

УДК 574.4:631.41:553.31(470.323)

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

© 2021 г. А. И. Стифеев<sup>1</sup>, О. В. Никитина<sup>1,\*</sup>, В. И. Лазарев<sup>2</sup>, Р. А. Зиновьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова  
305021 Курск, ул. Карла Маркса, 70, Россия

<sup>2</sup> Курский федеральный аграрный научный центр  
305021 Курск, ул. Карла Маркса, 70б, Россия

\*E-mail: Nikioxana2009@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.10.2020 г.

После доработки 11.01.2021 г.

Принята к публикации 10.04.2021 г.

Наибольшее воздействие на окружающую природную среду оказывают горнодобывающие комплексы. С начала 1960-х гг. в центре России функционируют 3 горнодобывающих комбината (ГОК): Михайловский, Старооскольский и Лебединский, где добыча железной руды осуществляется открытым способом. При этом изымаются из землепользования ценнейшие плодородные почвы – черноземы. В настоящее время нарушено 36 тыс. га и продолжается тенденция к их увеличению. В результате взрывов железной руды, создания отвалов горных пород, хвостохранилищ происходит загрязнение прилегающих к ним почв на расстоянии до 20 км от их местонахождения. Приведены данные агрохимических свойств почв и содержание в них тяжелых металлов (ТМ) в условиях функционирования Михайловского ГОКа, установлено превышение ПДК ТМ в почвах. Накопление в почвах ТМ уменьшило количество полезной микрофлоры (*Azotobacter*, *Rhizobium*, *Clostridium*), снизило биологическую активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов и ферментативную активность каталазы в 1.7 раза. Определена урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя в производственных посевах ООО “Горняк”, ООО “Восход” и ООО “Возрождение”, расположенных на разном расстоянии от источников загрязнения: соответственно 20, 5 и 0.5 км. Установлено снижение урожайности пшеницы и ячменя на 8.2–7.2 ц/га в сравнении с контролем (20 км). Содержание ТМ в зерне ячменя отмечено в зоне активного загрязнения (5 км), где наблюдается превышение ПДК Cd в 4.5 раза (ячмень) и 7 раз (пшеница). Предложены меры по снижению загрязнения серых лесных почв при добыче железной руды в условиях МГОКа КМА.

**Ключевые слова:** Курская магнитная аномалия, отвалы, хвостохранилище, техногенный ландшафт, тяжелые металлы, микроорганизмы, урожайность, почвы.

**DOI:** 10.31857/S0002188121070103

### ВВЕДЕНИЕ

В начале XXI столетия антропогенная деятельность стала ведущим по значимости и масштабам экологическим фактором. Развитие промышленного и сельскохозяйственного производства приводит к нарушению природных циклов миграции элементов. Вещества, используемые в промышленности, чаще всего относятся к металлам, в результате чего отмечена “металлизация” ландшафтов. Значительные проявления этих процессов наблюдаются на территориях добычи и переработки минерального сырья. К таким регионам следует отнести территорию Курской магнитной аномалии (КМА), где добыча и обогащение железной руды осуществляется 3-мя круп-

нейшими горно-обогатительными комбинатами (ГОК): Михайловским, Лебединским и Стойленским. Технология добычи железной руды производится открытым способом. В результате этого в почвенном покрове, прилегающем к карьерам, отвалам и хвостохранилищам снижается плодородие в результате поступления в почву пылевых выбросов, содержащих тяжелые металлы (ТМ).

В настоящее время под карьеры, отвалы и хвостохранилища из землепользования 2-х областей изъято свыше 36 тыс. га ценнейших черноземов и серых лесных почв [1]. В результате открытого способа добычи железной руды из карьеров извлечено более 2 млрд м<sup>3</sup> горных пород различного геологического возраста и состава. Горно-обогат-

тельными комбинатами отсыпано  $\approx 1$  млрд  $\text{м}^3$  отходов обогащения. В результате на смену естественным ландшафтам приходят техногенные, которые оказывают влияние на загрязнение почвы, атмосферного воздуха и поверхностных водоемов [2]. Исследованиями [3] установлено, что предприятия по добыче железной руды влияют на почву до 30 км от источников выбросов загрязнителей, при этом [4] отмечено, что в окружающую среду поступает 55 химических элементов, 9 из них относятся к веществам 1-го и 2-го класса опасности.

Такое состояние при добыче железной руды на КМА требует создания экологически устойчивого техногенного ландшафта, позволяющего решать практические вопросы по преобразованию техногенных ландшафтов, снижению негативного влияния на окружающую среду, повышению продуктивности загрязненного почвенного покрова.

Цель работы – изучение техногенного воздействия на почвы и продуктивность агроценозов на территории прилегающей к Михайловскому ГОКу КМА.

В задачи исследования входило:

– определение агрохимических свойств почв и валового содержания ТМ, поступающих в почву из техногенных ландшафтов Михайловского железорудного месторождения КМА;

– определение биологической и ферментативной активности микроорганизмов в почве в зависимости от поступления ТМ;

– закладка производственного опыта по определению влияния ТМ на урожайность и качество зерна озимой пшеницы и ярового ячменя.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование по определению влияния Михайловского ГОКа на состояние почвенного покрова и продуктивность агроценозов проводили в 2017–2019 гг. Карьер МГОКа занимает площадь свыше 2500 га, глубина карьера превышает 350 м. Добыча железной руды осуществляется путем взрывов, в результате чего в атмосферный воздух поступают пылевые выбросы различного химического состава. Вблизи карьера отсыпано в отвалы свыше 1 млрд  $\text{м}^3$  горных пород, которые занимают площадь  $\approx 5$  тыс. га. С их поверхности в результате дефляции происходит загрязнение атмосферного воздуха.

Хвостохранилище обогатительной фабрики МГОКа – одно из крупнейших в России, площадь земельного отвода составляет 2500 га. Хво-

стоохранилище намывного типа, 2-го класса опасности представляет собой естественную емкость, образованную плотиной в русле реки Песочной и ограниченную дамбами из кварцитов. С пляжных подсушенных поверхностей в результате дефляции переносятся отходы обогащения до 200 т/га в течение года.

Почвенные образцы отбирали в зоне влияния пылевых выбросов из карьера, хвостохранилища и отвалов Михайловского горно-обогатительного комбината. Определение агрохимических свойств серых лесных почв в ООО “Горняк”, ООО “Восход” и ООО “Возрождение” проводили в зависимости от расстояния 20, 5 и 0.5 км от источников загрязнения согласно розе ветров. Отбор проб осуществляли в слоях 0–10, 10–20, 20–30 и 30–40 см почвы, повторность трехкратная. Агрохимические свойства почв определяли согласно руководству по химическому анализу почв [5].

Определение содержания ТМ в почвах проводили согласно методическим рекомендациям по обследованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными выбросами. Схема отбора образцов включала отбор образцов почвы на расстоянии 0.5, 1, 3, 5, 7, 9, 12, 15 и 20 км от источников их поступления. Глубина отбора – слой 0–20 см. Все почвенные образцы отбирали почвенным тростевым буром ВП-25-15 по диагонали агроценозов.

Схема производственного опыта с посевом озимой пшеницы (сорт Московская-56) и ярового ячменя (сорт Скакун) включала: посев данных культур в хозяйстве ООО “Горняк” на расстоянии 20 км от источников загрязнения, в хозяйстве ООО “Восход” на расстоянии 5 км от источников загрязнения и в хозяйстве ООО “Возрождение” на расстоянии 0.5 км от источника загрязнения. Почвы имели одинаковые агрохимические свойства (содержание гумуса в слое 0–10 см составило 3.2%; подвижного фосфора – 99, обменного калия – 113 мг/кг, рН 5.4). Посевная площадь под озимой пшеницей составляла 50 га, под яровым ячменем – 30 га. Посев проводили в оптимальные сроки: озимую пшеницу сеяли 4 сентября 2018 г., яровой ячмень – 28 апреля 2019 г. Норма высева составила 220 кг/га (озимая пшеница) и 250 кг/га (ячмень). Уборку культур проводили по мере созревания соответственно 20 и 25 июля комбайном ДОН-500. Учет урожая на каждом поле определяли на площади 200  $\text{м}^2$ , в трехкратной повторности, затем пересчитывали урожай в расчете на 1 га.

Статистическую обработку урожайных данных проводили с помощью пакетов программ статистического анализа STATGRAPHICS Plus.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наибольшее распространение в зоне функционирования карьера, отвалов и хвостохранилища имели серые лесные почвы, характеризующиеся наличием в почвопоглощающем комплексе обменных катионов водорода и кислой реакцией среды. Анализ физических свойств почв показал, что плотность сложения верхнего гумусового горизонта в среднем составляла 1.22 г/см<sup>3</sup>, плотность твердой фазы менялась от 2.60 до 2.66 г/см<sup>3</sup>, гранулометрический состав – тяжелосуглинистый. Результаты агрохимических свойств серых лесных почв Железногорского р-на приведены в табл. 1.

Результаты определения агрохимических свойств почв свидетельствовали о том, что в верхнем (0–10 см) слое содержание гумуса составляло 3.2%, с глубиной (30–40 см) его содержание уменьшалось до 0.9%. Реакция среды была слабокислой – рН 5.4. Гидролитическая кислотность в верхнем слое менялась от 4.7 (слой 0–10 см) до 4.0 мг-экв/100 г почвы (слой 30–40 см). Сумма обменных оснований была невысокой и соответственно составляла от 22.1 до 18.0 мг-экв/100 г почвы. Содержание подвижных элементов питания в верхнем слое составляло: азота – 75, фосфора – 99 и калия – 113 мг/кг. В целом для получения высокого (прогнозируемого) урожая сельскохозяйственных культур требовалось внесение минеральных удобрений.

В табл. 2 приведены данные содержания валовых форм ТМ в почве в зависимости от источников их поступления. Показано, что поступление пылевых выбросов из карьера, отвалов и хвостохранилища приводило к увеличению содержания в почве ТМ. Наибольшее их содержание отмечено на расстоянии от источника выбросов 5–9 км. На расстоянии 12 и более километров содержание кадмия не превышало ПДК. Отмечено снижение содержания валового кадмия с расстояния 12 км. Содержание кобальта в валовой форме превысило ПДК на расстоянии 0.5 км (в 1.4 раза) и снизилось на расстоянии до 12 км (до 1.1 раза). Максимальное количество кобальта отмечено на расстоянии от источника загрязнения 5 км, где ПДК была превышена в 3.7 раза. Содержание меди превышало ПДК на расстоянии 5 и 7 км и составило соответственно 1.7 и 1.2 ПДК. Наибольшее загрязнение почв было валовым железом. Превышение фонового содержания железа в валовой форме отмечено в образцах почв, взятых на расстоянии от 0.5 км, где превышение фона составило 5.9 раза, максимальное содержание отмечено

**Таблица 1.** Агрохимические свойства серых лесных почв Железногорского р-на Курской обл. (средние)

Показатель	Горизонт, см			
	0–10	10–20	20–30	30–40
Гумус, %	3.2	2.7	1.1	0.9
рН <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	5.4	5.4	5.5	5.6
H <sub>г</sub> , мг-экв/100 г почвы	4.7	4.5	4.2	4.0
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	22.1	22.0	19.2	18.0
Гидролизующий азот по Тюрину–Кононовой, мг/кг	75.0	67.0	52.0	39.0
Подвижный фосфор по Чирикову, мг/кг	99.0	100	98.8	90.0
Обменный калий по Масловой, мг/кг	113	114	114	114

**Таблица 2.** Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве в зависимости от источников их поступления (слой 0–20 см почвы), мг/кг

Расстояние от источника загрязнения, км	Содержание ТМ						
	Cd	Cu	Zn	Mn	Pb	Fe	Co
0.5	8.4	19.8	6.7	33.2	6.1	1930	17.2
1	12.3	47.8	10.1	30.1	8.2	823	34.0
3	19.6	51.7	21.1	32.4	18.4	8680	38.8
5	22.3	85.8	43.1	47.2	27.2	9850	44.8
7	10.4	58.8	33.5	36.0	22.1	8350	37.2
9	3.8	48.9	26.7	34.6	19.3	7030	31.2
12	2.5	47.3	25.3	32.1	14.7	4390	13.6
15	1.8	20.3	17.0	30.8	6.1	2390	11.6
20	0.9	18.7	11.9	30.0	5.7	1310	6.0
ПДК (ЦИНАО, 1991) (фон)	3.0	55.0	100	1500	32.0	330	12.0

на расстоянии 5 км (в 29 раз), и загрязнение уменьшалось на расстоянии 20 км до 3.9 раза.

Таким образом, основными загрязнителями серых лесных почв в пахотном горизонте (0–20 см) были следующие элементы: Cd, Cu, Co и Fe.

Почва является единственной природной средой, где для развития полезной микрофлоры существуют необходимые условия [10–12]. В 1 г серых лесных почв содержится >500 млн бактерий, масса которых достигает 1 т/га. Основные виды полезной микрофлоры представлены родами *Azotobacter* – индикаторами плодородия, *Rhizobium* – азотфиксаторами, *Clostridium* – свободноживу-

**Таблица 3.** Количество полезной микрофлоры в серой лесной почве в зависимости от содержания в ней ТМ (тыс. шт./г почвы)

Род микрофлоры	Глубина отбора образца, см	Расстояние от источника загрязнения, км		
		0.5	5	20
<i>Azotobacter</i>	0–15	5.2	19.5	28.1
<i>Rizobium</i>	0–15	6.3	10.9	19.0
<i>Clostridium</i>	0–15	5.8	13.8	22.4

**Таблица 4.** Целлюлозоразрушающая активность микроорганизмов в зависимости от загрязнения почв тяжелыми металлами

Расстояние от источника загрязнения, км	Убыль ткани через 40 сут экспозиции, %				
	повторность			среднее	отклонение от контроля
	1	2	3		
0.5	16.4	17.6	18.0	17.3	14.9
5	12.2	13.0	13.9	13.1	9.1
20 (контроль)	30.4	32.0	34.2	32.2	0
<i>HCP</i> <sub>05</sub>					4.1

щими азотфиксаторами. Накопление в почве ТМ в условиях кислой среды (рН 5.4) значительно повлияло на полезную микрофлору (табл. 3). Показано, что в зоне активного загрязнения почв ТМ количество полезной микрофлоры было минимальным и составляло 5.2 тыс. шт./г почвы (*Azotobacter*), 6.3 тыс. шт./г почвы (*Rhizobium*) и 5.8 тыс. шт./г почвы (*Clostridium*). По мере удаления от источников загрязнения их количество увеличивалось и в контроле составило 28.1, 19.0 и 22.4 тыс. шт./г почвы соответственно [12].

В составе органических веществ растительно-го происхождения находится большая группа микроорганизмов, разрушающих целлюлозу (клетчатку). От количества этих микроорганизмов и условий окружающей среды зависит активность и скорость разложения клетчатки. В исследовании [12] установлено, что загрязнение почв антропогенными выбросами привело к резкому снижению биологической активности. Результаты исследования активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почве под посевами озимой пшеницы после ее уборки приведены в табл. 4. Согласно приведенным данным, отмечено значительное влияние ТМ на разложение клетчатки. В контроле была выявлена высокая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, что составило 32.2%. В зависимости от величины загрязнения почв ТМ, активность микроорганизмов составила 17.3 (0.5 км) и 13.1% (5 км). Соответственно активность микроорганизмов уменьшилась на 14.9 и 9.1% по сравнению

с контролем. Таким образом, активность микроорганизмов в почве во многом зависела от местонахождения источников поступления ТМ.

Большой интерес представляла взаимосвязь между активностью почвы и формированием симбиотического аппарата. Ферментативная активность тесно связана с кислотностью почв, содержанием в ней биофильных элементов и концентрацией ТМ [13, 14].

Наиболее широко изучена каталаза, которая разлагает в почве ядовитый для клеток пероксид водорода, образующийся в процессе дыхания живых организмов. Каталаза является не только внутриклеточным ферментом, она активно выделяется микроорганизмами в окружающую среду, обладает высокой устойчивостью, может накапливаться и длительно храниться в почве. Результаты проведенных анализов позволили судить о том, что на ферментативную активность почвы значительное влияние оказало загрязнение почвы ТМ в результате их аккумуляции (табл. 5). Показано, что на расстоянии 20 км при наименьшем загрязнении почв ТМ отмечали наибольшую ферментативную активность каталазы, которая составила 4.3 см<sup>3</sup> O<sub>2</sub>/г/мин, по мере загрязнения почв ТМ активность каталазы снижалась на 0.7 (0.5 км) и 1.7 см<sup>3</sup> O<sub>2</sub>/г/мин (5 км). Таким образом, загрязнение почв ТМ приводило к снижению ферментативной активности почвы.

Исследования ряда ученых [15–18] свидетельствовали о влиянии ТМ на рост, развитие и про-

**Таблица 5.** Ферментативная активность каталазы в зависимости от поступления в почву ТМ, см<sup>3</sup> О<sub>2</sub> г/мин

Расстояние от источника загрязнения, км	Повторность			Среднее	Отклонение от среднего
	1	2	3		
0.5	3.1	3.8	4.0	3.6	-0.7
5	2.0	2.9	3.0	2.6	-1.7
20 (контроль)	3.9	4.2	5.0	4.3	0
<i>HCP</i> <sub>05</sub>			0.9		

дуктивность сельскохозяйственных культур. Представляло интерес изучить влияние уровня загрязнения почв ТМ в зависимости от расстояния от источника их поступления на урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя (табл. 6). Приведенные данные свидетельствовали о том, что наибольший урожай был получен в агроценозах, расположенных на расстоянии 20 км от источников загрязнения и составил 34.8 ц/га (пшеница) и 24.6 ц/га (ячмень).

В непосредственной близости к источникам загрязнения (0.5 км) урожайность пшеницы снизилась на 3.6, ячменя – на 3.3 ц/га. Как отмечено выше, в этом случае уровень поступления в почву ТМ был максимальным, и их содержание в почве превышало ПДК в несколько раз, что значительно повлияло на снижение урожайности культур. Для озимой пшеницы урожайность уменьшилась на 8.2 ц/га, ярового ячменя – на 7.2 ц/га. Таким образом, накопление в почве ТМ в валовой форме приводило к значительному снижению урожайности зерновых культур.

Было также изучено поступление ТМ в зерно озимой пшеницы и ярового ячменя. Растения являются чувствительными индикаторами состояния экологической среды.

**Таблица 6.** Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя в зависимости от уровня загрязнения почв ТМ, ц/га

Расстояние от источника загрязнения, км	Делянка			Среднее	Отклонение от среднего
	1-я	2-я	3-я		
20 км (контроль)	33.5	34.8	36.2	34.8	–
	23.0	24.2	26.1	24.6	
5 км	26.0	26.9	27.0	26.6	-8.2
	16.1	17.3	18.9	17.4	-7.2
0.5 км	29.6	31.0	33.2	31.2	-3.6
	23.0	24.9	26.0	21.3	-3.3
<i>HCP</i> <sub>05</sub>				3.8	
				3.9	

Примечание. Над чертой – озимая пшеница, под чертой – яровой ячмень. То же в табл. 7.

гической среды. Как отмечено в [18], наличие техногенных источников загрязнения почв способствует поступлению ТМ в растения, которые накапливаются не только из почвы, но и из воздуха. Существует 2 основных пути поступления ТМ в растения: корневой и фолитарный (через листья). Было изучено содержание ТМ в зерне возделываемых культур (табл. 7). Анализ данных свидетельствовал о том, что содержание в зерне пшеницы и ячменя Mn, Pb, Co, Fe не превышало ПДК. Установлено превышение в зерновой продукции пшеницы содержания Cd на расстоянии 0.5 км в 5 раз, 5 км – в 7 раз, ячменя соответственно в 2.0 и 4.5 раза. Кроме того, в зерне ячменя отмечено незначительное превышение содержания Cu и Zn. Таким образом, техногенное воздействие карьера, отвалов горных пород и хвостохранилища приводило к загрязнению ТМ не только почв, но и урожая зерновых культур.

## ВЫВОДЫ

1. Добыча железной руды на территории КМА приводит к значительному экологическому воздействию на окружающую среду. Пылевые выбросы (поступление) из карьеров, с поверхности отвалов и хвостохранилищ загрязняют почвы, что снижает продуктивность и качество продукции агроценозов.

**Таблица 7.** Содержание ТМ в зерне озимой пшеницы и ярового ячменя (2019 г.)

Расстояние от источника загрязнения, км	Содержание ТМ, мг/кг						
	Cd	Cu	Zn	Mn	Pb	Fe	Co
20 (контроль)	0.02	1.35	10.8	110	2.2	14.4	1.1
	0.02	3.41	21.4	117	2.0	32.1	0.8
5	0.14	1.89	12.4	119	2.6	19.2	2.8
	0.09	5.78	28.9	141	2.8	37.0	1.1
0.5	0.11	1.27	10.5	99	2.0	14.4	1.3
	0.05	2.86	25.0	101	2.3	27.9	0.9
ПДК	0.02	5	25	150	3.2	50	10

2. Анализ агрохимических показателей пахотных земель показал, что в почву поступают тяжелые металлы (ТМ): Cd, Cu, Zn, Mn, Pb, Fe, Co, содержание отдельных из них в 5-км зоне от источников их поступления превышало ПДК. Для Cd отмечено превышение в 7 раз, Co – в 1.4 раза, Fe – в 29 раз.

3. ТМ оказывают неблагоприятное воздействие на биологическую активность полезной микрофлоры. Количество азотфиксирующих микроорганизмов в 5-км зоне снижалось: *Rizobium* – в 3 раза, *Azotobacter* – в 5 раз, *Clostridium* – в 4 раза, ферментативная активность каталазы уменьшилась в 1.8 раза.

4. Продуктивность озимой пшеницы и ярового ячменя в 5-км зоне от источников загрязнения снижалась соответственно на 8.2 и 7.2 ц/га, при этом отмечено поступление в зерно Cd, Cu и Zn.

6. *Важенин И.Г.* Методические рекомендации по обоснованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными выбросами М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1987. 25 с.

7. *Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.* Практикум по микробиологии. М.: Колос, 1993. 175 с.

8. *Звягинцев Д.Г., Асеев И.В., Бабьева И.П.* Методы почвенной микробиологии. М.: Изд-во МГУ, 1980. 224 с.

9. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

10. *Аристовская Т.В.* Микробиология процессов почвообразования Л.: Наука, 1980. 187 с.

11. *Мишустин Е.Н., Шильникова В.К.* Биологическая фиксация атмосферного азота. М.: Колос, 1968. 532 с.

12. *Стифеев А.И., Лазарев В.И., Никитина О.В.* Роль микроорганизмов в круговороте веществ и почвенном плодородии Центрального Черноземья // Вестн. КурскГСХА. 2019. № 9. С. 22–29.

13. *Щербакова Т.А.* Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Минск, 1983. 220 с.

14. *Ильин В.Б., Гармаш Г.А., Гармаш Н.Ю.* Влияние тяжелых металлов на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 1985. № 6. С. 90–100.

15. *Стифеев А.И., Бессонова Е.А., Кемов К.Н., Никитина О.В.* Оценка и нормирование экологического состояния почв в зоне функционирования Михайловского железорудного комбината КМА // Вестн. КурскГСХА. 2015. № 4. С. 54–57.

16. *Стифеев А.И., Бабенко О.В.* Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях пригородной зоны // Вестн. РАСХН. 2008. № 3. С. 36–38.

17. *Фильчаков Ю.В., Стифеев А.И.* Влияние хвостохранилища Михайловского ГОКа КМА на почвенный и растительный покров // Аграр. наука. 2007. № 9. С. 8–10.

18. *Шиханов Н.С., Юлушев И.Г.* О фоновом содержании некоторых микроэлементов в растениях на территории Кировской области // Рациональное использование и охрана лугов Урала. Пермь, 1984. С. 127–131.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стифеев А.И., Бессонова Е.А.* Биологическая рекультивация нарушенных земель Центрального Черноземья – основной путь создания устойчивых техногенных ландшафтов Курской магнитной аномалии // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Мат-лы Международ. научн. конф. Екатеринбург, 4–8 июня, 2007 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 558–596.
2. *Стифеев А.И., Никитина О.В., Бессонова Е.А., Кемов К.Н.* Рекультивация нарушенных земель и технология их реабилитации на территории ЦЧ // Международ. сел.-хоз. журн. 2017. № 6. С. 34–38.
3. *Афанасьева Г.Е.* Установление ареалов воздействия горных пород на окружающую среду // Экология, окружающая среда и здоровье населения Центрального Черноземья: Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. Ч. 2. Курск: КГМУ, 2005. С. 5–7
4. *Харламова Е.Н., Заломихин А.В.* Проблемы экологии города Старый Оскол // Экология, окружающая среда и здоровье населения Центрального Черноземья: Мат-лы Международ. научн. конф. Ч. 2. Курск: КГМУ, 2005. С. 174–176.
5. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 312 с.

### Agroecological State of the Soil Cover on the Territory of Iron Ore Deposits of the Kursk magnetic anomaly

A. I. Stifeev<sup>a</sup>, O. V. Nikitin<sup>a, #</sup>, V. I. Lazarev<sup>b</sup>, and R. A. Zinoviev<sup>a</sup>

<sup>a</sup> I.I. Ivanov Kursk State Agricultural Academy ul. Karla Marxa 70, Kursk 305021, Russia

<sup>b</sup> Kursk Federal Agricultural Research Center ul. Karla Marxa 70b, Kursk 305021, Russia

<sup>#</sup>E-mail: Nikioxana2009@yandex.ru

Mining complexes have the greatest impact on the natural environment. Since the early 1960s, there have been 3 mining plants (GOK) operating in the center of Russia: Mikhailovsky, Starooskolsky and Lebedinsky, where iron ore is extracted by open-pit mining. At the same time, the most valuable fertile soils –

chernozems – are withdrawn from land use. Currently, 36 thousand hectares have been disturbed and the trend towards their increase continues. As a result of iron ore explosions, the creation of rock dumps, and tailings dumps, the adjacent soils are polluted at a distance of up to 20 km from their location. The data on the agrochemical properties of soils and the content of heavy metals (HM) in them under the conditions of operation of the Mikhailovsky GOK are presented, and the excess of the MPC of HM in soils is established. The accumulation of HM in soils reduced the amount of useful microflora (*Azotobacter*, *Rhizobium*, *Clostridium*), reduced the biological activity of cellulose-destroying microorganisms and the enzymatic activity of potassium by 1.7 times. The yield of winter wheat and spring barley in the production crops of LLC “Gornyak”, LLC “Voskhod” and LLC “Vozrozhdenie” located at different distances from the sources of pollution was determined: 20, 5 and 0.5 km respectively. A decrease in the yield of wheat and barley by 8.2–7.2 c/ha was found in comparison with the control (20 km). The content of HM in barley grain was observed in the zone of active contamination (5 km), where the maximum permissible concentration of Cd is 4.5 times higher (barley) and 7 times higher (wheat). Measures are proposed to reduce the pollution of gray forest soils during iron ore mining in the conditions of the MGOK Kursk magnetic anomaly.

*Key words:* Kursk magnetic anomaly, dumps, tailings storage, technogenic landscape, heavy metals, microorganisms, yield, soils.