

7. Косинова, И.И. Критерий экологических оценок сейсмических воздействий, возникающих при производстве промышленных взрывов / И.И. Косинова [и др.]. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2021. – №1. – С. 82–93. doi: 10.17308/geology.2021.1/3340.

8. Косинова, И.И. Анализ пространственных закономерностей воздействий промышленных взрывов на эколого-геологические системы горнодобывающих районов / И.И. Косинова [и др.]. // Региональные геосистемы. – 2021. – Т. 45. – № 3. – С. 393–413. – DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-3-393-413.

## INVESTIGATION OF THE NATURE OF ATTENUATION OF THE WAVE FIELD EXCITED BY EXPLOSIONS IN THE PAVLOVSK QUARRY

L. I. NADEZHKA<sup>1,2</sup>, I. N. SAFRONICH<sup>1</sup>, E. A. SEMENOV<sup>1</sup>, M. A. EFREMENKO<sup>1</sup>

nadezhka@geophys.vsu.ru; igor@geophys.vsu.ru;  
alexander.semenow@gmail.com; 2880@mail.ru.

<sup>1</sup>Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences,  
Voronezh, Russia

<sup>2</sup>FBGEI HE Voronezh State University,  
Voronezh, Russia

**Annotation.** The nature of the attenuation of the seismic wave field caused by an industrial explosion in the Pavlovsky quarry is considered. It is shown that the attenuation pattern of the wave field differs in different frequency ranges and at different distances from the source. The assessment of the area of significant seismic impact of industrial explosions in the Pavlovsky quarry was carried out.

**Key words:** seismic field, attenuation of the seismic wave field, areas of significant seismic impact.

УДК 55.553.07.-504.05/.06

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ ПО ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

В. А. БУДАРИНА<sup>1</sup>, И. И. КОСИНОВА<sup>1</sup>, А. Г. АРОНОВ<sup>2</sup>, Г. А. АРОНОВ<sup>2</sup>, В. Л. МОЛЯРЕНКО<sup>3</sup>

kosinova777@yandex.ru

<sup>1</sup>ФБГОУ ВО Воронежский государственный университет,  
г. Воронеж, Россия,

aronovg@tut.by

<sup>2</sup>Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси,  
г. Минск, Беларусь,

molyarenko-vova@bk.ru

<sup>3</sup>Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,  
г. Гомель, Беларусь

**Аннотация.** Выполнена оценка экологических аспектов, формирующихся при возможной отработке Елань-Елкинского сульфидного месторождения медно-никелевых руд, расположенного в пределах Новохоперского мегаблока Воронежского кристаллического

массива (ВКМ). Выстроен жизненный цикл продукции, включающий уровни разведки, добычи, переработки и транспортировки сырья. Представлены общие закономерности распределения тяжелых металлов к продуктивным горным породам и породах вскрышной толщи. Обозначено наличие, помимо главных рудообразующих элементов (*Ni*, *Cu* и *Co*), значительной доли попутных токсических (*As*, *Sb*, *Bi* и *Pb*) компонентов.

**Ключевые слова:** экологический, аспект, горная, промышленность, переработка, жизненный цикл, руды, цветные металлы.

Эколого-геологические исследования, проведенные нами в пределах крупных горнодобывающих районов центральной части России, базировались на проведенной типологической классификации. В качестве основного критерия данной классификации использован анализ качества и вещественного состава добываемого сырья. В пределах шести исследованных районов в группе рудных горнодобывающих районов выделены железорудные, в пределах нерудных – широкий спектр карбонатных, песчаных, торфяных, суглинисто-глинистых горнодобывающих районов. В целом Центрально-черноземный экономический район включает 5 областей, имеет общую площадь 167,7. тыс. км<sup>2</sup>, средняя плотность населения составляет 47 чел/км<sup>2</sup>.

В рамках проведенных исследований рассмотрены экологические аспекты возможной разработки Елань-Елкинского месторождения сульфидных медно-никелиевых руд. Проект разработки данного месторождения должен базироваться на комплексе эффективных способов и методов развития Воронежского горнопромышленного района для обеспечения его экологической безопасности и благоприятной среды жизнедеятельности.

В 60-70-ых годах XX века в недрах Воронежского кристаллического массива (ВКР) было выявлено 5 месторождений и около 50 рудопроявлений разномасштабных по ресурсам. Ранее они рассматривались как резервная минерально-сырьевая база цветных и благородных металлов.

По предварительным оценкам ресурсов и запасов, Воронежская область является одной из крупнейших в Европе, а также третьей в России после Норильского и Кольского регионов. В целом перечисленные месторождения образуют минерально-сырьевую базу стратегически необходимых цветных металлов Российской Федерации. Поэтому Еланское и Ёлкинское месторождения являются объектами прогнозного освоения, где на долю богатых руд (содержание никеля более 2 %) приходится 60 % запасов и ресурсов.

Общие запасы и ресурсы по всем категориям составляют: никель – 1,172 млн т; медь – 134 тыс. т; кобальт – 28,2 тыс. т; содержание благородных металлов (платина, палладий, серебро) оцениваются в первых десятках тонн. На долю серебра приходится около 500 т. Руды характеризуются высоким извлечением никеля (до 94 %), меди (более 80 %) и других металлов. Специфичен состав руд, для которых характерно наличие помимо главных рудообразующих элементов (*Ni*, *Cu* и *Co*) значительной доли попутных полезных и вредных (*As*, *Sb*, *Bi* и *Pb*) компонентов [1].

Основная проблема данного горнодобывающего объекта заключается в размещении месторождения в пределах плотно заселенного Новохоперского района, отличающегося сложными гидрогеологическими условиями. Помимо этого, в пределах района размещаются особо охраняемые природные территории федерального уровня. Разработка такого типа месторождений нераздельно связана с многочисленными экологическими рисками. Начиная с 2012 по 2020 год активно рассматривался вопрос возможной разработки данного месторождения. Процесс рассмотрения сопровождался значительными протестными акциями населения Воронежской области, а также сопредельных областей.

Данное обстоятельство было результатом отсутствия прозрачности в эколого-геологических оценках и прогнозах влияния разработки месторождения на компоненты окружающей среды.

В этой связи произведена оценка экологических аспектов, формирующихся при возможной отработке Елань-Елкинского сульфидного месторождения медно-никелевых руд и разработан комплекс рекомендаций для обеспечения комфортности среды обитания в зоне его воздействия. В настоящее время в мировой практике разработан широкий спектр зеленых технологий, сопровождающих любой вид практически-хозяйственной деятельности человек.

Однако, применение данных технологий значительно повышает себестоимость продукции и, нередко, делает ее не конкурентоспособной. Целевое назначение добычи и переработки полезных ископаемых производится для повышения комфортности жизнедеятельности. Последняя не может отдельно существовать вне комфортности среды обитания. Данное противоречие должно быть осмысленно и при принятии решения о деятельности в рамках любого горнопромышленного района.

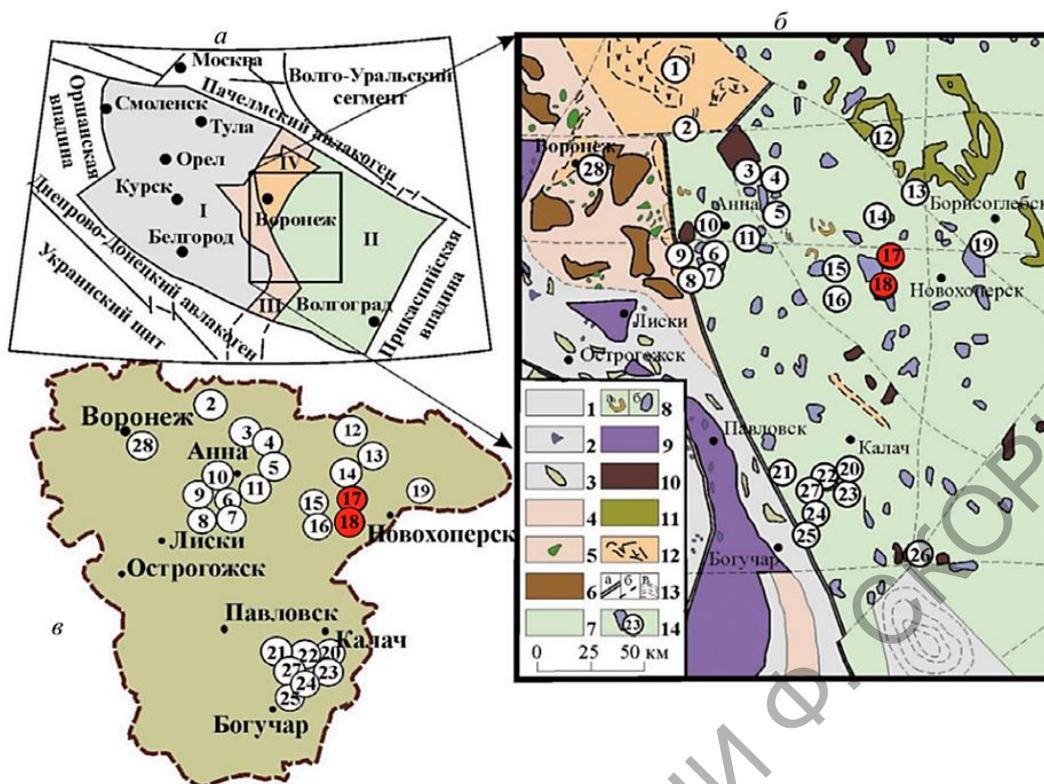
Основу работы составили комплексные эколого-геологические исследования проведенные в рамках международного гранта РФФИ № 20-55-00010/20 и БРФФИ № X20P-284 «Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов» в период 2020-2022 гг. Проанализирован химический состав проб керна с различных глубинных интервалов скважин Еланского месторождения, также использовались материалы документаций скважин, в том числе химические анализы пород полезной толщи и вскрыши.

Хопёрский мегаблок (375 x 475 км), на котором расположено Еланское месторождение, является частью Воронежского кристаллического массива (ВКМ) (рисунок 1).

Жизненный цикл разработки месторождения представляет собой чередование следующих этапов (рисунок 2): геоло-горазведочных и эксплуатационных работ, транспортировка вскрышной породы и руды на поверхность, измельчение руды, первичное а именно проходка шахт, отработка месторождения, обогащение, транспортировка полученного флотационного концентрата к дальнейшему месту металлургической обработки и различные ликвидационные работы.

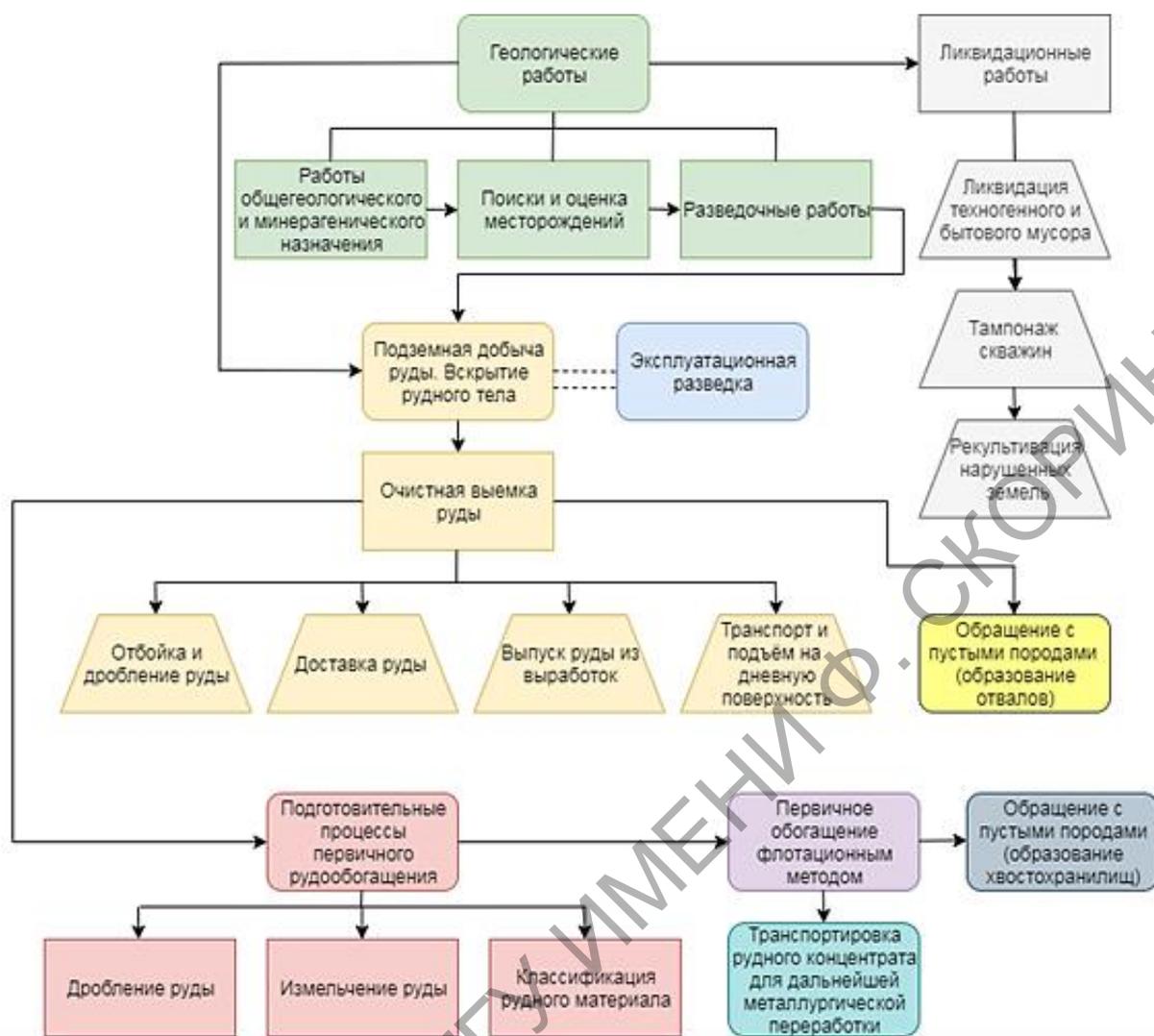
Сульфидный концентрат флотационного способа обогащения будет являться товарной продукцией будущего производства. Дальнейшая переработка и обогащение недопустимы в пределах территории Воронежской области по многим причинам и самое главное по экологической. Готовую продукцию (медно-никелевый концентрат) предполагается железнодорожным транспортом отправлять на комбинат в город Кировоград в Свердловскую область на дальнейшее обогащение.

Согласно мировой практике, экологические риски любой практически-хозяйственной деятельности оцениваются методом идентификации экологических аспектов. Экологический аспект – элемент деятельности организации, её услуг или продукции, который может взаимодействовать с окружающей средой. Основой выделения экологических аспектов является жизненный цикл продукции, включающий все этапы ее существования. Весомым экологическим аспектом считается аспект, который оказывает или способен оказать существенное воздействие на окружающую среду. Нами проведена прогнозная оценка экологических аспектов разработки и частичного обогащения сульфидных медно-никелевых руд Еланского месторождения [2].



- а) I – мегаблок КМА, II – Хоперский мегаблок, III – Лосевская шовная зона, IV – Ольховско-Шукавская грабенсинклинали;
- б) 1 – AR<sub>1ob</sub> – обоянский гранулит-мигматит-гнейсовый комплекс;  
 2 – AR<sub>2bg</sub> – белогорьевский комплекс базит-гипербазитов;  
 3 – AR<sub>2th</sub> – Михайловская осадочно-вулканогенная (коматиит-базальтовая и базит-риодацитовая) серия;  
 4 – AR-K<sub>1ls</sub> – лосевская базальт-риолитовая серия;  
 5 – K<sub>1r</sub> – габброиды рождественского комплекса;  
 б) K<sub>1us</sub> – усманский комплекс тоналит-плагиогранитов;  
 7 – K<sub>1vc</sub> – воронцовская углеродисто-терригенно-сланцевая серия;  
 8 – трахибазальтовая (K<sub>2rp</sub> панинская толща), сиенитовая и щелочно-сиенитовая (K<sub>2ar</sub> – артюшковский комплекс) формации; K<sub>1e</sub>, K<sub>1m</sub> – еланский и мамонский комплексы базит-гипербазитов;  
 9 – K<sub>1p</sub> – мигматит-гранит-граносиениты павловского комплекса;  
 10 – субщелочные граниты бобровского комплекса;  
 11 – K<sub>2n</sub> – траппы новогольского комплекса; 12 – вулканогенно-осадочная формация (K<sub>1vr</sub> – воронежская свита); верлит-габбровая (K<sub>1sk</sub> – шукавский комплекс) и габбронорит-кварцмонцит – гранитная формации (K<sub>1ol</sub> – ольховский комплекс);  
 13 – А) региональные глубинные разломы, Б) разрывные нарушения,  
 в) купольные структуры;  
 14 – месторождения, рудопроявления и потенциально перспективные участки;  
 17 – Еланский; 18 – Елкинский и другие месторождения

**Рисунок 1 – Схема структурно-формационного районирования Воронежского кристаллического массива ВКМ (а) и размещение сульфидных платиноидно-медно-никелевых месторождений и рудо-проявлений мамонского и еланского типов на прогнозно-минералогической карте платинометалльного и золото-платинометалльного оруденения докембрия ВКМ в рамках Хоперского мегаблока (б) и Воронежской области (в)**



**Рисунок 2 – Схема жизненного цикла разработки Еланского горнодобывающего района**

Все экологические аспекты геологоразведочных работ систематизированы в виде таблицы 1.

Показателен сам факт наличия очень высоких концентраций приведённых компонентов, часть которых при строительстве горных выработок попадёт в отвалы, откуда данные химические элементы начнут поступать в компоненты окружающей среды, создавая комплекс соответствующих экологических аспектов.

Экологические аспекты пылевыведений промплощадок шахт возможно разделить на две группы по интенсивности пылевыведений в окружающую среду:

1. От источников с предварительно очищенным от запылённости воздухом.
2. От неорганизованных источников пылевыведений без очистки.

Первая группа будет включать в себя: конвейерный тракт подачи руды в надштабельную галерею склада и дробильно-сортировочный комплекс. Следует выполнять все технологические мероприятия в закрытых от ветра помещениях, а также основные места пылевыведений изолировать аспирационными установками с фильтровой очисткой аспирационного воздуха.

Соответственно, вторая группа включает в себя: склады руды открытого типа, где обычно все процессы выполняются с активным пылевыведением в окружающую среду.

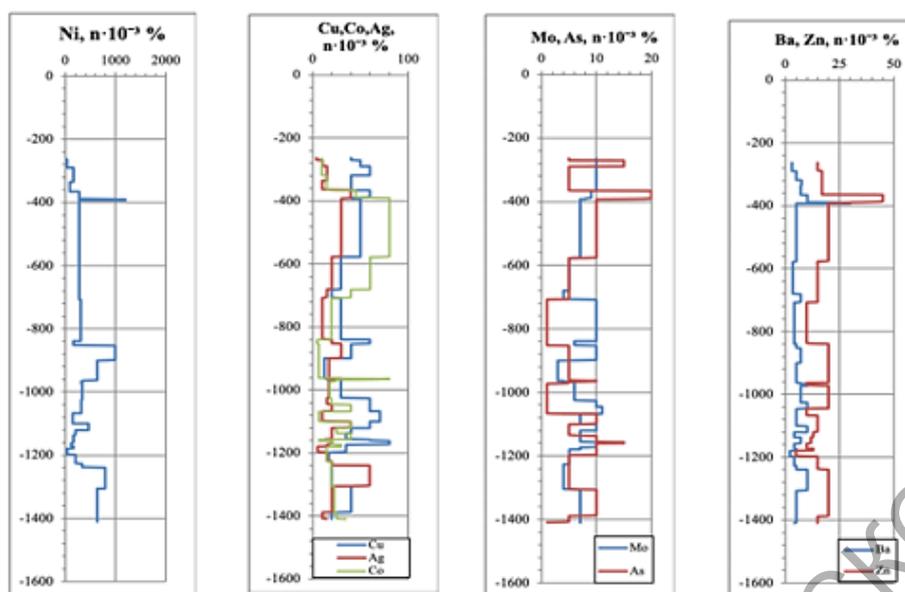
Экологические аспекты техногенных вод горных предприятий по месту и процессам образования связаны со следующими их типами:

- 1) технологические сточные воды горного пердела – рудничный (шахтный) водоотлив и воды дренажа;
- 2) подотвальные воды – формируемые в основании отвалов пустой породы и забалансовых руд, отвалов флотационного обогащения отходов и с площадок складирования сырья;
- 3) воды, образуемые атмосферными осадками – дождевые (ливневые) и талые воды от таяния снега с промплощадок.

**Таблица 1 – Экологические аспекты геологоразведочных работ**

Этапы геологоразведочных работ	Стадии геологоразведочных работ	Экологические аспекты
1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых.	Отсутствуют	Экологические аспекты отсутствуют, так как отсутствует негативное воздействие на природную среду
2. Поиски месторождения	Поисковые работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнение (запыление и газозовывание) атмосферы;</li> <li>– деформация земной поверхности;</li> <li>– нарушение почвенного покрова;</li> <li>– сокращение площади продуктивных угодий различного назначения;</li> <li>– ухудшение качества почв;</li> <li>– ухудшение условий обитания растительности и животного мира</li> </ul>
Оценка месторождения	Оценочные работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– механическое нарушение ландшафта и почвы;</li> <li>– буровые работы и проходка горный выработок;</li> <li>– образование производственных и бытовых отходов</li> <li>– ухудшение условий обитания растительности и животного мира</li> </ul>
3. Разведочные работы	Отсутствуют	<ul style="list-style-type: none"> <li>– механическое нарушение ландшафта и почвы;</li> <li>– загрязнение (запыление и газозовывание) атмосферы;</li> <li>– буровые работы и проходка горный выработок;</li> <li>– буровзрывные работы;</li> <li>– вырубка леса;</li> <li>– образование производственных и бытовых отходов.</li> </ul>

Экологические аспекты руд и пород вскрыши продемонстрированы на примере схемы геохимических разрезов распределения коэффициентов концентраций тяжёлых металлов и других рудных компонентов по глубине скважин, расположенных в пределах горнодобывающего района (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Общие закономерности распределения тяжелых металлов по исследуемым скважинам**

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Горнопромышленные районы по добыче и переработке цветных металлов характеризуются широким спектром формируемых экологических аспектов, связанных с глубиной залегания полезной толщи, значительным количеством водоносных горизонтов во вскрышной толще, необходимостью размещения значительного количества отходов как подземным, так и наземным способом и др.

2. В настоящее время в пределах центральной части России рассматриваются возможности формирования новых горнопромышленных комплексов по добыче и переработке цветных металлов. Рассматриваемый Елань-Елкинский горнопромышленный район при возможной разработке обременен двумя обстоятельствами:

- существующей высокой агропромышленной и промышленной освоенностью территории;
- значительной плотностью населения, показатели которой изменяются от 30 до 60 чел/км<sup>2</sup>.

3. Обеспечение комфортности среды обитания при формировании новых ГПР базируется на выстраивании жизненного цикла продукции и выделения соответствующих экологических аспектов. Для рассматриваемого объекта выделены экологические аспекты, соответствующей разработке Еланского месторождения сульфидных медно-никелевых руд: проведения геологоразведочных работ; пород руд и вскрышной толщ; связанные с самоизливами рассолов; производства бурового шлама; пылегазовыделения при подземной разработке месторождений; шумового и вибрационного воздействий при горных работах; техногенных вод; ликвидации горнодобывающего предприятия. Разработана систематизация укрупненных значимых экологических аспектов процесса разработки.

*Исследование выполнено при поддержке грантов БРФФИ № X20P-284 и РФФИ № 20-55-00010/20 «Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов».*

### Список литературы

1. Чернышов, Н.М. Сульфидные платиноидно-медно-кобальт-никелевые месторождения Новохопёрского рудного района и проблемы их комплексного освоения

в условиях жёстких экологических ограничений и сохранения уникальной экосистемы / Н.М. Чернышов // Вестник ВГУ. Сер. Геология. – 2013. – № 2. – С. 95–105.

2. Бударина, В.А. Экологические аспекты горнодобывающей и перерабатывающей деятельности при разработке Еланского месторождения сульфидных медно-никелевых руд. Монография / В.А. Бударина, И.И. Косинова, Ю.А. Капустина. – М. : Научная книга, 2022. – 141 с.

## ENVIRONMENTAL ASPECTS OF MINING AREAS FOR THE EXTRACTION AND PROCESSING OF NON-FERROUS METAL ORES

V. A. BUDARINA<sup>1</sup>, I. I. KOSINOVA<sup>1</sup>, A. G. ARONOV<sup>2</sup>, G. A. ARONOV<sup>2</sup>,  
V. L. MOLYARENKO<sup>3</sup>

*kosinova777@yandex.ru*

<sup>1</sup>FBGEI HE Voronezh State University,  
Voronezh, Russia,  
*aronovg@tut.by*

<sup>2</sup>Centre of Geophysical Monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus,  
*molyarenko-vova@bk.ru*

<sup>3</sup>Gomel State University named after F. Skorina,  
Gomel, Belarus

**Annotation.** An assessment of the environmental aspects formed during the possible development of the Yelan-Elkin sulfide deposit of copper-nickel ores, located within the Novokhopersky megablock of the Voronezh crystalline array VKM, was made. The life cycle of products is built, including the levels of exploration, production, processing and transportation of raw materials. The general regularities of the distribution of heavy metals to productive rocks and overburden rocks are presented. The presence, in addition to the main ore-forming elements (Ni, Cu and Co), of a significant proportion of associated toxic (As, Sb, Bi and Pb) components is indicated.

**Key words:** ecological, aspect, mining, industry, processing, life cycle, ores, non-ferrous metals.

УДК 574.4+551.583+504.064.37

## NDVI КАК ИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ

А. П. ГУСЕВ, В. Г. КРУПЯНКО

*andi\_gusev@mail.ru*

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,  
г. Гомель, Беларусь

**Аннотация.** Цель работы – изучение изменений NDVI как индикаторов антропогенных процессов в локальных геосистемах. Задачи исследований: 1) изучение временных трендов климатических показателей и NDVI локальных геосистем в 2000 – 2020 гг. 2) выяснение закономерностей изменений NDVI в различных геосистемах (лесных ненарушенных и нарушенных, болотных, пахотных, постпахотных, техногенных); 3) оценка связи