаря склонности ее окислительно-восстановительному процессу, что связано различной степенью окисления азота (+3 и +5) в ней. В данном исследование излагается результаты термических исследований аммиачной селитры при добавке в ее плав

микроэлементсодержащего материала – катодного материала использованных литий-ониевых батареи. Массовое соотношение аммиачная селитра: катодный порошок брали строго 0,5 г в отношении 100 г нитрата аммония квалификации «хч». Влияние изучаемой катодной микроэлементсодержащего порошка на кинетику полиморфного превращения IV→III, III→II, II→I и I→плав получаемых удобрений проводили дифференциально-термический анализ (ДТА) с фиксацией их теплового эффекта. ДТА-исследованных образцов проводили в интервале температур в интервале нагрев-охлаждение, проводимое в пределах от 25 до 175°С – от 175 до 25°С на приборе NETSCH STA 409 PC/PG. Методика исследования заключалась в следующем: исходный образец с постоянной скоростью 2°С/мин нагревали до температуры плавления и далее охлаждали до температуры 25°С. Для исследований отобрали образцы неслёживающейся аммиачной селитры с добавкой порошка. Результаты приведены на рисунке. Как видно из рисунка, что существует полиморфный переход IV→III обеспечивающий относительно большую деформацию кристаллической решетки.

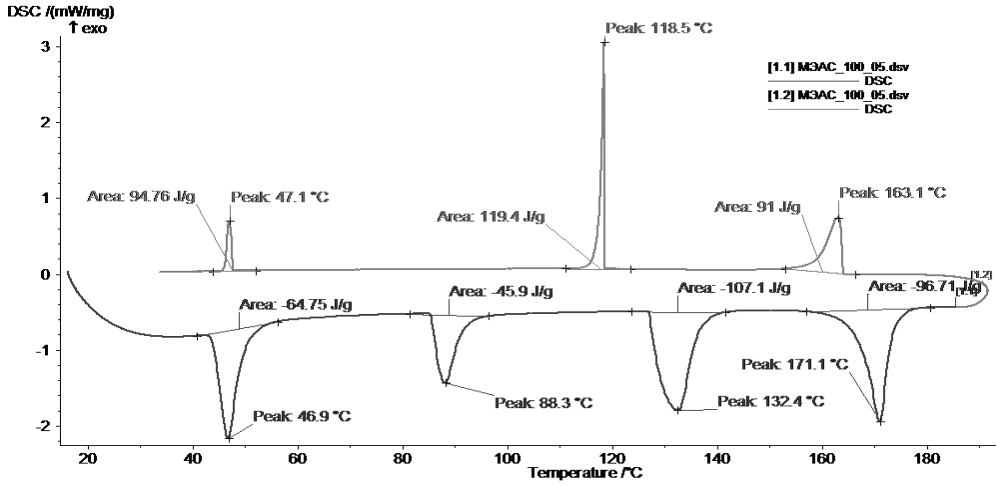


Рис. 1. Нагрев и охлаждение аммиачной селитры с добавкой литий-ониевого катодного порошка

При этом выявлен температурный переход IV→III, III→II, II→I и I→плав для (аммиачная селитра: катодный порошок = 100 : 0,5) изменяются соответственно 46,9; 88,3; 132,4 и 171,1 °С; соответственно. Тогда как плавление чистого нитрата аммония без добавки, обычно IV→III; III→II; II→I и I→плав порядок протекает через превращения полиморфного перехода: IV→III при 46°С, III→II при 85°С, II→I при 126°С, а фазовый переход (I→плав), соответствующий плавлению нитрата аммония, при $T_{плавления}$ = 169°С [4]. Это говорит о том, что ценные металлы ощутимо влияют на термические поведения аммиачной селитры и могут в будущем эффективно использоваться для безопасного применения селитры.

Литература:

1. Волкова А.В. Рынок минеральных удобрений - 2019 / Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики Центр развития. 2019. 52 с.
2. РБК. Исследование рынков. Мировой и российский рынок минеральных удобрений // http://marketing.rbc.ru
3. Аммиачная селитра: свойства, производство, применение / Чернышов А.К., Левин Б.В., Туголуков А.В., Огарков А.А., Ильин В.А. – М.: ЗАО «ИНФОХИМ». 2009. 544 с.
4. Технология аммиачной селитры / Под ред. проф. В.М.Олевского. – М.: Химия. – 1978. – 312 с.

УДК 631.589

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОПОННЫХ РАСТВОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ХЕЛАТИРУЮЩЕЙ ФОРМЕ

Харитонов Александр Эдуардович
Аспирант, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Институт химии и проблем устойчивого развития, Москва, Россия, serdiner2016@yandex.ru
Пищаева Ксения Витальевна
Аспирант, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Институт химии и проблем устойчивого развития, Москва, Россия

***Ключевые слова*:** *гидропоника; гидропонный раствор; микроэлементы в хелатирующей форме; хелат железа*

ANALYSIS OF THE PRODUCTION AND USE OF HYDROPONIC SOLUTIONS WITH THE USE OF TRACE ELEMENTS IN CHELATING FORM

Kharitonov Alexander Eduardovich
Postgraduate student, D. I. Mendeleev Russian State Technical University, Institute of Chemistry and Problems of Sustainable Development, Moscow, serdiner2016@yandex.ru
Pishchaeva Ksenia Vitalievna
Postgraduate student, D. I. Mendeleev Russian State Technical University, Institute of Chemistry and Problems of Sustainable Development, Moscow

Keywords: *hydroponics; hydroponic solution; trace elements in chelating form; iron chelate*
The synthesis of a hydroponic solution involves combining various nutrients in the right amounts to create a balanced mixture capable of supporting plant growth. Chelate complexes are also one of the important elements of a hydroponic solution - a form of trace elements used in hydroponics to improve the availability of trace elements for plants. The use of a domestic analogue of hydroponic solutions will reduce the cost of this method of growing plants, which will have great potential in Russia, especially in a harsh climate and limited land resources.

Использование гидропоники вносит весомый вклад в устойчивое развитие, обеспечивая продовольственную безопасность, экономическую эффективность и охрану окружающей среды.

Преимуществами гидропонного метода выращивания растений считаются:

- Экономия воды - вода в гидропонной системе циркулирует и повторно используется;
- Экономия земельных ресурсов;
- Уменьшение использования пестицидов;
- Снижение транспортных расходов – выращивание вблизи от места продажи.

Гидропонный раствор - питательная среда для роста растений, состоящий из макро- и микроэлементов, необходимых для нормального развития растений, такие как азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо, марганец, цинк, медь, бор и молибден. Также особенно важно следить за правильностью смешивания компонентов и контролем pH раствора для обеспечения оптимальных условий для роста и развития растений.

Хелатные комплексы - форма микроэлементов, используемая в гидропонике для улучшения доступности микроэлементов для растений. Создается путем связывания микроэлементов с хелатирующим агентом, таким как этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА). Хелат железа участвует в синтезе хлорофилла, кислородно-несущих

белках и других важных компонентах растения. Без достаточного количества железа, растения становятся более слабыми, перестают расти и порой могут умереть [1].

Одним из ведущих производителей гидропонных растворов и систем являются компании: General Hydroponics, GHE, Canna, Advanced Nutrients. Отечественные растворы производятся такими компаниями, как «Сады России», «Зеленый Мир», «Hydrobiolab». Отличия между отечественными и импортными растворами заключаются в технологиях производства, используемых компаниями-производителями, и в используемых ингредиентах. В связи с наложенными санкциями импортные растворы обходятся дороже, чем отечественные растворы, из-за стоимости ингредиентов и транспортировки. Однако, импортные растворы имеют более высокое качество и обеспечивают лучшие результаты. Значительным затруднением в разработке нового состава является засекреченная формула и состав готовых импортных растворов у крупных компаний-производителей (Рис. 2).

При разработке отечественного аналога гидропонного раствора следует изучить имеющуюся литературу по гидропонике и выявить наиболее важные элементы, необходимые для роста растений. Затем, необходимо создать специальную гидропонную ферму (Рис. 1), где будут проводиться исследования и эксперименты с различными растениями и составами растворов. Здесь можно будет определить оптимальные пропорции элементов в растворе, а также выявить эффективность российского гидропонного раствора.

Рис. 1. Гидропонные установки

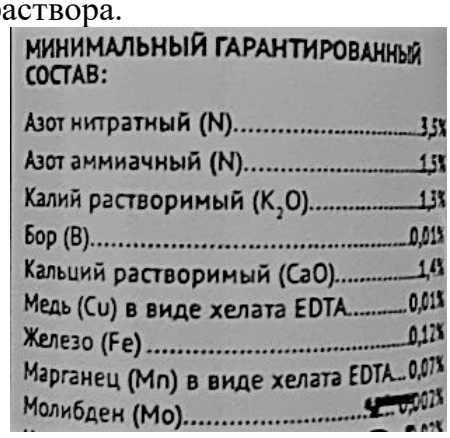


Рис. 2. Состав импортных гидропонных растворов засекречен

Рис. 3. Проведение замеров роста растений

После того, как состав элементов питания был определен, можно начать оптимизировать их концентрацию в растворе. Это может быть выполнено путем проведения опытов на выращивании различных растений в разных концентрациях растворов, и выбора тех, которые дали наилучшие результаты. Для сравнения нового экспериментального состава использовали аналоги гидропонных растворов, которые в связи с санкциями значительно подорожали (GHA, General Hydroponics, Advanced Nutrients, Botanicare и др.). А также необходимо учитывать различные факторы, такие как pH раствора, температура, освещение, влажность.

Важно отметить, что разработка нового состава гидропонного раствора может быть достаточно трудоемкой и необходимо проводить регулярное тестирование и оптимизацию раствора, чтобы гарантировать максимальную эффективность и качество выращиваемых растений.

По окончании исследований и экспериментов для получения российского гидропонного раствора необходимо провести сертификацию, чтобы убедиться в его безопасности и качестве. В результате будет создан российский аналог гидропонного

раствора, который станет основой для выращивания здоровых и питательных растений без почвы, который будет порядком дешевле импортных аналогов, ничем не уступая по качеству и доступности.

Стоимость разработки нового гидропонного раствора может значительно варьироваться в зависимости от многих факторов, таких как состав, объем партии, необходимость исследований и тестирования.

На данный момент для проведения сравнительного эксперимента синтезированного питательного состава с готовым импортным раствором GHA выполнено следующее:

-синтезирован экспериментальный гидропонный питательный состав;

-закуплена аппаратура и растворы для запуска гидропонной фермы;

- запущена гидропонная ферма, подготовлено освещение, изолировано помещение для чистоты проводимого опыта;

-рассажены экспериментальные растения (дайкон, томат, салат, кориандр, укроп, базилик);

-проводятся наблюдения, замеры роста (Рис. 3) и поддержание pH раствора,

Исследование направлено на достижение целей устойчивого развития:

Цель 2 - Ликвидация голода;

Цели 15 - Рациональное использование экосистем суши.

Научная работа выполняется при финансовой поддержке РХТУ имени Д.И. Менделеева в рамках внутреннего инициативного гранта № ВИГ-2022-037.

Литература:

1. Jacobson L. Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylenediamine tetraacetate // Plant Physiol. 1951. V. 26. No. 2. P. 411–413. doi: 10.1104/pp.26.2.411

УДК 661.632:661.56

РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ЖИДКОФАЗНОЙ КОНВЕРСИИ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ГРАНУЛИРОВАННОГО СУЛЬФАТА АММОНИЯ

Холмуродов Жамшид Эркинович
базовый докторант, Наманганский инженерно-технологический институт, Наманган, Узбекистан, erkinovichjamshid@mail.ru
Раджабов Рузмат
Старший научный сотрудник, к.х.н., Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, radjabov.r@yandex.com
Намазов Шафоат Саттарович
проф., акад., д.т.н., заведующий лабораторией, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com
Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
д.т.н., проф., главный научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, atanazar77@mail.ru
Реймов Ахмед Мамбеткаримович*
проф., д.т.н., ректор Каракалпакского государственного университета, Нукус, Каракалпакстан, ahmed_ram@mail.ru

Ключевые слова: *природный гипс; раствор карбоната и сульфата аммония; выпарка и сушка; гранулированный сульфат аммония; мел*

CALCULATION OF MATERIAL FLOWS OF LIQUID-PHASE CONVERSION OF CALCIUM SULPHATE WITH OBTAINING GRANULATED AMMONIUM SULPHATE

Kholmurodov Jamshid Erkinovich
Basic doctoral student, Namangan Institute of Engineering and Technology, Namangan, Uzbekistan, erkinovichjamshid@mail.ru
Radjabov Ruzmat
Senior Researcher, candidate of chemical science , Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, radjabov.r@yandex.com
Namazov Shafoat Sattarovich
Professor, doctor of technical sciences, academician, Head of laboratory, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: diana-ye@yandex.com
Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich
Doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru
Reymov Akhmed Mambetkarimovich
Professor, doctor of technical sciences, Rector of Karakalpak State University, Nukus, Karakalpakstan, ahmed_ram@mail.ru

Keywords: *natural gypsum; solution of ammonium carbonate and sulfate; evaporation and drying; granular ammonium sulfate; chalk.*

The process of liquid treatment of natural gypsum of the deposit (45.83% SO_3, 32.26% CaO and 1.58% insoluble residue) with a 50% ammonium carbonate solution within its norms of 100-110% in the presence of a circulating sulfate ammonium solution was studied. 25-35% $NH_2)_2SO_4$ at a temperature of 50°C in order to obtain a concentrated solution of the product (more than 40% $NH_2)_2SO_4$). Thermal calculations indicate that for the stage of drying and

granulation of a saturated solution of $NH_2)_2SO_4$ in a drum-granulator-dryer (D / L = 0.28, D = 4.5 m and L = 16 m), where the performance of the apparatus is moisture removal is about 8 tons/h H_2O. Specific consumption rates per 1 ton of finished products: sulfuric acid - 0.71 tons; ammonia - 0.17 tons; natural gas - 64.3 nm^3.

В работе [1] нами разработана технология получения насыщенного раствора сульфата аммония к близкому насыщению на основе бессатураторной и конверсионной схеме производства: нейтрализация отработанной серной кислоты газообразным синтетическим аммиаком; жидкостная конверсия тонкоизмельченного гипса 50%- ным раствором карбонатом аммония. В настоящей рассматриваются пути материальные потоки жидкофазной конверсии сульфата кальция на сульфат аммония и карбонат кальция.

В секции конверсии фильтрации часовые материальные потоки стадии конверсии природного гипса и фильтрации мела представлены на рис. 1.

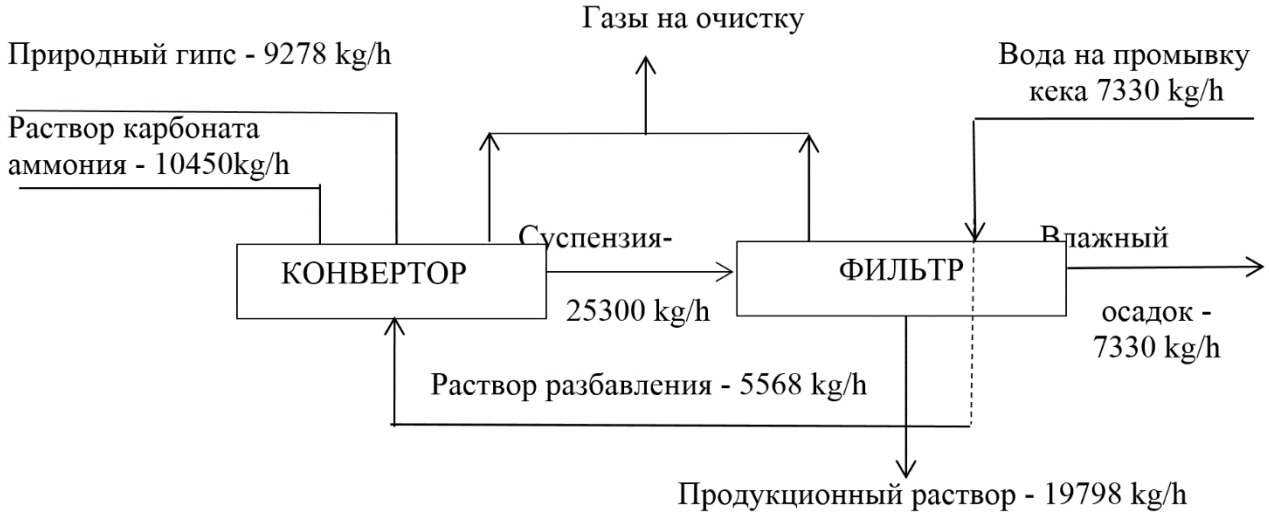


Рис. 1. Материальные потоки стадии жидкофазной конверсии гипса и фильтрации суспензии мела.

При заданной мощности установки по производству гранулированного сульфата аммония - 50 тыс. тн. в год, узел жидкофазной конверсии сульфата кальция имеет показатели: объёмная скорость реакционной массы – 16,6 м^3/час (25,3 тн/h); Концентрация сульфата аммония в суспензии – 35%; Время пребывания реакционной массы в конверторе – 1,5-2,0 час; Степень конверсии природного гипса – 99,5%; Скорость фильтрации суспензии карбоната кальция по основной зоне фильтрации (на сухой осадок) – 1,6-2,0 тн/м^2··час.

В секции фильтрации для расчётов искомой площади поверхности промышленного фильтра съем осадка $CaCO_3$ из его суспензии, принимаем как 400 kg/(час·м^2). По материальному балансу часовой съем влажного осадка, составит 7330 kg/(м^2·ч). С учетом влажности осадка (25%) съем сухого осадка, составит: $G_{сух.ос.} = 7330(1 - 0{,}25) = 5500\ \text{kg/(м}^2 \cdot \text{ч)}$.

Требуемая общая рабочая площадь поверхности фильтра составляет: $F_{раб.} = \frac{G_{сух.}}{400(1-0{,}35)} = \frac{5500}{400(1-0{,}35)} = 21\ \text{м}^2$.

Выполнены расчеты стадии выпарки конверсионного раствора сульфата аммония со следующими данными: Производительность установки по исходному раствору – 19687 kg/час, или 15,84 м^3/час (19687/1,2429); Концентрация раствора: исходного, $b_{нач.}$ – 35% масс.; упаренного, $b_{кон.}$ – 46% масс.; количество выпариваемой

воды, W_{H_2O} = 4742 kg/h; температура раствора. $t_{\text{нач.}}$. – 50°C; Схема часового баланса материальных потоков на стадии выпарки конверсионного раствора сульфата аммония представлена на рис. 2.

В секции сушки и гранулирования сульфата аммония для сушки и гранулирования используется выпаренный конверсионный раствор, который представляет собой близкий к насыщению (45-46% $(NH_4)_2SO_4$) водный раствор сульфата аммония. Оба процесса осуществляются одновременно, в одном аппарате - в барабанном грануляторе-сушилке (БГС). Схема баланса материальных потоков сушки и гранулирования представлены на рис. 3.

С учётом скорости подачи исходного раствора влажностью $G_{\text{н}}$45% (46% $(NH_4)_2SO_4$) - 14,945 тн./h (4,15 м/с); производительности сушилки по испаряемой влаге (W_{H_2O}) – 7,908 тн./h (2,19 кг/с); - выхода высушенного продукта с остаточной влагой 1% ($G_{\text{к}}$)– 6,944 тн./час (1,93 кг/с).

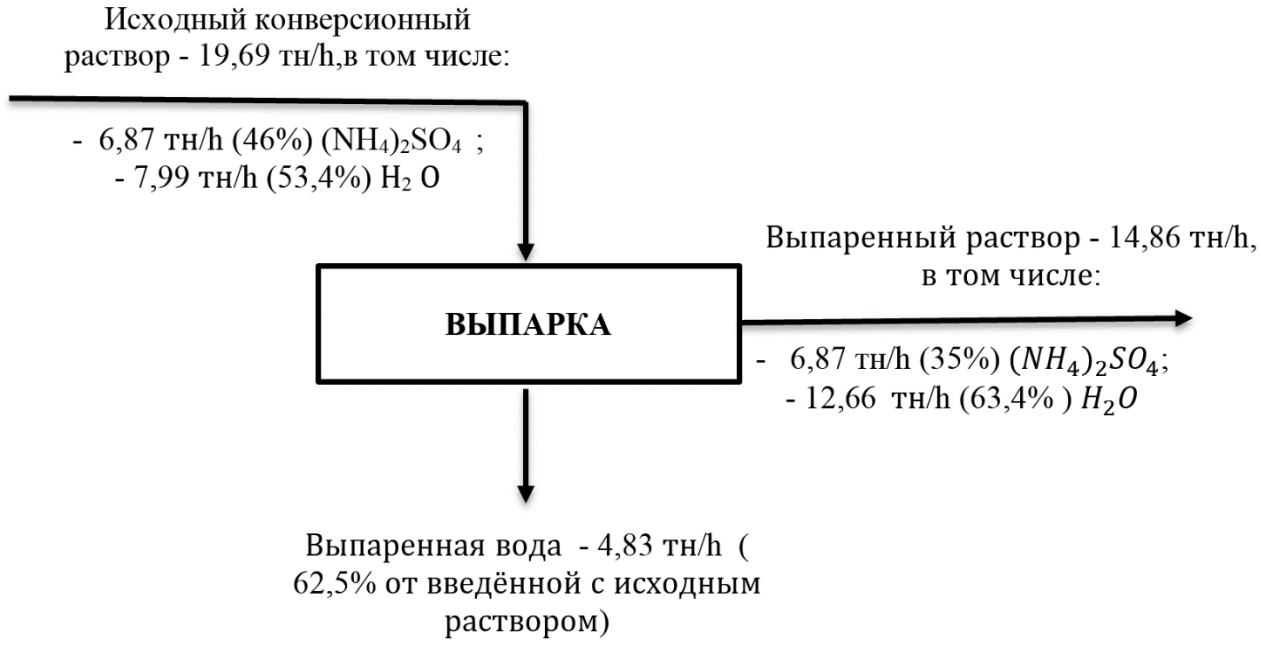


Рис. 2. Схема материальных потоков стадии выпарки конверсионного раствора сульфата аммония.

Рис. 3. Схема материальных потоков стадии сушки и гранулирования в сульфата аммония.

Рассмотренный способ можно рекомендовать для технологического процесса конверсии гипса, где извне требуется тепловая энергия для выпарки раствора с концентрации 35% $(NH_4)_2SO_4$ до 46% и выше.

Исследование направлено на достижение Цели 2: Получение высоких урожаев из сельскохозяйственных культур с целью ликвидации голода.

Литература:

1. Холмуродов Ж.Э., Раждабов Р., Шеркузиев Д.Ш., Намазов Ш.С. Разработка упрощённой технологии производства, сульфата аммония гранулированного, на основе совмещённых схем нейтрализации серной кислоты аммиаком и углеаммонийной конверсией природного гипса. // Химическая промышленность. – 2020. – т. 97. – № 2. – С.65-70.

УДК 571.27

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ МРНК СУБЪЕДИНИЦ ГЕТЕРОМЕРНЫХ НИКОТИНОВЫХ АЦЕТИЛХОЛИНОВЫХ РЕЦЕПТОРОВ (НАХР) ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ФЕНОТИПОВ МАКРОФАГОВ ЧЕЛОВЕКА

Холошенко Инна Владимировна

Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия; Институт биоорганической химии имени академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Москва, Россия, innakholos5@gmail.com

Шелухина Ирина Валерьевна*

Д.х.н., заведующая лабораторией нейроиммунных процессов, Институт биоорганической химии имени академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Москва, Россия, shelukhina.iv@yandex.ru

Ключевые слова: *сепсис; никотиновые ацетилхолиновые рецепторы; макрофаги; моноциты; Цели устойчивого развития*

DETERMINATION OF THE EXPRESSION LEVEL OF MRNA SUBUNITS OF HETEROMERIC NICOTINIC ACETYLCHOLINE RECEPTORS (NACHR) FOR VARIOUS FUNCTIONAL STATES OF HUMAN MACROPHAGES

Kholoshenko Inna Vladimirovna

Student, Dmitry Mendeleev University of of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia; Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, RAS, Moscow, Russia, innakholos5@gmail.com

Shelukhina Irina Valerievna*

Doctor of Chemistry, Head of the Laboratory of Neuroimmune Processes, Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, RAS, Moscow, Russia, shelukhina.iv@yandex.ru

Keywords: *sepsis; nicotinic acetylcholine receptors; macrophages; monocytes, Sustainable development goals*

The wide prevalence and high mortality of sepsis indicates that we are still far from fully understanding the mechanisms of systemic inflammatory processes and, as a consequence, the developed ways of treating sepsis are not effective enough. Cholinergic anti-inflammatory reflex makes a significant contribution to the suppression of sepsis, this process is also accompanied by changes in the level of expression of surface protein markers of macrophages involved in inflammation and immunosuppression in sepsis, which opens up new possibilities for the creation of medical drugs. In this scientific work for the first time we show the subunit composition and functional activity of heteromeric nAChRs consisting of combinations of α1-α10 and β2-β4 subunits expressed by monocytes and macrophages M1 and M2.

Одной из целей устойчивого развития является реализация здорового образа жизни и обеспечение благополучия людей, обеспечение доступных услуг здравоохранения и профилактика заболеваний. Несмотря на значительные успехи в данной области, сепсис по-прежнему остаётся широко распространённым и высоколетальным заболеванием. Сепсис определяется как опасная для жизни дисфункция органов, вызванная нерегулируемой иммунной реакцией организма на инфекцию. Сепсис может развиться как осложнение практически любого инфекционного заболевания (ОРВИ, ОРЗ, COVID-19, ВИЧ-инфекция, инфицирование ран, ожогов), при этом люди с пониженным иммунным статусом находятся в группе риска (пожилые люди, пациенты с хроническими заболеваниями, ВИЧ-инфекцией). Высокая летальность и широкая распространенность свидетельствуют о том, что мы

еще далеки от полного понимания механизмов системных воспалительных процессов и, как следствие, разработанные пути лечения сепсиса недостаточно эффективны. Моноциты и дифференцирующиеся из них макрофаги продуцируют про- и антивоспалительные цитокины, которые играют важную роль в патогенезе различных воспалительных заболеваний: сепсиса, ревматоидного артрита и других. В ряде лабораторий было установлено снижение экспрессии провоспалительных цитокинов (например, TNF-α и IL-6) при активации гомопентамерного α7 никотинового ацетилхолинового рецептора (α7 нАХР) макрофагов в ответ на стимуляцию блуждающего нерва, которая сопровождалась выработкой ацетилхолина Т-лимфоцитами. Данный «холинергический противовоспалительный рефлекс» вносит существенный вклад в подавление сепсиса. Недавно было впервые показано, что этот процесс также сопровождается изменениями уровня экспрессии поверхностных белковых маркеров макрофагов, вовлеченных в воспаление и иммуносупрессию при сепсисе, что открывает новые возможности для создания лекарственных соединений [1]. Роль гетеромерных нАХР, состоящих из α и β субъединиц малоизучена. Целью данной работы является изучение роли различных фенотипов макрофагов и впервые определение субъединичного состава гетеромерных нАХР, состоящих из комбинации α1-α10 и β2-β4 субъединиц, экспрессируемых моноцитами и макрофагами М0, М1 и М2. В данной работе использовали моноцитарную клеточную линию человека THP-1, которую дифференцировали в неполяризованные макрофаги М0 добавлением PMA, далее в классически активированные макрофаги М1 под действием LPS и альтернативно активированные М2 под действием IL-13/IL-4. Для метода ПЦР в реальном времени были подобраны пары праймеров и оптимальные условия амплификации. В результате была обнаружена экспрессия мРНК у данных образцов широкого спектра субъединиц нАХР: α4, α5, α7, α9, α10, β2, β4. Дифференцировка моноцитов клеточной линии THP-1 в неполяризованные макрофаги М0 приводила к снижению экспрессии мРНК α7 нАХР и увеличению α9, β2, β4 субъединиц нАХР (Рис.1). При последующей классической поляризации макрофагов (М1) было снижение уровня мРНК α9 и β2, β4 субъединиц фактически до их уровня представленности в исходных моноцитах THP-1 (Рис.2). Альтернативная поляризация макрофагов (М2) приводила к дальнейшему повышению уровня мРНК α5 и α9 субъединиц нАХР (Рис.3).

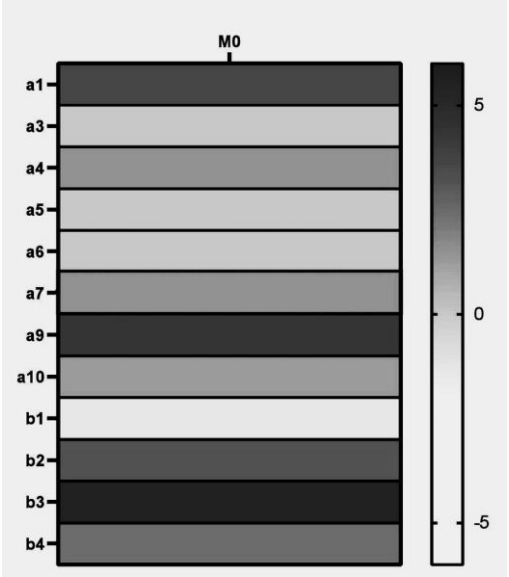


Рис.1. Изменение уровня экспрессии мРНК субъединиц для неполяризованных макрофагов М0

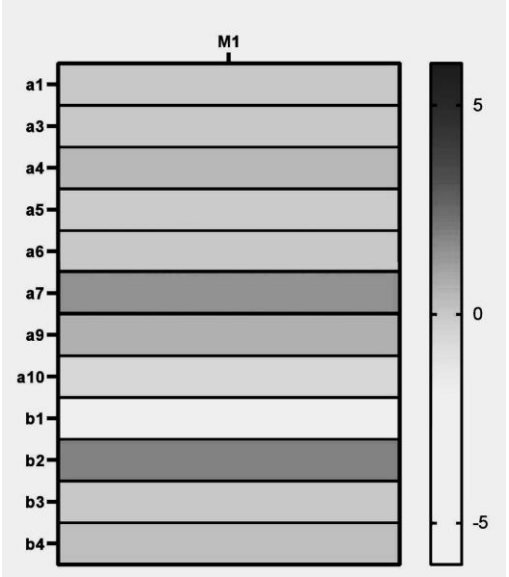


Рис.2. Изменение уровня экспрессии мРНК субъединиц для классически поляризованных макрофагов М1

Выявили, что выраженными оказались изменения экспрессии следующих субъединиц гетеромерных нАХР: α9, α5, β2, β4. α9 субъединица способна формировать как гомопентамерный ионный канал, так и в комбинации с α10 – гетеропентамерный α9α10 нАХР. Стоит отметить, что также подверженная изменениям профиля экспрессии мРНК α7 субъединица способна комбинироваться в гетеромерные α7β2, α7α10 нАХР. α5 и β2 субъединицы являются структурными и могут комбинироваться с α2, α4, α6, α7 субъединицами.

Изменения профиля экспрессии ряда субъединиц нАХР в зависимости от функционального состояния макрофагов могут указывать на потенциально важную роль этих рецепторов в специфических защитных реакциях данных клеток.

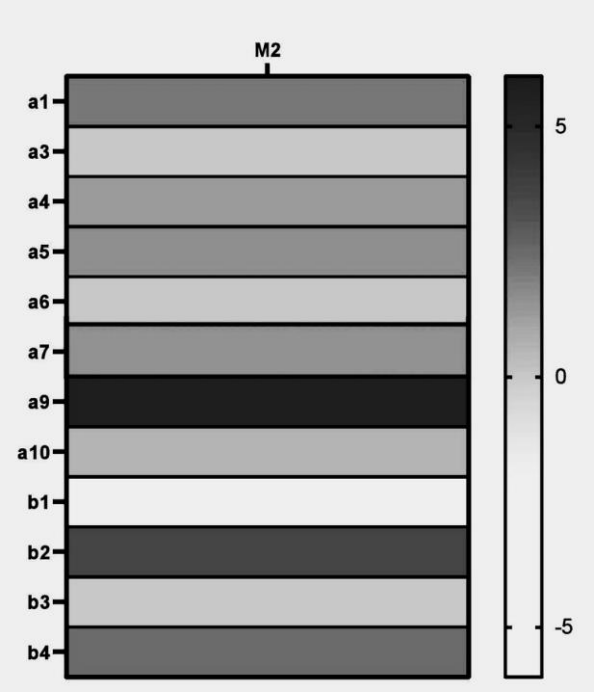


Рис.3. Изменение уровня экспрессии мРНК субъединиц для альтернативно поляризованных макрофагов М2

Исследование направлено на достижение Цели 3: Хорошее здоровье и благополучие.

Работа поддержана грантом РНФ № 22-24-00769.

Литература:

1. Siniavin, A. E., Streltsova, M. A., Kudryavtsev, D. S., Shelukhina, I. V., Utkin, Y. N., & Tsetlin, V. I. (2020). Activation of α7 Nicotinic Acetylcholine Receptor Upregulates HLA-DR and Macrophage Receptors: Potential Role in Adaptive Immunity and in Preventing Immunosuppression. Biomolecules, 10(4), 507. doi:10.3390/biom10040507

УДК 544.421.081.7:544.421.032.76

АТМОСФЕРНЫЕ РЕАКЦИИ ТРИХЛОРУКСУСНОЙ И МОНОХЛОРУКСУСНОЙ КИСЛОТ

Хомякова Полина Сергеевна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Дмитрия Ивановича Менделеева, Москва, Россия, khomiakova.polina@yandex.ru

Ключевые слова: *экология; атмосфера; Цели устойчивого развития; хлоруксусные кислоты; атомы фтора; константа скорости реакции; масс-спектрометрия*

ATMOSPHERIC REACTIONS OF TRICHLOROACETIC AND MONOCHLOROACETIC ACIDS

Khomyakova Polina Sergeevna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, khomiakova.polina@yandex.ru

Keywords: *ecology; atmosphere; Sustainable Development Goals; chloroacetic acids; F-atom; rate constant; mass-spectrometry*

The paper considers the processes occurring with toxic chloroacetic acids in gas. Kinetics of the reaction of F-atoms with trichloroacetic acid was studied at 293 K using a low-pressure flow reactor. Reactant concentrations was monitored by mass spectrometry combined with molecular beam sampling. The value for the reaction rate constant is obtained k = (4.3 ± 0.8) × 10−11 cm3 molecule−1 s−1. This is an average value was determined by the relative method employing four reference reactions of F-atoms: with 1,1,1-trichloroethane, ethanol, cyclohexane, and 2-fluoroethanol, for which rate constant ratios k/kref = 7.4 ± 1.2, 0.24 ± 0.02, 0.28 ± 0.02, and 0.34 ± 0.04, respectively, were obtained.

Основными источниками попадания галогенсодержащих соединений в окружающую среду является деятельность предприятий органического синтеза, гидролизные, целюллозно-бумажные, деревообрабатывающие, коксо-химические, лакокрасочные, фармацевтические производства.

Хлоруксусные кислоты присутствуют в атмосферном воздухе, дождевой воде, системах поверхностных и сточных вод, в природных водоемах. Эти кислоты представляют опасность для окружающей среды: загрязняют атмосферный воздух, изменяют органолептические показатели воды, губительно действуют на обитателей водоемов, угнетают растительный покров и почву. Благодаря своей устойчивости хлоруксусные кислоты являются активным химическим соединением, негативно воздействующим на природную среду [1-3]. Характер источников и механизм образования ХК зависят от природных факторов: температуры, солнечной радиации, локального состава атмосферы, почвы, осадков и от источников антропогенного происхождения.

Принятые в последние десятилетия международные протоколы и конвенции, такие как Монреальский протокол, обязывают развитые страны и страны с переходной экономикой поэтапно отказываться от некоторых веществ, наносящих вред окружающей среде. К ним относятся, в частности, перхлоруглероды. Исследования в разных странах показали, что при их трансформации в атмосфере образуются токсичные галогенсодержащие кислоты. Окисление галогенированных углеводородов в атмосфере приводит к образованию ряда вторичных загрязнителей, в том числе галогенорганических кислот и альдегидов. Галогенированные уксусные кислоты и альдегиды являются токсичными соединениями. Тропосферное превращение галогенальдегидов составляет конкуренцию газофазным реакциям с фотолизом и мокрым осаждением, тогда как для галогенсодержащих кислот преобладает переход в

жидкую фазу. Наиболее важным окислителем как в тропосферном газе, так и в водной фазе является радикал ОН. Исследования показали [2-4], что хлоруксусные кислоты в природе образуются в атмосфере в результате химических реакций с участием некоторых хлорорганических соединений, главным образом хлорэтилена, тетрахлорэтилена, хлорэтана, которые окисляются в присутствии озона, оксидов водорода, азота и углерода. Хлоруксусная кислота (МХУ), дихлоруксусная кислота (ДХУ) и трихлоруксусная кислота (ТХУ) – продукты атмосферного разложения 1,1,1-трихлорэтана и тетрахлорэтилена, которые широко используются в производстве. Галоген уксусные кислоты имеют свойство накапливаться в природных водах. Информации о поведении ТХУ и МХУ в водной среде недостаточно, особенно учитывая их устойчивость в состоянии водного раствора [2]. Такая же ситуация с реакциями в газовой фазе.

Константа скорости газофазной реакции с гидроксильным радикалом ОН, являющимся основным окислителем атмосферы, известна только для трифторуксусной кислоты [4]. Отмечено, что газофазная реакция радикалов ОН с трифторуксусной кислотой может обеспечить сток этого соединения в тропосфере, которым нельзя полностью пренебречь. Атмосферное время жизни этих кислот по отношению к реакции с радикалами ОН было оценено примерно в 230 дней для n = 1 и 130 дней для n> 1.

Кинетику реакций ТХУ с атомами фтора изучали четырех серий экспериментов, в которых измеряли отношение k1/kref для конкурирующих реакций F-атомов с 1,1,1-трихлорэтаном, этанолом, циклогексаном, и 2-фторэтанола.

F + 1,1,1- CCl_3-CH_3 => Продукты (1) F + CH_3CH_2OH => Продукты (2)

F + FCH_2CH_2OH => Продукты (3) F + C_6H_{12} => Продукты (4)

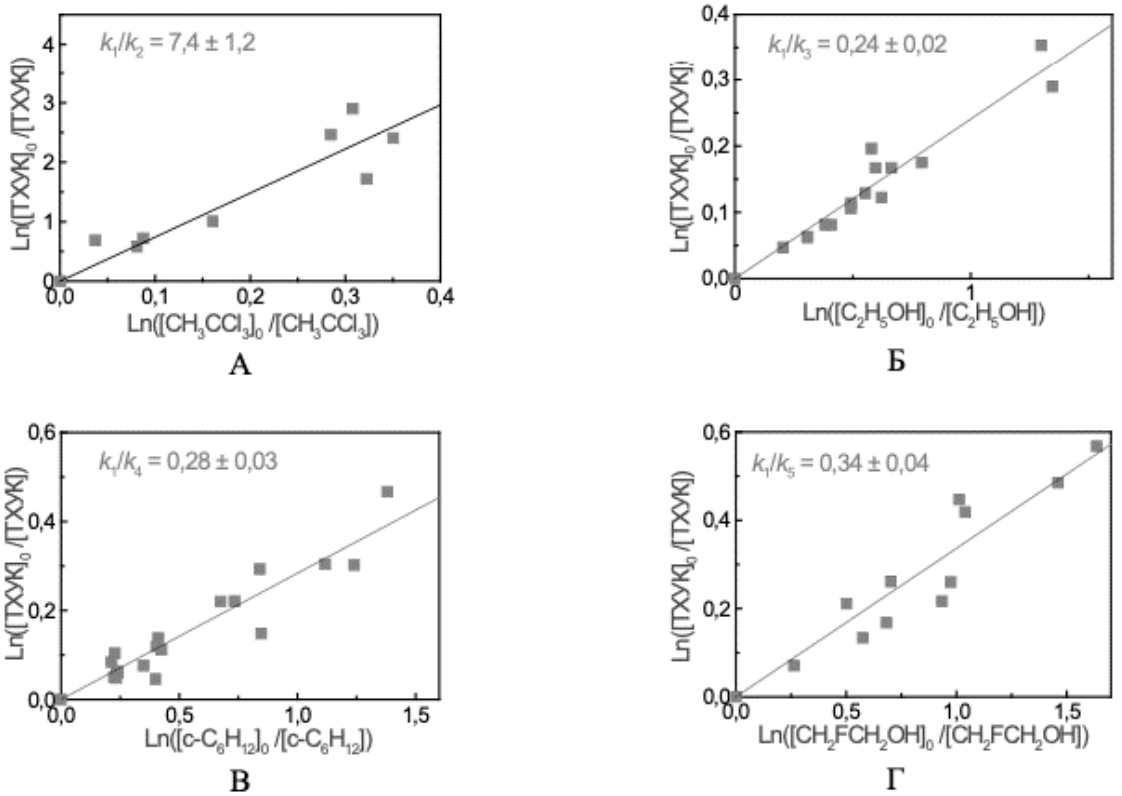


Рис. 1. График относительной скорости реакции атомов F с ТХУ с использованием в качестве реагентов сравнения 1,1,1-трихлорэтана (А), этанола (Б), циклогексана (В) и 2-фторэтанола (Г)

$k = (4,3 \pm 0,8) \times 10^{-11}$ см^3 молекула$^{-1}$ с$^{-1}$.

Это среднее значение, определенное относительным методом с использованием четырех эталонных реакций атомов F: с 1,1,1-трихлорэтаном, этанолом, циклогексаном и 2-фторэтанолом, для которых отношения констант скоростей k/kref = 7,4 ± 1,2, 0,24 ±0,02, 0,28±0,02 и 0,34±0,04 соответственно.

Исследование направлено на достижение тринадцатой цели устойчивого развития: определение уровня загрязнения атмосферного воздуха, установлением связи между образованием токсичных продуктов в результате трансформации наиболее распространённых органических растворителей и реагентов (в данном случае – монохлоруксусной и трихлоруксусной кислоты) с изменением климата и его последствий.

Литература:

1. Lewis T.E., Wolfinger T.F., Barta M.L. The ecological effects of trichloroacetic acid in the environment // Environ Int. (2004). V. 30. P. 1119. https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.04.003
2. Hoekstra EJ. Review of concentrations and chemistry of trichloroacetate in the environment // Chemosphere. (2003). 52, 355-369. doi: 10.1016/S0045-6535(03)00213-3.
3. Weissflog L., Krueger G., Elansky N. et al. Input of trichloroacetic acid into the vegetation of various climate zones - Measurements on several continents //Chemosphere. (2003). V. 52. P. 443. doi: 10.1016/S0045-6535(03)00209-1
4. Atkinson, R.; Baulch, D.L.; Cox, R.A. at al, (1997), Summary of Evaluated Kinetic and Photochemical Data for Atmospheric Chemistry //J. Phys. Chem. Ref. Data, 26, 521 – 1011.
5. Васильев Е. С., Карпов Г. В., Волков Н. Д., Морозов И. И., Савилов С. В., (2021). Общность процессов гидратации хлоруксусных кислот // Химическая физика, 40, 3, 17 doi: 10.31857/S0207401X20120171.

УДК 661.632:661.56

ГРАНУЛИРОВАННАЯ ФОРМА МОНОКАЛЬЦИЙФОСФАТА НА ОСНОВЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ И ИЗВЕСТНЯКА

Хошимов Илхомжон Эркин угли
базовый докторант, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, Emmim1991@mail.ru
Турдиалиева Шахзода Исматуллаевна
Докторант, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com
Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
д.т.н., проф., главный научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, atanazar77@mail.ru
Намазов Шафоат Саттарович
проф., акад., д.т.н., заведующий лабораторией, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com
Раджабов Рузмат
Старший научный сотрудник, к.х.н., Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, radjabov.r@yandex.com

Ключевые слова: *термическая фосфорная кислота; известняковая мука; грануляция; монокальцийфосфат; состав и прочность гранул*

GRANULATED FORM OF MONOCALCIUM PHOSPHATE BASED ON THERMAL PHOSPHORIC ACID AND LIMESTONE

Khoshimov Ilhomjon Erkin ugli
Basic doctoral student, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, bakhti.pirnazarov@mail.ru
Turdialieva Shahzoda Ismatullaevna
Doctoral student, Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, Emmim1991@mail.ru
Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich
Doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru
Namazov Shafoat Sattarovich
Professor, doctor of technical sciences, academician, Head of laboratory, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: diana-ye@yandex.com
Radjabov Ruzmat
Senior Researcher, candidate of chemical science, Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, radjabov.r@yandex.com

Keywords: *thermal phosphoric acid; limestone flour; granulation; monocalcium phosphate; composition and strength of granules*

Samples of granular feed monocalcium phosphate were obtained by decomposition of limestone with thermal phosphoric acid (60,3% P_2O_5) at its rates of 90, 95 and 100%. Process conditions: temperature - 80°C, duration - 5 minutes and recycle ratio in relation to the finished product - 30%. The obtained samples of feed monocalcium phosphate contain 54.58-54.80% $P_2O_{5ass.}$, 49.91-54.72% $P_2O_{5wat.solub.}$, 21.63-23.83% CaO_{total}, 20.04-21.19% $CaO_{ass.}$ and have a strength of granules of 2.43-2.55 MPa, which meet the requirements of GOST 23999-80 (1^{st} grade).

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО), за последние поголовье крупного рогатого скота в мире демонстрирует тенденцию к росту. В 2017 году поголовье скота, такого как крупный рогатый скот, составляло 1,7 миллиарда, а в 2020 году увеличилось до 1,8 миллиарда для удовлетворения растущего спроса на мясо [1].

По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), объем мирового потребления мяса птицы в 2020 году составил 133,35 млн метрических тонн, при этом потребление на душу населения составило 15,102 кг. Ожидается, что растущий спрос на переработанное мясо будет продолжать стимулировать спрос на корма для животных. Этот фактор приведет к большому использованию кормовых фосфатов [2]. Мировое потребление кормовых фосфатов кальция превысило 6 млн. тонн в год и продолжает ежегодно увеличиваться [4].

В Узбекистане животноводство – одна из ведущих отраслей сельского хозяйства и пищевой промышленности. По данным Госкомстата РУз, по состоянию 1 июля 2021 года поголовье крупного рогатого скота в республике достигло 12 953 тыс. голов. При этом следует отметить, что поголовье крупного рогатого скота на душу населения в республике составляет 0,39, надои молока – 315 килограммов, мяса – 41 килограмм. По медицинским нормам эти показатели в 1,7 и 2,0 раза меньше [3].

В некоторых странах, в качестве добавок часто используют костную муку, фосфат без фтора, моно- и дикальцийфосфат, а также моно - и динатрийфосфаты, моно- и диаммонийфосфаты, мочевинофосфат [5]. Добавка в кормы скота монокальцийфосфата (МКФ) позволяет увеличить живую массу птицы и скота на 5-12% по сравнению с другими видами кормовых фосфатов, что может послужить важным фактором роста для рынка кормового МКФ.

По требованию ГОСТ 23999-80 в МКФ кормовой массовая доля фосфора, растворимого в 0,4%-ном растворе соляной кислоты - 55-56% для 1-го сорта и 50-51% для 2-го сорта. Для МКФ, предназначенного для комбикормовой промышленности, остаток на сите с отверстиями 3 мм не должен быть >10%.

Имеется способ получения МКФ [6], включающий смешение экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) с кальцийсодержащим компонентом в присутствии ретура, гранулирование и сушку продукта, отличающиеся тем, что процесс смешения ведут в две стадии, на первую из которых подают ЭФК с концентрацией 62-65% P_2O_5 и процесс ведут при ретурности, равной 1:0,3-0,5, вторую стадию смешения совмещают с гранулированием и ведут ее в скоростном смесителе при добавлении воды до доведения в смеси до 9,5-13%, скорость и время смешения регулируют, чтобы получить степень разложения кальцийсодержащего сырья, равную 0,93-0,99, а температуру на последующей стадии сушки поддерживают 105-115^oC. В результате получают 8874,5 кг/час готового продукта, содержащего $P_{общ.}$ 22,7%, $p_{водораствор им.}$ 21%, $Ca_{общ.}$ 14,8%, F 0,18%. Прочность гранул 35 кг/см^3.

Однако по этому способу ЭФК сначала упаривается (обесфторивается) и очищается трибутилфосфатом, требует организации двух стадии смешения. Все это требует допонительных затрати затрат на аппаратурноео формление.

В настоящей работе нами изучен процесс получения гранулированного МКФ на основе термической фосфорной кислоты (ТФК - 60,3% P_2O_5) и известняковой муки (99,5% $CaCO_3$). Процесс разложения известняка с ТФК осуществляется по уравнению при нормах кислоты 90, 95 и 100%:

$$CaCO_3 + H_3PO_4 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + H_2O + CO_2$$

Сначала приготовлена ретурный продукт (менее 1 мм). Для этого необходимое

количество ТФК предварительно разогревали при 80ºС в течение 15 минут в фарфоровом стакане, находящегося в термостате. Затем в фарфоровый реактор загружали необходимое количество известняка. Процесс перешивания реакционной массы длился 5 мин., затем высушивали при 80ºС до постоянной массы и измельчали до порошка. Таким образом, в зависимости от нормы H_3PO_4 получены порошки МКФ с содержаниями 54,27-54,95% $P_2O_{5усв.}$ по 0,4% НС1, 53,92-54,23% $P_2O_{5водн.}$, 0,06-0,24% CO_2.

После чего получены образцы гранулированного МКФ путем разложения смеси из $CaCO_3$ и ретура при соотношении Продукт : Ретур = 1:0,5 с помощью ТФК (80ºС). Процесс перешивания - 5 мин. Осуществляли процесс окатывания и грануляции влажного продукта. Полученные зерна сушили в сушильном шкафу при температуре 75-80°С в течение 4-6 часов. В этом случае для каждой нормы получен соответствующий продукт, используемый в качестве ретура.

Результаты показали, что для норм ТФК 90-100% в МКФ содержание $P_2O_{5усв.}$ составляет 55,58-54,80%, $P_2O_{5водн}$ 49,91-54,72%., $CaO_{усв.}$ 21,58-23,81% и $CaO_{водн.}$ 19,98-21,16% с прочностью гранул 2,43-2,55 МПа. Их можно эффективно применять в качестве корма для скота, птицы и рыбы.

Исследование направлено на достижение Цели 2: Получение кормовых фосфатов для кормления растущего скота с целью ликвидации голода.

Литература:

1. https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/feed-phosphate-market
2. https://marketpublishers.ru/report/industry/chemicals_petrochemicals/fodder_phosphates_market_research.html
3. Соатов У.Р. “Деҳқон хўжаликлари шароитида чорвачиликни ривожлантиришнинг ўзига хос хусусиятлари”. Ташкент – 2018. - 60 б.
4. Литусова Н.М. Технология получения кормовых фосфатов кальция в гранулированном виде на основе мела и экстракционной фосфорной кислоты. Дисс. … канд. техн. наук. Москва, 2004. - 136 с.
5. Бабурина М.И., Федулова Л.В., Василевская К.Р., Иванкин А.Н., Кулезнев А.С. Кормовая добавка на основе животной костной ткани. // Журнал мясная индустрия. – 2021. - №3. - С. 20-25.
6. Патент №2 256 607 С1 RU. МПК. Кл. С01В 25/32. Способ получения монокальцийфосфата. / Левин Б.В., Литусова Н.М., Родин В.И., Кержнер А.М. и др. Заявл. 13.04.2004. - Опубл. 20.07.2002. – Бюл. №20.

УДК 631.855

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛЯЦИИ АКТИВИРОВАННОГО ПРОСТОГО СУПЕРФОСФАТА В ПРИСУТСТВИИ СВЯЗУЮЩИХ РАСТВОРОВ

Худойбердиев Жалолдин Хасанович
базовый докторант, Каракалпакский государственный университет, Нукус, Каракалпакстан, ximik_uz@mail.ru
Реймов Ахмед Мамбеткаримович*
проф., д.т.н., ректор Каракалпакского государственного университета, Нукус, Каракалпакстан, ahmed_ram@mail.ru
Курбаниязов Рашид Калбаевич
доц., к.т.н., декан факультета «Промышленная технология» Каракалпакского государственного университета, Нукус, kurbaniyazov-rk@mail.ru
Намазов Шафоат Саттарович
проф., акад., д.т.н., заведующий лабораторией, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Ташкент, Узбекистан, diana-ye@yandex.com
Маденов Бердимурат Даулетмуратович
PhD, доцент кафедры «Химическая технология» Каракалпакского государственного университета, Нукус, e-mail: berdan1984@mail.ru
Сейтназаров Атаназар Рейпназарович
д.т.н., проф., главный научный сотрудник, Институт общей и неорганической химии АН РУз, atanazar77@mail.ru

Ключевые слова: *фосфоритовая мука; серная кислота; связующие растворы; гранулирование; химический и гранулометрический состав; прочность гранул*

STUDY OF THE GRANULATION PROCESS OF ACTIVATED SIMPLE SUPERPHOSPHATE IN THE PRESENCE OF BINDING SOLUTIONS

Xudoyberdiev Jaloldin Xasanovich
Basic doctoral student, Karakalpak State University, Nukus, Republic of Karakalpakstan, E-mail: ximik_uz@mail.ru
Reymov Akhmed Mambetkarimovich
Professor, doctor of technical sciences, Rector of Karakalpak State University, Nukus, Karakalpakstan, e-mail: ahmed_ram@mail.ru
Kurbaniyazov Rashid Kalbaevich
Docent, candidate of technical sciences, Dean of the Faculty of Industrial Technology, Karakalpak State University, Nukus, Karakalpakstan, e-mail: kurbaniyazov-rk@mail.ru
Namazov Shafoat Sattarovich
Professor, doctor of technical sciences, academician, Head of laboratory, Institute of General and Inorganic Chemistry of Uzbek Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan, e-mail: diana-ye@yandex.com
Madenov Berdimurat Dauletmuratovich
Associate Professor of the Department of Chemical Technology, Karakalpak State University, Nukus, Karakalpakstan, e-mail: berdan1984@mail.ru
Seytnazarov Atanazar Reypnazarovich
Doctor of technical sciences, professor, Chief Researcher, Institute of General and Inorganic Chemistry, Tashkent, Uzbekistan, atanazar77@mail.ru

Keywords: *phosphorite flour; sulfuric acid; binding solutions; granulation; chemical and granulometric composition; granule strength*

The process of decomposition of zhelvakokovy phosphorite flour (19.11% P_2O_5) by 93% sulfuric acid, at its rate from 60 to 75% of the stoichiometry, to the formation of monocalcium

phosphate was studied. In order to impart granulation and ensure sufficient strength, granulation of powdered simple superphosphate was carried out by spraying them with binder solutions: 5-20% NH_4OH, $(NH_2)_2SO_4$, $NH_4H_2PO_4$, and 0.05-1.0% KOH, NaOH, Na_2CO_3. It is shown that solutions of ammonium and alkaline salts can increase the yield of the commercial fraction of the product (-5+1 mm) up to 92-98% and increase the strength of the granules up to 2-3 MPa.

В работе [1] нами изучен процесс получения активированного простого суперфосфата в зависимости от концентрации (68-93% H_2SO_4) и нормы серной кислоты (60-100% от стехиометрии на образование монокальцийфосфат). Оптимальной концентрацией H_2SO_4 оказалась 93%, позволяющая образованию легко подаваемой для грануляции суперфосфатной массы. Оптимальной нормой кислоты можно принять 70-75%, при ней относительное содержание водорастворимой нормы P_2O_5 в продуктах превышает 60% (, а содержание $P_2O_{5своб.}$ не более 2-3%. Но при этом выход товарной фракции (1-4 мм) составляет не более 30% (должна быть не менее 80-90%). К тому же не достигается достаточная прочность гранул (≤1 МПа, а должна быть ≥2 МПа).

Гранулирование является сложным технологическим процессом и характеризуется многим факторами - физико-химическими свойствами, когезионно-адгезионными способностями и другими [2]. В зависимости от свойств продукта применяются различные методы гранулирования (прессование, увлажнение и прочие), а также аппаратурное оформление [3]. Гранулирование порошкообразного суперфосфата обычно проводится в барабан-грануляторе методом окатывания. При этом порошкообразный суперфосфат смешивают при определенном соотношении ретуром (частиц менее 1 мм), увлажняют водой, окатывают, сушат, классифицируют и охлаждают общепринятой технологической схемой [4]. Например, для нормального ведения гранулирования суперфосфат из апатитового концентрата дополнительно увлажняют до 16-18%, а суперфосфата из Каратау до 12-13% [5]. При этом частицы возврата (ретур) и распиленная вода являются центрами гранулообразования. В процессе грануляции суперфосфатный порошок также увлажняют стоками абсорбции, фосфорной кислотой, диаммофосной пульпой или же перегретым паром. Операции смешивания и равномерного увлажнения порошков смеси с различными гранулирующими растворами совмещают.

В данной работе изучен процесс грануляции суперфосфатной массы из желваковых фосфоритов Каракалпакии (P_2O_5 – 19.11). Порядок проведения процесса: в стеклянный термостатированный стакан, в котором находилась навеска фосмуки, медленно заливалось 93% H_2SO_4. При этом варьируемым параметром была норма кислоты (60 и 75% на образование $Ca(H_2PO_4)_2$). Продолжительность перемешивания реакционной массы составляла 30 мин при 70°С. Грануляцию продукта осуществляли методом окатывания. В качестве связующих реагентов служили: 25 %-ный NH_4OH (ГОСТ 9-92), $(NH_2)_2SO_4$ (ГОСТ 9097-82) $NH_4H_2PO_4$ (ГОСТ 3771-74), Na_2CO_3 (ГОСТ 83-79), NaOH (ГОСТ 2263-79) и KOH (24363-80). Из них приготовили растворы различных концентрации (для NH_4OH, $(NH_2)_2SO_4$, $NH_4H_2PO_4$ - 5; 10; 15; 20; 25% и для KOH, NaOH, Na_2CO_3 – 0.05; 0.25; 0.50; 0.75; 1.0%).

При обработке суперфосфата связующими растворами вышеуказанных веществ возможно происходят следующие реакции:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + NH_4OH = CaHPO_4 + (NH_4)_2HPO_4 + H_2O$$

$$Ca(H_2PO_4)_2 + (NH_4)_2SO_4 + H_2O = CaSO_4 + 2NH_4H_2PO_4$$

$$Ca(H_2PO_4)_2 + NH_4H_2PO_4 = CaHPO_4 + (NH_4)_2HPO_4$$

$$Ca(H_2PO_4)_2 + Na_2CO_4 + H_2O = CaHPO_4 + (NH_4)_2HPO_4$$

$$Ca(H_2PO_4)_2 + NaOH = CaHPO_4 + NaH_2PO_4 + H_2O$$
$$Ca(H_2PO_4)_2 + KOH = CaHPO_4 + KH_2PO_4 + H_2O$$

Образующихся при этом новые соединения должны способствовать гранулообразованию и получению достаточно прочных гранул продукта. Время процесса окатывания гранул составляла 5-10 минут. Гранулированные частиц высушивались при 100^0С. Гранулы охлаждались, затем рассевались по размерам. Грансостав определяли ситовым анализом. Частицы размером 3-4 мм подвергались анализу на прочность гранул по ГОСТу 21560.2-82.

Показано, что для норм H_2SO_4 60 и 75% выход товарной фракции (-5+1 мм) суперфосфата без добавкой составляет ~15 и ~20%, соответственно. А при применении 5-20 %-ных растворов NH_4OH этот показатель составляет 91.56-95.38 и 91.36-94.18%, $(NH_2)_2SO_4$ – 93.85-96.44 и 94.16-96.11%, $NH_4H_2PO_4$ – 95.52-97.14 и 94.32-96.78%, при 0.05-1.0 %-ных растворов Na_2CO_3 – 94.95-97.26 и 94.82-97.14%, NaOH – 95.65-97.68 и 95.91-97.88%, KOH – 96.32-98.12 и 96.68-98.25%, соответственно для норм H_2SO_4 – 60 и 75%.

Прочность которых отвечает требованиям ГОСТ 5956-78 (должна быть не менее 1.4 МПа). Относительно прочные гранулы получены при норме серной кислоты – 60%. А при оптимальной норме H_2SO_4 – 75% (с относительным содержанием водорастворимой формы P_2O_5 более 60%) прочность гранул простого суперфосфата для растворов $NH_4H_2PO_4$, Na_2CO_3 NaOH и KOH достигает 2.18-2.45, 2.01-2.72, 2.72-3.28 и 2.16-3.08 МПа, соответственно.

Исследование направлено на достижение Цели 2: Получение высоких урожаев из сельскохозяйственных культур с целью ликвидации голода.

Литература:

1. Худойбердиев Ж.Х., Реймов А.М., Курбаниязов Р.К., Намазов Ш.С., Каймакова Д.А., Сейтназаров А.Р. Простой суперфосфат на основе сернокислотной активации желваковых фосфоритов Каракалпакстана. // Химическая промышленность. – Санкт-Петербург. – 2021. – т. 98. – № 4. – С. 198-205.
2. Кочетков В.Н. Гранулирование минеральных удобрений. М. Химия, 1975. - 222 с.
3. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. М. Химия, 1982. 272 с.
4. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. Л.:. «Химия», 1989. - 352 с.
5. Гафуров К., Мамаджанов З. Интенсификация процесса гранулирования и нейтрализации простого суперфосфата. // Известия ОшГУ, 2008. - №1. – С. 161-165.

УДК 543.062

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА

Хусаинов Ильяс Ринатович
Аспирант, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия, rinatovikoffical@gmail.com
Зайцев Денис Андреевич
Аспирант, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия, dzaytsev87@gmail.com
Зайцева Ирина Андреевна
Магистр, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия, zay1409@yandex.ru
Роева Наталья Николаевна*
Заведующая кафедрой «Химия и экотоксикология», доктор химических наук, профессор, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия, roeva@mgupp.ru

Ключевые слова: *атмосферный воздух, загрязнение, поллютанты, локальный мониторинг, динамика*

STUDY OF THE DYNAMICS OF CHANGES IN THE CONTENT OF POLLUTANTS IN THE ATMOSPHERIC AIR ON THE BASIS OF LOCAL MONITORING DATA

Khusainov Ilyas Rinatovich
PhD student, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia, rinatovikoffical@gmail.com
Zaitsev Denis Andreevich
PhD student, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia,
Zaitseva Irina Andreevna
Master, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia, zay1409@yandex.ru
Roeva Natalia Nikolaevna*
Head of the Department of Chemistry and Ecotoxicology, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Moscow, Russia, roeva@mgupp.ru

Keywords: *atmospheric air, pollution, pollutants, local monitoring, dynamics*

The article studies the dynamics of changes in the content of pollutants in atmospheric air samples taken on the territory of the Moscow region. The authors attempted to differentiate anthropogenic sources of atmospheric pollution from the point of view of the negative impact on the atmospheric air of the specified territory. Sampling and sample preparation conditions have been optimized. It has been established that the dynamics of changes in the content of pollutants is determined by the nature of local sources of pollution and the mass of impurities in the air volume.

Оценка качества атмосферного воздуха в настоящее время является одной из наиболее важных приоритетных задач [1]. Поскольку вклад в загрязнение атмосферы как антропогенных источников, так и природных, значителен важным представляется для оценки трансграничного и дальнего переноса загрязняющих веществ исследование динамики изменения содержания наиболее высокотоксичных и канцерогенных поллютантов и оптимизация существующих методов локального мониторинга, обеспечивающих достоверное и экспрессное получение данных о загрязнении атмосферы.

Целью данной работы являлось исследование динамики изменения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с учетом климатических условий и прогнозирование возможности их дальнего и трансграничного переноса.

В качестве объектов исследования были выбраны атмосферные аэрозоли, отобранные на территории Московской области, а контролируемых элементов такие тяжелые металлы, как кадмий, свинец, никель, кобальт [2]. Для решения поставленной задачи нами была проведена оценка концентрационных уровней содержания поллютантов с применением метода атомно-эмиссионного анализа с индуктивно связанной плазмой. используемых в атмосферном мониторинге.

Нами была предпринята попытка дифференциации антропогенных источников загрязнения атмосферы, которая предполагала оптимизацию их пробоотбора, гарантирующего на начальной стадии анализа полноту извлечения загрязняющих атмосферу элементов, достоверность последующего их анализа и степень воспроизводимости получаемых аналитических данных.

Для определения массовой концентрации пыли в атмосферном воздухе используются фильтры на ткани ФПП- 15-1,5 из перхлорвиниловых волокон ввиду их гидрофобности (устойчивости к влаге). Для анализа элементарного состава аэрозолей воздуха наиболее целесообразно использовать фильтры из ацетилцеллюлозной ткани ФПА- 15-2,0, которая обладает гидрофильными свойствами (гигроскопичностью) и не пригодна для определения содержания пыли в воздухе, но имеет более низкие фоновые уровни содержания металлов [3].

В результате сравнения сорбционной способности этих фильтров установлено, что наиболее эффективными сорбционными свойствами по сравнению АФА-ХА-20 обладают фильтры АФА-ХП-20 [4].

При исследовании динамики изменения содержания тяжелых металлов в атмосферном воздухе учитывались процессы, оказывающие существенное влияние на содержание этих примесей в атмосферном воздухе (химическая трансформация примеси, количество и интенсивность осадков, скорость ветра) [5].

На основе данных локального мониторинга установлено, что процессы накопления загрязняющих веществ в атмосферном воздухе имеют место только в период неблагоприятных климатических условий, когда концентрация контролируемых поллютантов превышала 1 ПДК.

Для прогнозирования механизма дальнего и трансграничного переноса тяжелых металлов в атмосфере проведено моделирование потенциального накопления этих веществ в период неблагоприятных климатических условий с учетом вышеуказанных факторов (количества примеси, участвующей в процессах накопления и поступающей в объем, характеризующийся наличием процессов накопления; величины перемещения воздушной массы над территорией Московской области за 1 секунду при метеорологических характеристиках наибольшей повторяемости за период неблагоприятных климатический условий; усредненной концентрации загрязняющего вещества в объеме накопления (мг/м^3); понижения концентрации примеси в атмосфере за счет химических взаимодействий; снижения концентрации примеси и вымывания примесей осадками).

На основании полученных данных мониторинга нами установлено, что динамика изменения содержания поллютантов во многом определяется их эмиссией в атмосферу, характером локальных источников загрязнения и массой примеси в воздушном объеме, перемещающейся со скоростью и по направлению ветра за область интенсивного влияния этих локальных источников загрязнения.

Данная работа соответствует Цели в области устойчивого развития (Цель 11: Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов).

Литература:

1. Роева Н.Н., Баранов А.Н., Гребенкин Н.Н., Зайцев Д.А. Эколого-аналитический контроль атмосферных загрязнений. Рязань: Изд-во «РИД», 2013. 264 с.
2. Разяпов А.З., Воронич С.С., Пахомов Д.Е., Гребенкин Н.Н., Зайцев Д.А., Роева Н.Н. Исследование состава аэрозольных загрязнений в атмосфере города Москвы // Экологические системы и приборы, 2016. №3. С 3…9.
3. Кривошеин Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н. и др. Экология и безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для вузов / Под ред. Л.А. Муравья. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 447 с.
4. Воронич С.С., Гребенкин Н.Н., Роева Н.Н., Зайцев Д.А. О значении пробоотбора в количественном химическом анализе объектов окружающей природной среды. Ч. 3. Атмосферный воздух // Экологические системы и приборы. 2015. №4 С. 11…16.
5. Badilla G.L., Valdez B., Schorr M. (ed.) Air Quality: New Perspective. InTeOp, 2012. 335 p.

УДК 631.4: 58.08: 661.848: 504.064(571.53)

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЛИКВИДАЦИИ КАДМИЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА Г. УСОЛЬЕ-СИБИРСКОЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Цуранова Софья Валерьевна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, s_tsuranova@mail.ru
Федосеев Андрей Николаевич
Ассистент кафедры ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития», Россия, fedoseev.a.n@muctr.ru
Макарова Анна Сергеевна*
Профессор кафедры ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития», к.т.н, Москва, Россия, annmakarova@mail.ru

Ключевые слова: *экология; тяжёлые металлы; фиторемедиация; почва; кадмий; контроль качества окружающей среды и загрязнения; Цели устойчивого развития*

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ELIMINATING CADMIUM POLLUTION ON THE TERRITORY OF THE URBAN DISTRICT OF USOLYE-SIBIRSKOYE, IRKUTSK REGION

Tsuranova Sofya Valeryevna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, s_tsuranova@mail.ru
Fedoseev Andrey Nikolaevich
Assistant at the UNESCO Chair "Green Chemistry for Sustainable Development", Russia, fedoseev.a.n@muctr.ru
Makarova Anna Sergeevna*
Professor of the UNESCO Chair "Green Chemistry for Sustainable Development", Candidate of Technical Sciences, Moscow, Russia, annmakarova@mail.ru

Keywords: *ecology; heavy metals; phytoremediation; soil; cadmium; environmental and pollution quality control*

Success in achieving the Sustainable Development Goals largely depends on the selection and analysis of the most suitable plant species with high tolerance to heavy metals for phytoremediation. It is necessary to consider plants of the Brassica culture that are able to minimize/remove the phytotoxicity of cadmium in the soil. The paper presents the results of a study that examined the survival of Sarepta mustard with and without additives.

Успех в достижении Целей устойчивого развития (рис. 1) в значительной степени зависит от выбора и анализа наиболее подходящих видов растений, обладающих высокой толерантностью к тяжелым металлам, для проведения фиторемедиации[2]. Необходимо рассмотреть растения культуры Brassica[1], которые способны минимизировать/удалить фитотоксичность кадмия в почве. В работе представлены результаты исследования , в котором рассматривалась выживаемость горчицы сарептской при внесении добавок и без их добавления (табл. 1).

Таблица 1

Результаты опыта №1 по подбору растений и добавок для фиторемедиации

Опыт №1	Взошло	Не проросли	Выжили	Погибли	Всего:
Контрольная группа	11	1	1	11	2
Группа добавок	10	2	0	12	2

Рис. 1. Цели устойчивого развития

Исследование направлено на достижение Цели 15: «Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия».

Литература:

1. «A review of phytoremediation technology: heavy metals uptake by plants», 2018. A. Sumiahadi and R. Acar.
2. «Method of intensification of reclamation of landfills and solid domestic waste with the use of biologics», 2019. Pishchaeva, K.; Chelnokov, V.; Matasov, A.; Glushko, A.; Saproshina, A.

УДК 669

ВЛИЯНИЕ БРАТСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРОДА БРАТСК

Цыренова Цырма Жамбаевна
Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, tsyrmatsyrenova@gmail.com
Малков Александр Владимирович*
Профессор, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, malkov.a.v@muctr.ru

Ключевые слова: *алюминий; производство; окружающая среда; выбросы; загрязнение*

THE IMPACT OF THE BRATSK ALUMINUM SMELTER ON THE STATE OF THE BRATSK ENVIRONMENT

Tsyrenova Tsyrma Zhambaevna
Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, tsyrmatsyrenova@gmail.com
Malkov Alexander Vladimirovich*
Professor, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, malkov.a.v@muctr.ru

Keywords*: aluminum; production; environment; emissions; pollution*

The main pollutants of the Bratsk aluminum smelter and their quantity. Introduction of new technologies to reduce pollution from aluminum production in Bratsk.

Производство алюминия является одной из важнейших отраслей промышленности в России. К основным областям применения алюминия и его сплавов относятся аэрокосмическая и пищевая промышленность, строительство, высокоскоростной железнодорожный и водный транспорт, автомобилестроение, производство электротехники, турбинной техники, упаковки пищевых продуктов и напитков, пиротехники и ракетного топлива. Из-за актуальности отрасли производственные мощности алюминиевых предприятий постоянно растут. Россия находится на восьмом месте в мире по величине запасов бокситов и их добычи, а крупнейшим производителем алюминия в стране является Братский алюминиевый завод (БрАЗ) [1].

Братский алюминиевый завод расположен в Иркутской области на территории Братского энергопромышленного узла Восточно-Сибирского Экономического района в 26 км выше створа плотины Братской ГЭС на расстоянии 600 км от областного центра г. Иркутска. Производственная мощность предприятия – порядка 1 млн тонн алюминия в год [2].

Основным видом деятельности ПАО «РУСАЛ Братск» является производство первичного алюминия путем электролиза криолит-глиноземных расплавов. На заводе используется технология получения первичного алюминия на электролизерах с самообжигающимися анодами (Содерберг) с верхним токоподводом [3]. Также на предприятии есть литейное производство и производство анодной массы. Анодная масса используется для технологии производства алюминия на электролизерах Содерберг [4].

Основными загрязняющими веществами на всех этапах производства являются оксид углерода, плохорастворимые фториды, сернистый ангидрид, фтористые водороды, пыль неорганическая, диоксид серы и смолистые вещества. Также в процессе литья выделяются окислы азота, хлорид калия и взвешенные вещества. При анодном производстве также выделяются окислы азота, сажа и зола мазутная [3].

Количество выбросов алюминиевого предприятия можно рассмотреть на примере 2021 года. За 2021 год в общем было выброшено 76230 тонн загрязняющих веществ, из которых: 62055 тонн – оксид углерода, 1512 тонн – плохорастворимые фториды, 1062 тонн – фтористый водород, 3189 тонн – пыль неорганическая (SiO2 менее 20%), 6522 тонн – диоксид серы, 1365 тонн – смолистые вещества. Также в 2021 году увеличилось содержание сульфатов, фтора и азотсодержащих токсикантов в снежном покрове в окрестностях БрАЗа в сравнении с данными 2019-2020 гг. [3].

В целом количество выбросов загрязняющих веществ уменьшилось с 2014 года (рис. 1), когда на заводе начали внедрять технологию «ЭкоСодерберг». Технология предусматривает совершенствование системы очистки электролизных газов путем строительства и ввода в эксплуатацию «сухих» газоочистных установок, позволяющих улавливать до 99,8% фтористых соединений, монтаж автоматической подачи сырья и установка новых экологичных электролизеров «ЭкоСодерберг» [5]. Кроме технических решений экологической направленности, технология «ЭкоСодерберг» позволит обеспечить возможность увеличения силы тока серии электролизеров, снизить расходные коэффициенты по анодной массе и технологической электроэнергии [6].

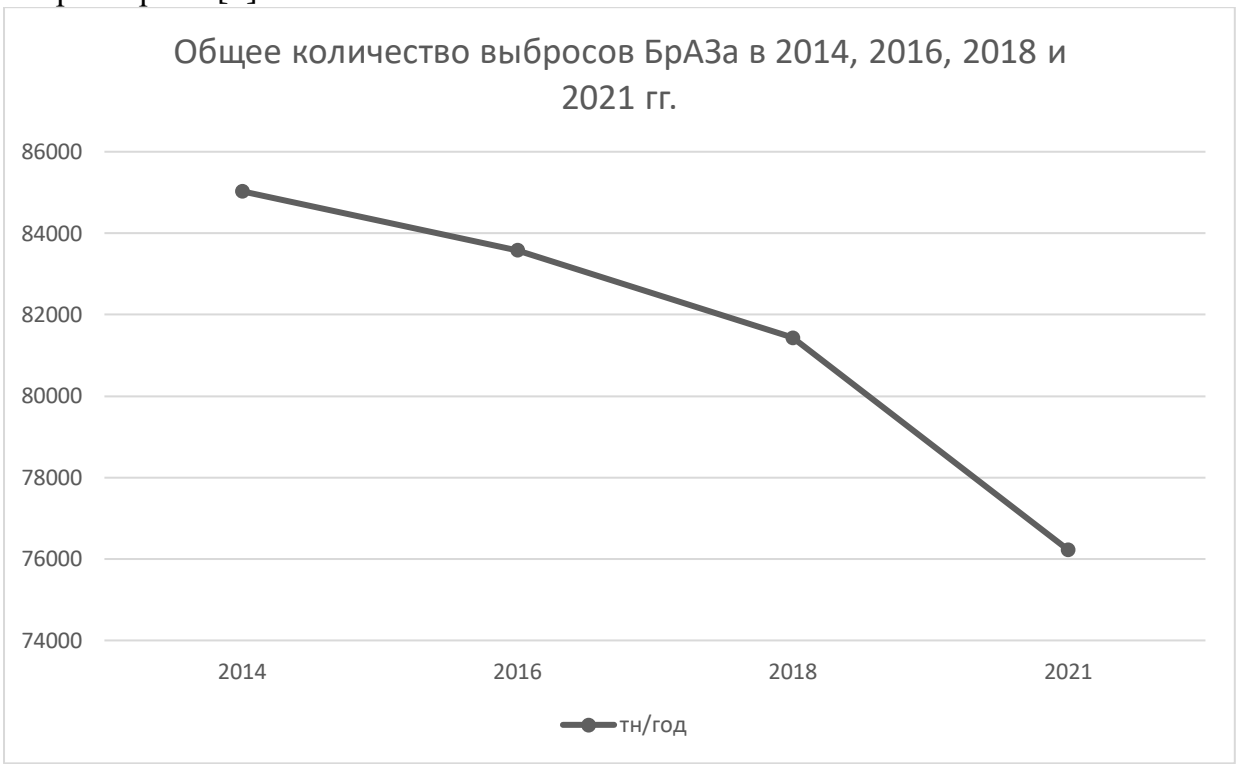


Рис. 1. Выбросы Братского алюминиевого завода.

Влияние Братского алюминиевого завода на город Братск является неблагоприятным, но предприятие предпринимает меры по снижению выбросов путем введения новых технологий, газоочистных установок. Также завод разрабатывает новые стратегии по сокращению выбросов производства.

Исследование направлено на достижение Цели 9: Индустриализация, инновации и инфраструктура, Цели 12: Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства.

Литература:

1. Юрков А.Л. Производство алюминия / А.Л. Юрков. – Текст: электронный // Энциклопедия технологий 2.0. – 2022. – Режим доступа: https://anoire.center/wp-content/uploads/2022/08/aluminum.pdf (дата обращения: 18.03.2023).

2. Братский алюминиевый завод. – Текст: электронный // Русал Тайшет: [сайт]. – Режим доступа: https://taishet.rusal.ru/production/irkutsk/bratskiy-alyuminievyy-zavod/ (дата обращения: 18.03.2023).
3. Трофимова С.М. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды в Иркутской области в 2021 году". – Текст: электронный // Иркутская область: официальный сайт. – Иркутск. – 2022. – 249 с. (дата обращения: 19.03.2023).
4. Трофимова С.М. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды в Иркутской области в 2018 году". – Текст: электронный // Иркутская область: официальный сайт. – Иркутск. – 2019. – 307 с. (дата обращения: 21.03.2023).
5. Годовой отчет. – Текст: электронный // ПАО Русал Братск. – Братск. – 2021. – 17 с. (дата обращения: 19.03.2023).
6. ИТС 11-2019 Производство алюминия. – Текст электронный // Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – М.; Бюро НДТ, 2019. – 238 с. (дата обращения: 24.03.2023).

УДК: 712.4+692.4:69.001.5

ОЗЕЛЕНЕНИЕ КРЫШ В ЗЕЛЁНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Чальцева Алёна Александровна
Студентка группы ПР-42, ИПУР, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, chaltseva2001@mail.ru
Егорова Людмила Вячеславовна*
Ассистент (Кафедра ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития»), Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, egorova.l.v@muctr.ru

Ключевые слова: *зелёное строительство; зелёные здания; устойчивое строительство; зелёные крыши; озеленение крыш*

GREENING OF ROOFS IN SUSTAINABLE BUILDING

Chaltseva Alena Aleksandrovna
Student of the PR-42, IPUR, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, chaltseva2001@mail.ru
Egorova Lyudmila Vyacheslavovna*
Assistant (UNESCO Chair "Green Chemistry for Sustainable Development"), D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, egorova.l.v@muctr.ru

Keywords*: green construction; green buildings; sustainable building; green roofs; greening of roofs*

Дефицит территорий для создания зеленых насаждений ─ острая проблема для крупных городов и мегаполисов сегодня. Быстрая урбанизация и активное развитие промышленного комплекса воздействуют как на экологию планеты, так и на качество жизни населения [1]. В связи с этим в последнее время в строительстве стремительно набирают популярность экологические инновационные решения. Одним из наиболее перспективных направлений в строительстве является «Зелёное строительство» [2]. Зелёное строительство, зелёные здания (sustainable building) — это практика строительства и эксплуатации зданий, целью которой является снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания: от выбора участка к проектированию, строительству, эксплуатации, ремонту и утилизации [3]. Не смотря на выгоды развития данного строительства, в нашей стране эта концепция только начинает развиваться, а практическая ее реализация имеет ряд трудностей. Одной из проблем является острая нехватка квалифицированных специалистов в этой области. Помимо этого, российские застройщики стараются избегать «зелёного строительства» из-за высокого срока окупаемости (от 8 до 15 лет), а также рисков, связанных с реализацией таких проектов [2]. Один из вариантов зелёного строительства - озеленение крыш. «Зелёные крыши» —частичное или полное заполнение кровли живыми растениями. Это могут быть как растения в контейнерах (кадках), так и высаженные в грунт [4].

На одном из этапах проектирования определяется тип зелёной крыши. Определение типа зеленой крыши – это анализ данных, собранных на предпроектном этапе. Комплексный подход позволяет установить тот тип крыши, который возможно создать на конкретном здании (рис. 1) [5].

Рис. 1. Алгоритм определения типа зелёной крыши

Проведённое нами исследование показало, что озеленение крыш способствует увеличению срока службы кровли, задержанию пыли (больше 25%), повышению уровня шумоизоляции и термоизоляции [1, 6].

Данная работа соответствует следующим целям устойчивого развития:

- Цель 11: Устойчивые города и населенные пункты
- Цель 12: Ответственное потребление и производство

Литература:

1. Нилова О.В., Москаленко З.С. Озеленение крыш: отечественный и зарубежный опыт // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2019; № 12 (69). https://7universum.com/ru/tech/archive/item/8450

2. Прошунина К. А., Лухманова Е. А. Развитие направления зеленого строительства в России на базе зарубежного опыта // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал/ Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ». 2018; № 4 (26). С. 23–30. https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-napravleniya-zelenogo-stroitelstva-v-rossii-na-baze-zarubezhnogo-opyta/viewer

3. Шарипова С. Г. Зелёное строительство в Российской Федерации. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2016; № 9.1 (113.1). — С. 62-64. https://moluch.ru/archive/113/29062/

4. Фролова Екатерина. Зелёные крыши и их виды. 2017. https://7dach.ru/FrolovaEkaterina/zelenye-kryshi-i-ih-vidy-127875.html

5. Технология создания зеленых крыш в условиях севера России/ А. О. Иоффе - Universum: химия и биология, №10 (28), 2016. https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-sozdaniya-zelenyh-krysh-v-usloviyah-severa-rossii/viewer

6. Зелёные растения и зеленые крыши как способ борьбы с шумовым загрязнением/ А. О. Иоффе, О. И. Гаврилова - Инженерный вестник Дона, №4, 2018. https://cyberleninka.ru/article/n/zelenye-rasteniya-i-zelenye-kryshi-kak-sposob-borby-s-shumovym-zagryazneniem/viewer

УДК 504.662.59

СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В УЛИЧНОЙ ПЫЛИ НА ТЕРРИТОРИЯХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И РАЗРЕЗОВ

Чурина Светлана Сергеевна
Студент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, svetlanacurina44@gmail.com
Осипова Нина Александровна*
Доцент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, osipova@tpu.ru

Ключевые слова: *экология; полиароматические углеводороды; уличная пыль; добыча угля, сжигание топлива*

CONTENT OF POLYAROMATIC HYDROCARBONS IN STREET DUST IN THE AREAS AFFECTED BY COAL MINES AND SURFACE MINES

Churina Svetlana Sergeevna
Student, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, svetlanacurina44@gmail.com
Osipova Nina Alexandrovna*
Assistant professor, National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, osipova@tpu.ru

Keywords: *ecology; polyaromatic hydrocarbons; street dust; coal mining, fuel burning*

Полиароматические углеводороды (ПАУ) представляют собой группу органических соединений, встречающихся в окружающей среде. Они образуются при сжигании ископаемого топлива, а также в результате промышленных процессов, включающих горение органических материалов. ПАУ могут быть обнаружены в воздухе, почве и воде и могут представлять опасность для здоровья человека и других живых организмов. Известно, что некоторые их представители обладают канцерогенными свойствами и опасны для здоровья при воздействии высоких уровней в течение длительного периода времени. Чтобы снизить риск, связанный с ПАУ, важно понимать уровень их накопления, источники появления в природных средах, какие шаги можно предпринять, чтобы уменьшить их присутствие.

Целью исследования является определение содержания полиароматических углеводородов в уличной пыли г. Междуреченска. В 2021 году были отобраны 10 проб пыли в черте города Междуреченска. Схема и методика пробоотбора описаны в [1,2]. Междуреченск является угледобывающим регионом Кузбасса. Угольные шахты и разрезы расположены в непосредственной близости от городской черты, по берегам рек Уса и Томь.

Определение полициклических ароматических углеводородов в материале уличной пыли (10 проб) проводили в АО «Западно-Сибирский испытательный центр», г. Новокузнецк, методом хромато- масс спектрометрии (св-во № НФ 50280-2020 до 07.07.2022)

Полученная информация о среднем содержании индивидуальных ПАУ в образцах пыли, отобранных на территории г. Междуреченск, указывает на широкий диапазон изменений массового количества ПАУ в этих образцах от 0,52 до 0,003 мг/кг.

Среднее суммарное содержание полиароматических углеводородов составило 2,15±0,36 мг/кг при максимальном значении 4,01 мг/кг и минимальном 0,40 мг/кг. Средние содержания углеводородов группы ПАУ в пробах уличной пыли приведены на рисунке 1.

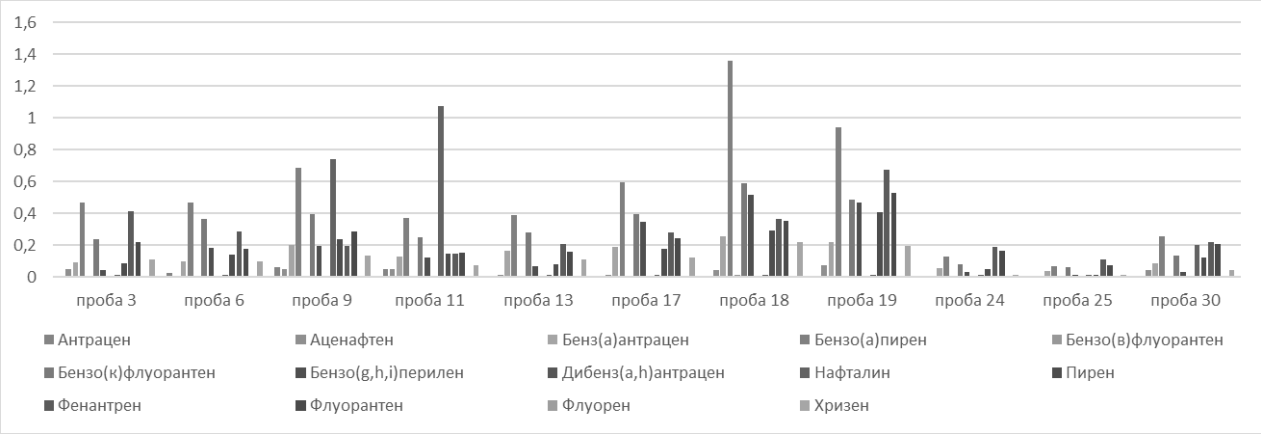


Рис. 1. Средние содержания полиароматических углеводородов в пробах пыли г. Междуреченска (10 проб, мг/кг)

По уменьшению среднего содержания индивидуальных ПАУ, в мг/кг, соединения образуют следующий ряд: Бензо(а)пирен (0,52±0,11) > Бензо(к)флуорантен (0,30±0,01) > Фенантрен (0,28±0,05) > Флуорантен 0,23±0,04) > Нафталин (0,19±0,11) > Бензо(g,h,i)перилен(0,18±0,06) > Пирен(0,16±0,04) > Бенз(а)антрацен (0,14±0,02) > Хризен 0,10±0,02), средние содержания остальных ПАУ ниже 100 мкг/г.

Кратность превышения средних содержаний бен(а)пирена относительно гигиенических нормативов, принятых для почв (СанПиН 1.2.3685-21), составила, 26,0 при минимальном значении 3,4 и максимальном 67,8.

Исследования в данной области отвечают целям устойчивого развития и направлены на устойчивое развитие угольной энергетики как процесса технологического и экономического развития, минимизацию воздействия на окружающую среду с целью повышения качества жизни в регионе.

Литература:

1. Содержание токсичных элементов в уличной пыли и оценка риска для здоровья человека (Междуреченск, Южный Кузбасс) / Н.А. Осипова, К.Ю. Осипов, А.В. Таловская, Е.Г. Язиков, Е.А. Филимоненко, С.А. Новиков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 3. – С. 229-244.

2. Чурина С. С. Распределение ртути в уличной пыли г. Междуреченска (Южный Кузбасс) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания ТПУ, Томск, 5-9 Апреля 2021. - Томск: Изд-во ТПУ, 2021 - Т. 1 - С. 406-408

УДК 502.2:502.4:504.064.36

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПОДПРОГРАММЫ «ПОВРЕЖДЕНИЕ ЛЕСОВ» МЕЖДУНАРОДНОЙ СОВМЕСТНОЙ ПРОГРАММЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ВОЗДЕЙСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА ЭКОСИСТЕМЫ

Ярош Анастасия Сергеевна

Студентка, Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия, Yarosh-N@yandex.ru

Позднякова Екатерина Александровна*

Старший научный сотрудник, Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля, Москва, Россия, katemukudori@mail.ru

Ключевые слова: *мониторинг; дефолиация; дехромация; Picea abies; Pinus sylvestris.*

ANALYSIS OF DATA OBTAINED UNDER THE SUB-PROGRAM «FOREST DAMAGE» OF THE INTERNATIONAL CO-OPERATIVE PROGRAMME ON INTEGRATED MONITORING OF AIR POLLUTION EFFECTS ON ECOSYSTEMS

Yarosh Anastasia Sergeevna

Student, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia, Yarosh-N@yandex.ru

Ekaterina Aleksandrovna Pozdnyakova*

Senior researcher, Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia, katemukudori@mail.ru

Keywords: *monitoring; defoliation; discoloration*; *Picea abies; Pinus sylvestris.*

The purpose of the study was to assess the possibility of usage of bioindication data that were obtained for the tree stands of the Prioksko-Terrasny Nature Biosphere Reserve for the periods 2002 - 2010 and 2010 - 2022 as a consistent dataset. Methodology of bioindication parameters evaluation for the period till 2010 differs from current methods. It results in discrepancy between two data set. Necessity of data adjustment is demonstrated in this work.

В 1979 году Европейской экономической комиссией ООН была принята Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. В рамках выполнения данной Конвенции была создана Международная совместная программа комплексного мониторинга воздействий загрязнения воздуха на экосистемы (МСП КМ). В настоящее время наблюдения по программе МСП КМ ведутся в 17 странах, включая Россию. МСП КМ включает множество подпрограмм, в рамках которых ведутся наблюдения как за изменением химических, метеорологических, физических, так и биоиндикационных параметров. Одной из таких подпрограмм является «Повреждение лесов» (FD), в рамках выполнения которой проводится определение степени дефолиации, дехромации модельных древостоев, а также определение таких параметров как видимость кроны, высота и ширина кроны, диаметр ствола. В работе приведены результаты анализа ежегодных измерений дефолиации и дехромации древостоев *Picea abies* (L.) H. Karst. и *Pinus sylvestris* L. Приокско-Террасного заповедника в период с 2002 по 2022 год. Измерения проводились в рамках выполнения подпрограммы МСП КМ «Повреждение лесов». За длительный период существования подпрограммы FD методика измерений и алгоритм обработки полученных данных несколько раз претерпевали изменения. Последние методические изменения были внесены в 2010 году. Согласно руководству программы [1] для оценки результатов наблюдений за состоянием модельных древостоев на протяжении всего периода исследования использовались показатели арифметических средних дефолиации и дехромации. В период 2002-2009 гг., при расчете средних значений для древостоя, погибшим деревьям присваивались значения 100% по обоим параметрам. По

рекомендациям действовавшего на тот момент руководства [3], сухостой включался в выборку либо только в первый год их обнаружения, либо на протяжении всех последующих измерений до тех пор, пока дерево стоит. Поваленные погибшие деревья следовало сразу изымать из выборки и заменять аналогичными, произрастающими на той же площадке. В 2010 году в раздел руководства по подпрограмме FD были внесены изменения [4], согласно которым погибшие деревья либо включают в выборку только в первый год их обнаружения, либо не учитываются и во время проведения наблюдений погибшие деревья заменяются аналогичными. Методика подсчёта погибших деревьев была изменена по причине пересмотра понятия «убыли» и методов её подсчёта. По рекомендациям руководства, использующегося до 2010 года, сохранение погибших деревьев в выборке отражало состояние древостоя и служило оценкой причин изменения количества деревьев. Целью настоящего исследования является оценка возможности совместного использования данных 2002-2009 и 2010-2022 гг. без учета изменений алгоритмов их обработки. При обработке массива данных МСП КМ за период 2002-2009 гг. было показано, что для некоторых лет доля погибших деревьев в модельных древостоях достигала 20%. Значения стандартного отклонения для массива данных, рассчитанных в соответствии с алгоритмом 2002-2009 гг., имели более выраженные колебания, чем при расчётах с использованием алгоритма более поздних лет. В международной практике распространенно использование подобных данных для сравнения с показателями загрязнения других природных сред методами корреляционного анализа [2]. В ходе исследования был проведен корреляционный анализ данных за период с 2002 по 2022 гг., который показал, что использование различных алгоритмов расчета данных приводит к изменению коэффициентов корреляций между параметрами древостоев (на 10-12 %). В ходе работы показано, что совместное использование средних значений, рассчитанных в соответствии с алгоритмами, применявшимся в МСП КМ до 2010 года, и с 2010 года, невозможно. Исключение может составлять корреляционный анализ данных, в случаях, когда исходные результаты наблюдений не доступны, что не позволяет провести пересчет. В остальных случаях для совместного использования данных следует проводить расчёт по единому алгоритму. Предпочтительно использование алгоритма, в рамках которого погибшие деревья заменяются аналогичными, произрастающими на той же площадке.

Исследование направлено на достижение Цели 15: Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию. Исследование выполнено в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120013190049-4

Литература:

1. Руководство по комплексному мониторингу // пер. с англ. – М., ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», 2013. 153 с.
2. Калугина О. В., Афанасьева Л. В. Особенности морфоструктурных параметров Pinus sylvestris в условиях воздействия эмиссий алюминиевого производства // Актуальные проблемы науки Прибайкалья: Сборник статей. Выпуск 3. / Иркутск: Иркутский государственный университет. 2020. С. 99-103.
3. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part II Visual Assessment of Crown Condition. – URL: https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2000/Chapt2_compl06.pdf (дата обращения: 29.03.2023)
4. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part IV Visual Assessment of Crown Condition and Damaging Agents. – URL: https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2010/Manual_2010_Crown.pdf (дата обращения: 29.03.2023)