



УДК 631.47(470.325)

**СОВРЕМЕННАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В РАЙОНЕ  
С ИНТЕНСИВНОЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КМА  
MODERN GEOCHEMICAL CONDITIONS IN REGIONS WITH INTENSIVE  
MINING ACTIVITIES OF KMA**

**А.Г. Корнилов, Е.А. Дроздова, Добровольская О.А.  
A.G. Kornilov, E.A. Drozdov, O.A. Dobrovolskaya**

<sup>1</sup> Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85

<sup>1</sup> Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: kornilov@bsu.edu.ru

*Ключевые слова:* Антропогенная нагрузка, геохимия почв, Курская магнитная аномалия (КМА), отвалы вскрышных пород, суммарный показатель химического загрязнения почв, техногенная трансформация ландшафтов.

*Key words:* These pressures, geochemistry of soils, the Kursk Magnetic Anomaly (KMA), overburden, the total index of chemical contamination of soils, anthropogenic transformation of landscapes.

*Аннотация.* Проведено исследование загрязнения почв и грунтов в районе карьерного комплекса в целом и отвалов скальной вскрыши в частности одного из горнодобывающих предприятий КМА. Ухудшение земель в зоне воздействия отвалов скальной вскрыши и всего карьерного комплекса может происходить по двум направлениям: пыление отвала горных пород как стационарного объекта; атмосферические воздействия в связи с работами по отсыпке нового материала отвала, организацией дорожной сети к отвалам, что может вести к загрязнению почв вследствие воздействия пылевых выбросов при складировании пород в отвал. Рассмотрены распределения концентраций железа, кадмия, цинка, меди, селена и показателя суммарного химического загрязнения (Zc) в образцах почвенных проб.

Характер расположения отвала скальной вскрыши на рельефе местности и комплексное влияние других производственных объектов горнодобывающего предприятия на геохимическую ситуацию обуславливают незначительные колебания концентраций основных загрязняющих веществ и показателя суммарного геохимического загрязнения почв - под воздействием отвала скальных пород показатели изменяются в пределах 15–20%. Соответственно дальнейшая эксплуатация отвального комплекса на фоне данной сложной геохимической картины не может оказать сверхнормативного влияние на территорию за пределами санитарно-защитной зоны отвалов (300 м).

*Resume.* A study of soil pollution and soil in the area of career complex in general and rock overburden dumps in particular of one of the mining companies of KMA has been conducted. Geochemical study of soils district dumping complex has been carried out in accordance with regulatory requirements.

Deterioration of land in the impact zone rock overburden dumps in particular and the entire career of the complex as a whole, can occur in two ways:

(1) dusting heap of rocks as a stationary object;

(2) atmospheric exposure in connection with work on new mother spoil dumping, the organization of the road network to the dump, which can lead to contamination of soil due to exposure to dust emissions during storage in rock dump. There was examined the distribution of concentrations of iron, cadmium, zinc, copper, selenium and total indicator of chemical pollution (Zc) in samples of soil samples taken on profiles prevailing wind direction during the warm and cold seasons.

The nature of rock overburden dump location on the terrain and complex influence of other production facilities of the mining enterprise (quarry, tailing dumps and etc) to determine the geochemical situation minor variations of concentrations of major pollutants, as well as indicators of total geochemical soil pollution - under the influence of rock dump indicators change in the range of 15–20%. Accordingly, the further operation of dumping complex on the background of the complex geochemical pattern can not have an impact on the territory of the excess outside the sanitary protection zone dumps (300 m).

## Введение

В результатах предыдущих исследований техногенно-нарушенной территории горнодобывающих комплексов КМА были изучены уровни накопления тяжелых металлов в почвах и определены ориентировочные границы распределения зоны умеренно опасного загрязнения почв [Корнилов и др., 2008; Корнилов и др., 2012; Дроздова, Корнилов, 2014]. В основном зоны опасного загрязнения приходятся на территории карьеров, хвостохранилищ и отвалов, зоны умеренно-опасного загрязнения локализуются на промплощадках ГОКов, как правило, не выходя за существующие пределы санитарно-защитных зон предприятий, что, по сути, определя-



ет районы экологического неблагополучия для данной территории. Но в связи с некоторой несогласованностью данных вышеупомянутых НИР, а также в связи с периодическим расширением территории карьеров, организацией новых промплощадок и отвалов возникает необходимость в актуализации и уточнении современной ситуации. Авторами проведено исследование загрязнения почв и грунтов в районе карьерного комплекса в целом и отвалов скальной вскрыши в частности одного из горнодобывающих предприятий КМА.

### Объекты и методы исследования

Геохимическое исследование почв района отвального комплекса проводилось в соответствии с нормативными требованиями. Опробование проведено из поверхностного слоя методом «конверта» (смешанная проба на площади 25 м<sup>2</sup>) на глубину 0–5 и 5–20 см, отбор осуществлен на нормативном удалении от автомобильных дорог [СП 11-102-97, 1997].

В группу анализируемых показателей, согласно ГОСТ 17.4.2.01-81 «Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния», вошли: тяжелые металлы, нефтепродукты, аммонийный азот, сера и ее соединения, нитраты, нитриты, фтор, ароматические углеводороды, бенз(а)пирен.

Профили, по которым проводился отбор проб почвы для дальнейшего анализа, располагались с учетом источников загрязнения (карьера, промплощадок, хвостохранилищ и других источников выбросов) и основных направлений воздушных потоков от указанных объектов. Дополнительно использовались вспомогательные пункты отбора проб с учетом антропофункционального зонирования территории исследования [Корнилов и др., 2005], орографических особенностей местности и с учетом ожидаемой структуры поля загрязнения (согласно СП 11-102-97; ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84, СНиП 11-02-96).

Пункты отбора проб почвы по основным профилям располагались вдоль векторов розы ветров (за теплый и холодный период года), на расстоянии 100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м, за исключением пунктов, приходящихся на промышленные объекты. Было отобрано 44 пробы почвы с 22 участков.

### Результаты и их обсуждение

В целом, по экологической ситуации, всю территорию исследуемого горнопромышленного района в пределах Губкинского административного образования можно разделить на три сектора. Зона существенной деградации экосистем в соответствии с МУ 2.1.7.730-99, охватывающая территорию карьера и хвостохранилища, промплощадки к юго-востоку от карьера и отвалы рыхлой вскрыши, занимает около 24% территории района размещения промобъекта, характеризуется показателями Zc более 16. При этом, здесь наблюдается коренное преобразование рельефа и нарушение всех сред, хотя состояние атмосферного воздуха даже на этой территории, как правило удовлетворительное, без превышений ПДК.

Зона умеренной деградации экосистем: отвалы скальной вскрыши, промплощадки и технические водоемы. В большей степени характерна для северо-восточной и восточной части с разветвленной транспортной сетью, охватывает территории, непосредственно подходящие к карьере и испытывающие прямое или косвенное воздействие (земли под сорными залежами и промышленные ландшафты), характеризуется показателем Zc менее 16. В данную зону входит участок р. Осколец, в воде которой наблюдаются фоновые превышения ПДК по железу, нитритам и сульфатам [Корнилов и др., 2010]. Занимает около 16% площади.

Зона относительно удовлетворительной экологической ситуации располагается на остальной территории района размещения горнодобывающего предприятия (занимает более 60% территории изыскания), на землях под пашней, лесными массивами, овражно-балочными комплексами и иными угодьями, характеризуется отсутствием превышений ПДК и показателями Zc преимущественно не выше 8. Оценка существующего экологического состояния в зоне размещения отвала выполнена по материалам полевого обследования и представлена на рисунке 1.

Ухудшение земель в зоне воздействия отвалов скальной вскрыши в частности, и всего карьерного комплекса в целом, может происходить по двум направлениям:

- 1) пыление отвала горных пород как стационарного объекта;
- 2) атмосферические воздействия в связи с работами по отсыпке нового материала отвала, организацией дорожной сети к отвалам, что может вести к загрязнению почв вследствие воздействия пылевых выбросов при складировании пород в отвал. Это воздействие актуально для всей санитарно-защитной зоны отвала, но в наибольшей степени оно существенно для северо-восточного и юго-западного секторов, прилегающих к отвалу в связи с соответствующим направлением господствующих ветров в холодный и теплый периоды года.

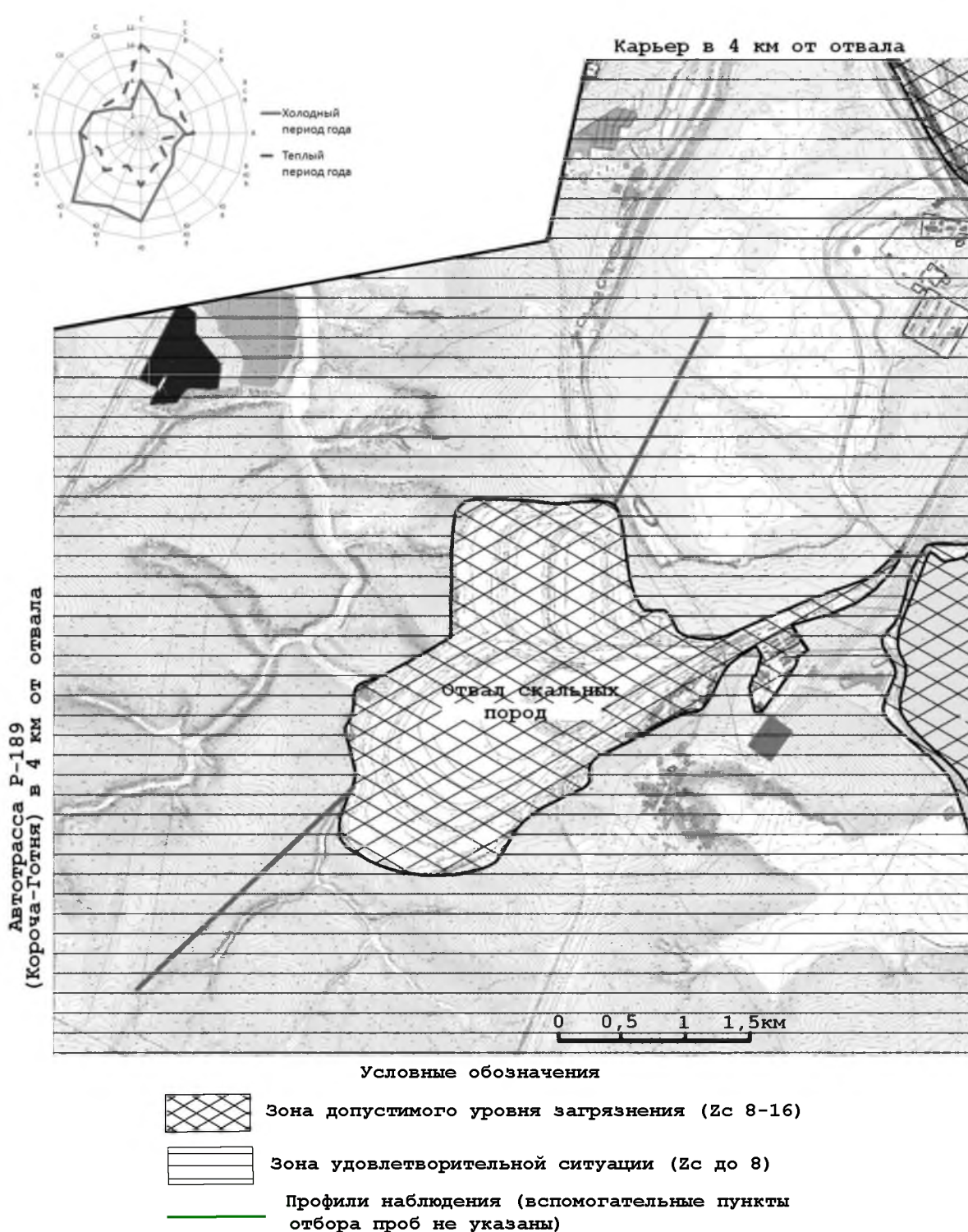


Рис. 1. Схема современной геохимической ситуации района размещения отвала скальных пород горнодобывающего предприятия КМА

Fig. 1. Scheme of modern geochemical situation of dump rock placement area of the KMA mining enterprise

Ниже рассмотрены распределения концентраций железа, кадмия, цинка, меди, селена и показателя суммарного химического загрязнения ( $Z_c$ ) в образцах почвенных проб, отобранных по профилям господствующих направлений ветров за теплый и холодный период года. Железо в почвах не относится к категории «загрязняющих веществ», но рассматривается в качестве индикаторного элемента для района расположения железорудной промышленности [Орлов, 2001].



По профилям в северном и северо-восточном направлении (основные направления атомпылевой миграции веществ за холодный период года), ситуация следующая. Геоморфологические особенности профиля: тело отвала относительно полого спускается в северном направлении и здесь же расположены основные подъездные пути по доставке материала отвала скальной вскрыши (рис. 2). В результате, первоначально, по мере удаления от отвала концентрации основных элементов-индикаторов закономерно снижаются на расстоянии 200–300 м от отвала скальной вскрыши, а далее линия профиля начинает приближаться к более крупному источнику пылевыведения – карьеру горнодобывающего предприятия, поэтому концентрации закономерно, но незначительно возрастают.

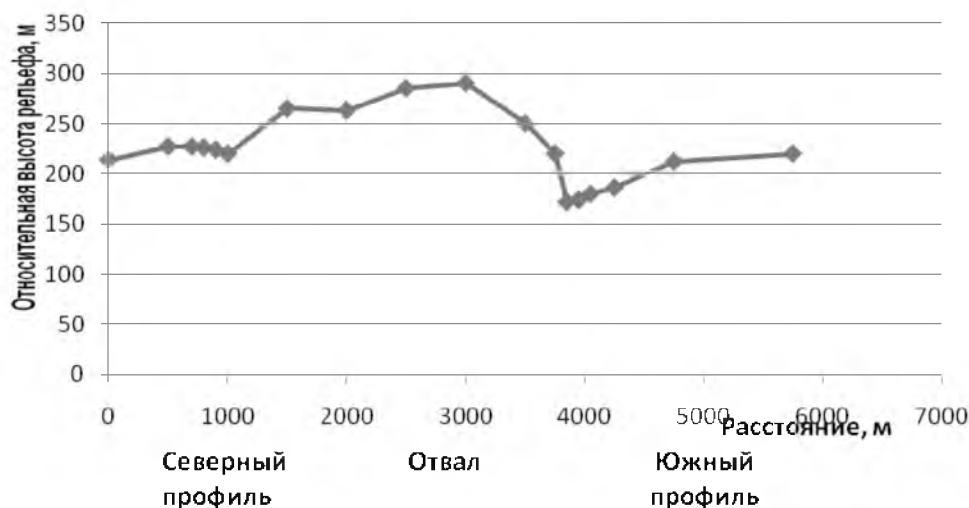


Рис. 2. Высотный профиль района размещения отвала с севера на юго-запад (по линии профиля отбора проб и через отвал)

Fig. 2. Elevation profile blade deployment area from north to south-west (along the line profile sampling and through the dump)

Таким образом, в целом, влияние отвала скальных пород на геохимическую ситуацию в северном направлении прослеживается на расстоянии до 200–300 м, диапазон изменения концентраций и показателя  $Z_c$  составляет около 20% (рис. 3, 4).

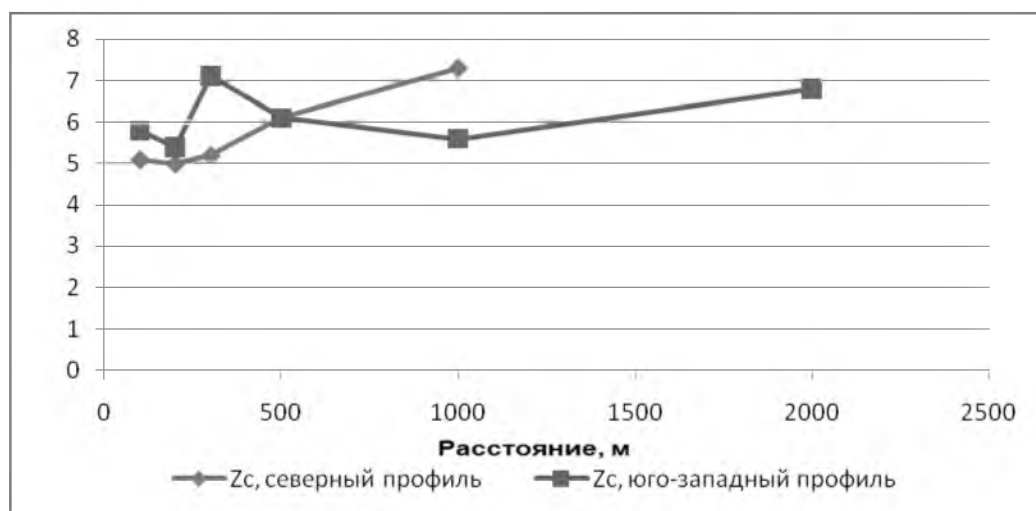


Рис. 3. Распределение показателя суммарного химического загрязнения почв ( $Z_c$ ) с удалением от отвала в северном и юго-западном направлении

Fig. 3. Distribution of the index of total chemical contamination of soils ( $Z_c$ ) with distance from the blade to the north and south-westerly direction

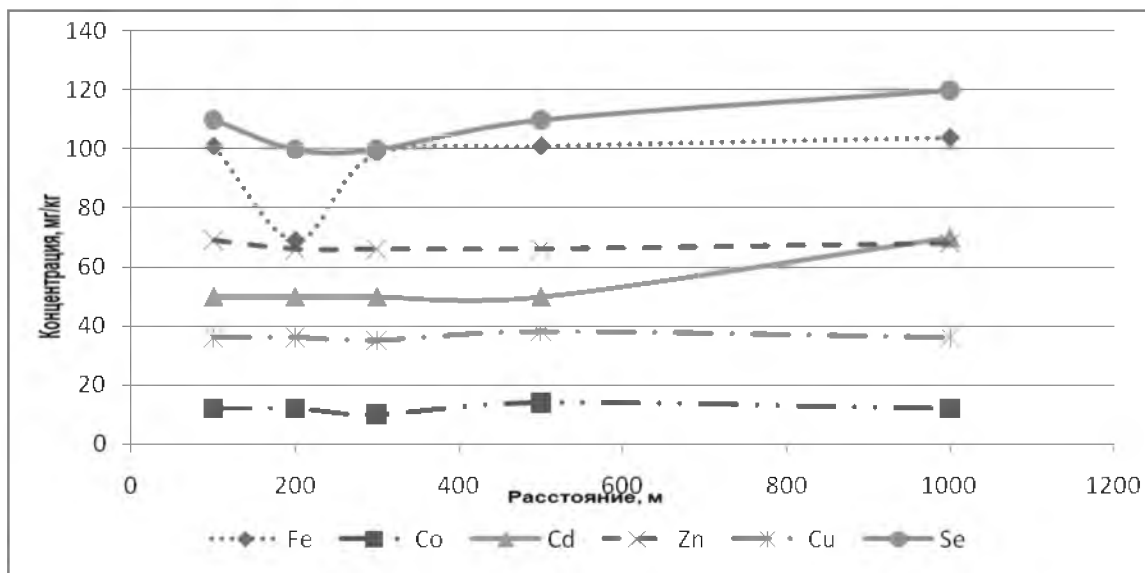


Рис. 4. Распределение концентрации химических элементов с удалением от отвала в северном направлении (концентрация *Cd* и *Se* мг/кг·10<sup>2</sup>)

Fig. 4. The distribution of the concentration of chemical elements with increasing distance from the blade to the north (the concentration of *Cd* and *Se* mg/kg·10<sup>2</sup>)

В юго-западном направлении (основное направление атопылевой миграции веществ за теплый период года) наблюдается более сложный характер изменения концентраций элементов-индикаторов по профилю (см. рис. 4, рис. 5), что вызвано рядом геоморфологических особенностей. Во-первых, достаточно круто обрывается тело отвала, возвышающаяся над окружающей местностью на 100–120 м, что обуславливает своеобразную «подфакельную» зону с низкими концентрациями исследуемых элементов на расстоянии до 100–200 м, соответственно, в конце «подфакельной» зоны наблюдается пик концентрации с дальнейшим постепенным снижением концентраций на 20% (*Zn* на 15%) на расстоянии до 500–1000 м. В дальнейшем происходит незначительное (15–20%) увеличение показателей, в связи с расположением этой части профиля на длительном протяженном склоне экспонированном в сторону основных промышленных объектов изучаемого предприятия. Указанная зона простирается до расстояния 200–2500 м.

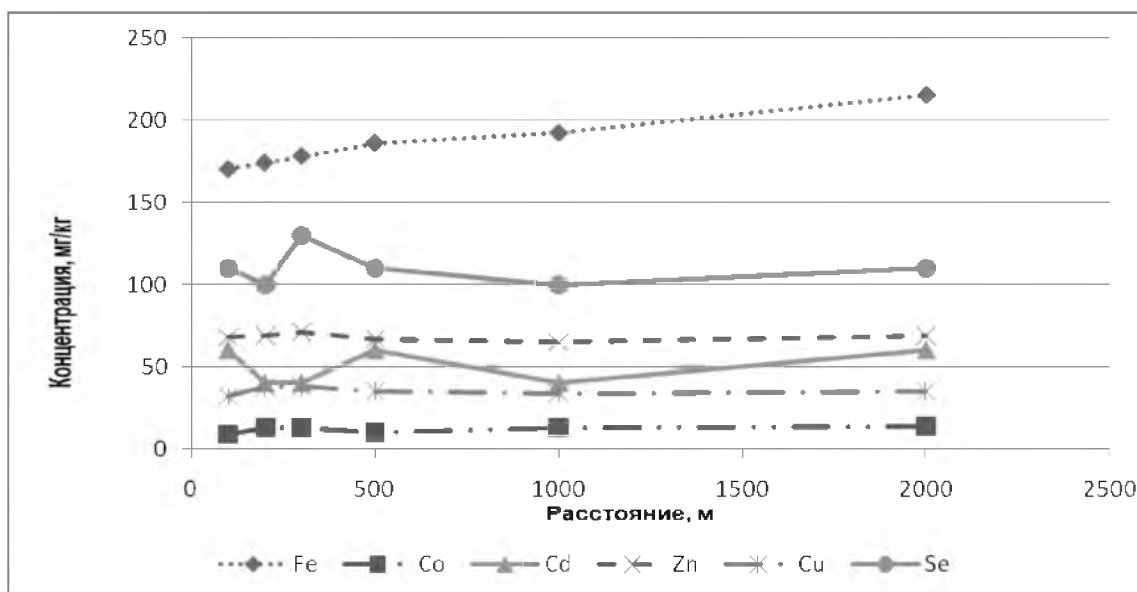


Рис. 5. Распределение концентрации химических элементов с удалением от отвала в юго-западном направлении (концентрация *Cd* и *Se* мг/кг·10<sup>2</sup>)

Fig. 5. Distribution of the concentration of chemical elements with increasing distance from the blade to the south-west direction (the concentration of *Cd* and *Se* mg/kg·10<sup>2</sup>)



### Выводы

Таким образом, характер расположения отвала скальной вскрыши на рельефе местности и комплексное влияние других производственных объектов горнодобывающего предприятия (карьер, хвостохранилище, иные отвалы) на геохимическую ситуацию обуславливают незначительные колебания концентраций основных загрязняющих веществ, а также показателя суммарного геохимического загрязнения почв – под воздействием отвала скальных пород показатели изменяются в пределах 15–20%. Соответственно дальнейшая эксплуатация отвального комплекса на фоне данной сложной геохимической картины не может оказать влияние на территорию за пределами санитарно-защитной зоны отвалов (300 м).

С учетом того, что в санитарно-защитной зоне действующих в течение 40 лет отвалов содержание тяжелых металлов не превышает 0.7 ПДК, а показатель Zc (максимальное значение Zc 8) соответствует категории «относительно удовлетворительной экологической ситуации» (Zc до 16, в соответствии с МУ 2.1.7.730-99), максимально возможное расчетное изменение геохимических показателей в пределах СЗЗ допускает наращивании производственных мощностей отвального комплекса на 20–30%, не приводя к сверхнормативному загрязнению земельных ресурсов. Ожидаемое экологическое состояние по учтенным показателям на период дальнейшей эксплуатации отвалов (25–30 лет) может классифицироваться, согласно МУ 2.1.7.730-99, как «зона относительно удовлетворительной экологической ситуации».

### Благодарности

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом (код проекта: 185) на 2015 год.

### Список литературы

#### References

1. ГОСТ 17.4.2.01-81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. Дата введения 01.08.1982.  
GOST 17.4.2.01-81. Nature protection. Soils. Nomenclature of sanitary condition indices. Date of introduction 01.08.1982. (in Russian)
2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Дата введения 01.07.1984.  
GOST 17.4.3.01-83. Nature protection. Soils. General requirements for sampling. Date of introduction 01.07.1984. (in Russian)
3. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Дата введения 01.01.1986.  
GOST 17.4.4.02-84. Nature protection. Soils. Methods for sampling and preparation of soil for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Date of introduction 01.01.1986. (in Russian)
4. Дроздова Е.А., Корнилов А.Г. 2014. Анализ геохимического состояния почв региона КМА. Академический журнал Западной Сибири, 10 (4): 46–47.  
Drozdova E.A., Kornilov A.G. 2014. Analysis of geochemical condition of soils in the region of KMA. Akademicheskii zhurnal Zapadnoy Sibiri, 10 (4): 46–47. (in Russian)
5. Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Кичигин Е.В., Гордеев Л.Ю. 2010. Сравнительная характеристика воздействия горнодобывающих предприятий КМА на экологическую ситуацию рек Белгородской области. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 6: 134–139.  
Kornilov A.G., Kolmykov S.N., Kichigin E.V., Gordeev L.Yu. 2010. Comparative characteristics of the impact of mining enterprises KMA on the ecological situation of rivers Belgorod region. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) [Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)], (6): 134–139. (in Russian)
6. Корнилов И.А., Новых Л.Л., Корнилов А.Г. 2012. Геоэкологическая ситуация в промышленной зоне Белгородской области. Геология, география и глобальная энергия, 2 (45): 221–227.  
Kornilov I.A., Novykh L.L., Kornilov A.G. 2012. Geoecological situation in the industrial area of the Belgorod region. Geologiya, geografiya i global'naya energiya [Geology, geography and global energy], 2 (45): 221–227. (in Russian)
7. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Кичигин Е.В., Присный Ю.А., Колчанов А.Ф., Присный А.В. 2008. Современные изменения природных комплексов в Старооскольско-Губкинском промышленном районе Белгородской области. Известия РАН. Серия географическая, (2): 85–92.  
Kornilov A.G., Petin A.N., Kichigin E.V., Prisnyy Yu.A., Kolehanov A.F., Prisnyy A.V. 2008. Recent changes in natural systems in Sary Oskol Gubkin-industrial area of the Belgorod region. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya, (2): 85–92. (in Russian)
8. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Назаренко Н.В. 2005. Антропофункциональный анализ территории как основа эколого-географического районирования Белгородской области. Проблемы региональной экологии, 1: 21–26.



Kornilov A.G., Petin A.N., Nazarenko N.V. 2005. Antropofunksional'nyy analiz territorii kak osnova ekolgo-geograficheskogo rayonirovaniya Belgorodskoy oblasti [Antropofunksionalny analysis of the territory as a base ekolgo-geographical regionalization of the Belgorod region]. Problemy regional'noj jekologii [Regional Environmental Issues], (1): 21–26 (in Russian)

9. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Дата введения 05.04.1999.

MU 2.1.7.730-99. Hygienicevaluation of soil in residential areas. Date of introduction 05.04.1999. (in Russian)

10. Орлов В.П. (ред.). 2001. Железные руды КМА. М., Геоинформмарк, 616.

Orlova V.P. (red.). 2001. Zheleznye rudy KMA [Iron ore of KMA]. Moscow, Geoinformmark, 616. (in Russian)

11. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Дата введения 01.11.1996.

SNiP 11-02-96. Engineering survey for construction. Basic principles. Date of introduction 01.11.1996. (in Russian)

12. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Дата введения 15.08.1997.

SP 11-102-97. Engineering and environmental surveys for construction. Date of introduction 15.08.1997. (in Russian)