

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОКРУГ ЦЕМЕНТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.М. Николайчук, А.П. Яковлев, М.Н. Вашкевич, С.Ф. Жданец
Центральный ботанический сад НАН Беларуси

Приводятся сведения о влиянии выбросов предприятий цементной промышленности на агрохимическую характеристику верхнего корнеобитаемого слоя на ключевых участках вокруг ОАО «Красносельскстройматериалы» (КСМ) и ОАО «Белорусский цементный завод» (БЦЗ), а также в контрольных (условно чистых) зонах.

Цель статьи – получение научной информации о характере изменений агрохимических свойств в сосновых древостоях, расположенных вокруг крупнейших цементных производств нашей страны – ОАО «КСМ» и ОАО «БЦЗ».

Материалы и методы. Для оценки общих агрохимических свойств почв района исследований изучали следующие показатели: реакцию почвенной среды, содержание основных элементов питания, концентрацию накопления ионов Ca^{2+} , Na^+ и K^+ . Анализ этих почвенных характеристик важен, так как они влияют на миграцию и аккумуляцию химических элементов в естественных и техногенных ландшафтах. Исследования проводились на 16 пробных площадках, расположенных на различном удалении от предприятий цементной промышленности.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований изучена реакция почвенной среды на совокупность действия ряда факторов химического и минералогического состава минеральной части почвы, наличия свободных солей, содержания и качества органического вещества. Выявлены существенные изменения в формировании азотного режима почвы под влиянием цементной пыли. Повышается содержание подвижных форм фосфора в почве, подвергшейся большому загрязнению выбросами цементной промышленности. Локализация в почве цементной пыли с высоким содержанием калия послужила причиной смены процессов природного формирования его калийного режима, что привело к заметному пополнению запасов обменного калия.

Заключение. Сохраняется высокий уровень щелочной нагрузки на лесные почвы в зависимости от удаленности от источника выброса цементной пыли, что является причиной увеличения содержания в почве окислов кальция, натрия и калия, а также сдвига кислотности почвы в сторону подщелачивания. Отмечено возрастание содержания аммонийной и нитратной форм азота и подвижных форм фосфора. Показано, что основные их запасы имеют техногенное происхождение. Загрязнение цементной пылью оказывает заметное отрицательное влияние на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы сосновых фитоценозов.

Ключевые слова: цемент, предприятия цементной промышленности, агрохимический состав, микроэлементы, щелочная нагрузка, кислотность почв.

AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL OF FOREST ECOSYSTEMS AROUND CEMENT PRODUCTION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

A.M. Nikolaychuk, A.P. Yakovlev, M.N. Vashkevich, S.F. Zhdanets
Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

The article provides information on the impact of emissions from the cement industry on the agrochemical characteristics of the upper root layer in key areas around “Krasnoselskstroymaterialy” (KSM) and “Belarusian Cement Plant” (BCZ), as well as in control (conditionally clean) zones.

The purpose of the article is obtaining scientific information about the nature of changes in agrochemical properties in pine stands located around the largest cement production facilities in our country – “KSM” and “BCZ”.

Material and methods. To assess the general agrochemical properties of the soils of the area under research, the following indicators were studied: the reaction of the soil environment, the content of the main nutrients, the concentration of the accumulation of Ca^{2+} , Na^+ and K^+ ions. Analysis of these soil characteristics is important, since they affect the migration and accumulation of chemical elements in natural and man-made landscapes. The studies were carried out at 16 test sites located at various distances from the cement industry.

Findings and their discussion. As a result of our research, the reaction of the soil environment to the combination of the action of a number of factors of the chemical and mineralogical composition of the mineral part of the soil, the presence of free salts, the

content and quality of organic matter was studied. Significant changes were revealed in the formation of the nitrogen regime of the soil under the influence of cement dust. The content of mobile forms of phosphorus in the soil that was more polluted by emissions from the cement industry increases. The localization of cement dust with a high potassium content in the soil caused a change in the processes of natural formation of its potassium regime, which led to a noticeable replenishment of exchangeable potassium reserves.

Conclusion. A high level of alkaline load on forest soils remains, depending on the distance from the source of cement dust emission, which causes an increase in the content of calcium, sodium and potassium oxides in the soil, as well as a shift in soil acidity towards alkalization. An increase in the content of ammonium and nitrate forms of nitrogen and mobile forms of phosphorus was noted. It is shown that their main reserves are of technogenic origin. Cement dust pollution has a noticeable negative effect on the agrochemical properties of the soddy-podzolic soil of pine phytocenoses.

Key words: cement, cement industry enterprises, agrochemical composition, microelements, alkaline load, soil acidity.

Почва – это невозобновляемый ресурс, т.е. в случае утраты или деградации ее невозможно восстановить в срок, сопоставимый с продолжительностью человеческой жизни. Состояние почв оказывает влияние на пищу, воду, воздух и, следовательно, все живущие организмы на Земле. Загрязнение почвы вызывает цепную реакцию. Оно сказывается на почвенном биоразнообразии, снижает запасы органического вещества почвы и ее фильтрующую способность. Из-за загрязнения почвы происходит загрязнение почвенной влаги и грунтовых вод, нарушается баланс питательных веществ в почве.

Роль промышленного производства в загрязнении окружающей среды велика. При этом огромными выбросами как твердых, так и газообразных загрязняющих веществ отличаются предприятия по производству цемента, особенностью которых является образование большого количества пыли, покрывающей почву и растения, особенно в непосредственной близости от объекта. Предприятиями цементной промышленности в окружающую среду выделяется ежегодно более 27 млн т пыли из частиц цемента, асбеста, гипса, кварца и других вредных веществ, образующих зоны максимального загрязнения окружающей среды радиусом до 2 км [1]. Помимо стационарных источников значительное влияние на состояние атмосферного воздуха оказывают залповые выбросы при производстве взрывных работ и добыче природного строительного сырья открытым способом [2].

Частицы цементной пыли могут переноситься на расстоянии до 4–5 км от источника, охватывая значительные территории [3]. На их долю приходится 2/3 промышленных выбросов твердых веществ и 44% газообразных [4]. В некоторых странах количество пыли, ежегодно осаждающейся на поверхности почв, может достигать 10% от всего производства цемента и составлять до 150 т на 1 км² [5].

Исследование пыли цементных заводов выявило высокое содержание в них свинца – 1800 мг/кг, цинка – 410 мг/кг, кадмия – 93 мг/кг и меди – 62 мг/кг. Они сохраняются долгое время даже после завершения работы предприятий, являющихся источником загрязнения. Результаты исследования дисперсного состава пыли, образующейся при производстве портландцементного клинкера, говорят о том, что выделяемые из источников загрязнения пыли – полидисперсные. Пыль, выбрасываемая в атмосферу после очистки, содержит более высокие концентрации Cd, Pb и Zn по сравнению с пылью в газовом потоке до очистки. Высокая концентрация пыли в выбросах наносит огромный вред природной среде [4; 6; 7].

Серьезную опасность для состояния почвенно-растительного покрова представляют физико-химические нарушения, связанные с загрязнением почв соединениями тяжелых металлов, нефтепродуктами, радионуклидами. Эти вещества, накапливаясь, способны существенно изменять свойства почв: снижать численность микроорганизмов, интенсивность микробиологических процессов, активность почвенных ферментов, кислотность среды, что приводит к снижению биохимической активности почвенных ферментов, замедляет процессы их самоочищения и заканчивается частичной или полной утратой биопродуктивности [7].

Таким образом, целью проводимых нами исследований явилось получение научной информации о характере изменений агрохимических свойств в сосновых древостоях, расположенных вокруг крупнейших цементных производств нашей страны – ОАО «Красносельскстройматериалы» (КСМ) и ОАО «Белорусский цементный завод» (БЦЗ).

Материал и методы. Для этого были отобраны растительные образцы на 16 пробных площадках (ПП), заложенных на различном удалении от источников выбросов – ОАО «КСМ» и ОАО «БЦЗ» (табл. 1). Контролем служили чистые точки, расположенные на значительном удалении от источников выбросов: 40 км от КСМ – Порозовское лесничество ГПУ «НП “Беловежская пуща”» (КСМ, контроль) и 40 км от БЦЗ – Хотимское лесничество ГЛХУ «Костюковичский лесхоз» (БЦЗ, контроль) (табл. 1).

Места отбора почвенных образцов для определения содержания микроэлементов

ПП	Расположение
ОАО «Белорусский цементный завод»	
БЦЗ Ю-3, 50 см	Могилевская обл., Костюковичский р-н, БЦЗ, 50 м к юго-западу от завода
БЦЗ Ю-3, 1000 м	Могилевская обл., Костюковичский р-н, БЦЗ, 1000 м к юго-западу от завода
БЦЗ Север, 100 м	Могилевская обл., Костюковичский р-н, БЦЗ, 100 м к северу от завода
БЦЗ Север, 1500 м	Могилевская обл., Костюковичский р-н, БЦЗ, 1500 м к северу от завода
БЦЗ Запад, 150 м	Могилевская обл., Костюковичский р-н, БЦЗ, 150 м к западу от завода
БЦЗ Запад, 850 м	Могилевская обл., Костюковичский р-н, БЦЗ, 850 м к западу от завода
БЦЗ Ю-В, 100 м	Могилевская обл., Костюковичский р-н, БЦЗ, 100 м к юго-востоку от завода
БЦЗ Ю-В, 2500 м	Могилевская обл., Костюковичский р-н, БЦЗ, 2500 м к юго-востоку от завода
БЦЗ контроль Хотимск	Могилевская обл., Хотимский р-н, ГЛХУ «Костюковичский лесхоз», Хотимское л-во, 40 км к востоку от БЦЗ
ОАО «Красносельскстройматериалы»	
КСМ, Юг, 100 м,	Гродненская обл., Волковысский р-н, КСМ, 100 м к югу от завода
КСМ, Юг, 2500 м	Гродненская обл., Волковысский р-н, КСМ, 2500 м к югу от завода
КСМ, Северо-запад, 50 м	Гродненская обл., Волковысский р-н, КСМ, 50 м к северо-западу от завода
КСМ, Северо-запад, 250 м	Гродненская обл., Волковысский р-н, КСМ, 250 м к северо-западу от завода
КСМ, Северо-запад, 2500 м	Гродненская обл., Волковысский р-н, КСМ, 2500 м к северо-западу от завода
КСМ, Север, 800 м	Гродненская обл., Волковысский р-н, КСМ, 800 м к северу от завода
Порозово	Гродненская обл., Свислочский р-н, ГПУ «НП «Беловежская пуца»», Порозовское л-во

На каждой пробной площадке (ПП) было сделано по пять прикопок (0–55 см), расположенных методом конверта. Образцы почвы для определения ее агро- и физико-химических показателей брали по профилю пошагово, предварительно убрав подстилку с помощью тростевого бура на глубине 0–5 и 5–20 см. При отборе учитывались расстояние от источника загрязнения, рельеф местности, почвенный покров. Исследования выполнены с использованием общепринятых методов. Обработка данных проводилась с помощью программы Excel. Повторность опыта – 4-кратная.

Результаты и их обсуждение. Наиболее благоприятной для растений является почва с нейтральной кислотностью (рН 7). При повышенной кислотности почвы или при ее защелачивании растениям становятся недоступны или малодоступны некоторые питательные вещества, которые они получают из почвы. Слишком высокая кислотность почвы может снижать эффективность вносимых в почву удобрений и останавливать деятельность многих полезных бактерий. Щелочные почвы препятствуют поступлению в растения некоторых микроэлементов, что приводит к преждевременному пожелтению и опаданию листьев.

Как видно из табл. 2 и 3, показатели рН солевой и водной вытяжек на пробных площадях вокруг цементных предприятий были сходными и менялись незначительно. Диапазон варьирования кислотности почвы на БЦЗ на фоновых участках составил 6,45–7,45 для pH_{H_2O} и 6,63–7,57 для pH_{KCl} , т.е. реакция была от нейтральной до слабощелочной. На контрольном участке (Хотимск) показатели кислотности водной и солевой вытяжек характеризовались как сильнокислые и оказались ниже, чем на фоновых площадках в 2,1–2,5 и 1,7–2,0 раза соответственно. Что касается КСМ, то в контрольной зоне pH_{H_2O} и pH_{KCl} составили 3,65 и 4,01 соответственно, что существенно (в 2 раза) ниже кислотности почвы на фоновых площадках (табл. 2, 3).

Следует сказать, что в условиях чистой зоны (Хотимск, Порозово) в почвенных образцах не было обнаружено окислов кальция, однако при приближении к предприятиям его количество многократно

возрастало. Особенно высокое содержание CaO было отмечено в северном и северо-западном направлении от КСМ и в западном направлении от БЦЗ. Сохраняется закономерность увеличения содержания окислов кальция при сокращении расстояния от предприятия (табл. 2, 3).

Таблица 2

Агрохимическая характеристика верхнего корнеобитаемого слоя (0–25 см) почвы на пробных площадках вокруг ОАО «БЦЗ», июнь 2020 г.

Направление/ удаленность	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Na ₂ O
Контроль (Хотимск)	3,01	3,72	11,9±0,3	0,7±0,0	35,9±0,3	14,3±0,0	0,0±0,0	0,7±0,0
Ю-3, 50 м	7,27	7,31	45,6±0,3	0,7±0,0	205,2±0,3	88,3±0,1	546,4±0,3	3,2±0,0
Ю-3, 1000 м	7,45	7,57	26,9±0,3	0,6±0,0	67,8±0,3	89,2±0,1	311,9±0,4	4,1±0,0
3, 150 м	7,37	7,42	50,7±0,3	1,1±0,0	38,7±0,3	105,8±0,1	2471,9±4,4	5,1±0,0
3, 850 м	6,57	6,85	36,2±0,3	1,3±0,0	38,3±0,3	49,6±0,0	308,4±0,4	1,9±0,0
Ю-В, 100 м	7,37	7,42	185,0±0,3	1,9±0,0	44,6±0,3	80,6±0,1	404,7±0,4	5,2±0,0
Ю-В, 2500 м	7,24	7,34	20,8±0,3	2,0±0,0	75,3±0,3	70,8±0,0	171,8±0,4	9,5±0,0
Север, 100 м	7,01	7,13	68,4±0,3	0,7±0,0	106,0±0,3	55,8±0,0	1010,8±1,1	3,6±0,0
Север, 1500 м	6,45	6,63	34,3±0,3	1,0±0,0	34,4±0,3	41,0±0,0	359,2±0,4	22,8±0,1

Таблица 3

Агрохимическая характеристика верхнего корнеобитаемого слоя (0–25 см) почвы на пробных площадках вокруг ОАО «КСМ», июнь 2020 г.

Направление/ удаленность	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Na ₂ O
Контроль (Порозово)	3,65	4,01	35,7±0,3	0,4±0,0	55,1±0,3	14,3±0,0	0,0±0,0	8,1±0,0
Юг, 100 м	7,22	7,43	11,4±0,3	2,6±0,0	241,1±0,3	101,0±0,1	492,6±2,6	8,1±0,1
Юг, 2500 м	6,96	7,18	32,0±0,3	3,4±0,1	135,8±0,3	82,4±0,1	455,3±0,3	10,8±0,1
С-3, 50 м	7,22	7,28	82,5±0,3	2,5±0,0	126,2±0,3	236,5±0,1	16915,5±10,5	20,1±0,1
С-3, 250 м	7,22	7,33	43,4±0,3	3,7±0,1	118,1±0,3	89,8±0,1	28437,5±17,5	0,0±0,0
С-3, 2500 м	7,03	7,11	33,4±0,3	4,5±0,1	137,1±0,3	112,5±0,1	1755,3±5,2	1,4±0,0
Север, 800 м	7,39	7,42	35,7±0,3	2,3±0,0	222,7±0,3	94,2±0,1	12400,5±10,5	0,0±0,0

Что касается содержания окислов натрия, то в окрестностях БЦЗ наблюдается тенденция увеличения их содержания в фоновых зонах в 2,7–32,5 раза по сравнению с чистой зоной (Хотимск).

Калий в почве встречается только в виде соединений, он является действующим веществом сырых и концентрированных калийных удобрений. Запасы обменного калия существенно повышаются в почве, подвергшейся техногенному загрязнению предприятиями по производству цемента. Так, на фоновых площадках в окрестностях БЦЗ содержание обменного калия повышается в 2,9–7,3 раза, а в окрестностях КСМ – в 5,8–16,5 раза по сравнению с условиями чистых зон (Хотимск, Порозово) (табл. 2, 3).

Азот – важнейший элемент питания, необходимый для нормального развития живых организмов. Нормальная обеспеченность растений азотом ассоциируется с интенсивным вегетативным ростом и зеленым окрасом. Растения поглощают азот в двух основных формах: в виде нитрат-иона NO_3^- и в виде иона аммония NH_4^+ , также небольшое количество азота может поступать в растения в виде мочевины и некоторых других органических соединений. Молекулярный азот недоступен растениям, его поглощение идет в форме NH_4^+ , NO_2^+ , NO_3^+ . В условиях влажной, теплой и хорошо аэрированной почвы доминирующим источником азота для растений является нитрат-ион (поскольку в таких условиях активно протекают процессы нитрификации). Аммоний – преобладающий источник азота для растений в анаэробных условиях [8].

Соединения азота играют большую роль в процессах фотосинтеза, обмена веществ, образования новых клеток. Главными источниками азота в почве являются гумус и органические вещества. В дерново-подзолистых почвах запасы гумуса ограничены его содержанием в верхнем горизонте почвы (0–25 см) [9]. Признаки дефицита азота – слабая ветвистость растений, слабое вызревание, повышенная ломкость побегов [10].

По результатам наших исследований выявлены существенные изменения в формировании азотного режима почвы под влиянием выбросов цементной пыли. На удалении 50 м северо-западнее от источника выброса (КСМ) установлено заметное увеличение в 2,3 раза содержания аммонийной формы минерального азота ($82,5 \pm 0,3$ мг/кг) по сравнению с контрольной точкой (Порозово), где данная величина была равна $35,7 \pm 0,3$ мг/кг. Следует отметить, что при удалении от предприятия в северо-западном направлении содержание аммонийной формы азота постепенно снижается и на расстоянии от 2500 м как в северо-западном, так и южном направлении достигает значений, близких к значениям в контрольной точке отбора проб. Что касается нитратной формы азота, то в окрестностях КСМ отмечено увеличение его содержания в фоновых зонах в 5,8–11,3 раза по сравнению с контрольной (табл. 2).

Анализ результатов отбора проб вблизи БЦЗ также показал, что на расстоянии 100 м юго-восточнее предприятия содержание аммонийной формы азота было самым высоким за весь период исследования ($185,0 \pm 0,3$ мг/кг), что в 8,8 раза выше, чем при удалении на 2500 м от БЦЗ в том же направлении, здесь исследуемая величина была равна $20,8 \pm 0,3$ мг/кг. Что касается других сторон горизонта (юго-запад, север, запад), то также выявлена тенденция снижения содержания аммонийной формы азота при удалении от предприятия. В контрольном варианте (Хотимск) содержание NH_4^+ было ниже, чем на опытных пробных площадках в 1,7–15,5 раза (табл. 2). Возрастание содержания минерального азота в почве на пробных площадях, максимально приближенных к заводу, на наш взгляд, обусловлено большим объемом выбросов цементной пыли совместно с торможением необменной фиксации аммонийного азота [11].

Фосфор является одним из главных элементов питания растений. Он занимает второе место по важности. В то же время он относится к одним из самых распространенных элементов. В свободном состоянии фосфор в природе не встречается, он чаще всего является действующим веществом простых и сложных фосфорных удобрений [12]. Подвижный фосфор в почвах аккумулируется в верхнем гумусовом горизонте почвы и определяется в большей степени деятельностью корневых систем растений и микроорганизмов. Характер и интенсивность такого взаимодействия связаны также со степенью и спецификой техногенной нагрузки на почвенный покров [11].

По результатам исследования 2020 г. установлено, что минимальное количество P_2O_5 содержится в почве, отобранной в контрольных точках (Порозово и Хотимск), – $55,1 \pm 0,3$ и $35,9 \pm 0,3$ мг/кг соответственно. Если сравнивать два предприятия – БЦЗ и КСМ, то на фоновых участках КСМ содержание P_2O_5 превышает контрольный показатель в 2,1–4,4 раза, а на БЦЗ – в 1,2–5,7 раза. Касательно сторон горизонта необходимо отметить отсутствие разницы между содержанием различных подвижных форм фосфора в западном направлении как на расстоянии 150 м от БЦЗ, так и на удалении 850 м от него.

Количественное содержание P_2O_5 на пробных площадках КСМ, отобранных на различном расстоянии от предприятия, оказалось выше, чем на БЦЗ по всем сторонам горизонта (табл. 2).

Заключение. Проведенные исследования почвенного покрова в окрестностях влияния цементных производств Республики Беларусь позволили сформировать более целостную картину о воздействии выбросов цементных предприятий на агрохимические особенности почвы лесных фитоценозов.

Таким образом, сохраняется высокий уровень щелочной нагрузки на лесные почвы в зависимости от удаленности от источника выброса цементной пыли, что является причиной увеличения содержания в почве окислов кальция, натрия и калия, а также сдвига кислотности почвы в сторону подщелачивания.

Кроме того, отмечено возрастание содержания аммонийной и нитратной форм азота, а также подвижных форм фосфора. Показано, что основные их запасы имеют техногенное происхождение, поскольку максимальное количество подвижного фосфора было выше контрольных показателей в 1,2–5,7 раза, а аммонийного азота и нитратного азота – в 1,7–15,5 и 5,8–11,3 раза соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубченко, М.П. Современные направления технических решений при проектировании пылеулавливающих систем цементного производства / М.П. Зубченко, Н.С. Филиппова // Экологические проблемы технологии цементного производства. – М., 1990. – Вып. 102. – С. 3–11.
2. Горчакова, А.Ю. О влиянии цементного производства на растения / А.Ю. Горчакова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 120–126.
3. Орлов, Д.С. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Д.С. Орлов, В.Д. Васильева. – М.: МГУ, 1994. – С. 80–88.
4. Дуров, В.В. Охрана атмосферного воздуха в цементной промышленности / В.В. Дуров // Цемент и его применение. – 1998. – № 6. – С. 2–3.
5. Рэуце, К. Борьба с загрязнением почвы / К. Рэуце, С.М. Кырстя. – М.: Агропромиздательство, 1986. – 221 с.
6. Глазков, Е.Г. Промышленное загрязнение / Е.Г. Глазков. – Киев: Наукова думка, 1977. – 288 с.
7. Колесников, С.И. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. – Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2000. – 232 с.
8. Логинова, И. Страсти по азоту: аммоний или нитрат [Электронный ресурс] / И. Логинова // Инфоиндустрия. – 2017. – Режим доступа: <https://infoindustria.com.ua>. – Дата доступа: 06.05.2020.
9. Опекунова, М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие / М.Г. Опекунова. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2016. – 300 с.
10. Бусыгин, В.О. Содержание нитратной и аммонийной форм азота в почвах санатория «Сосновая роща» и обеспеченность ими растений / В.О. Бусыгин, А.А. Бунин, Ю.А. Даниленко // Молодой ученый. – 2019. – № 5. – С. 85–88.
11. Агрохимическая характеристика и микробиологическая активность почвы лесных экосистем вокруг цементного производства / А.П. Яковлев [и др.] // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Вып. 77. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2017. – С. 402–412.
12. Даниленко, Ю.А. Содержание фосфора в почвах Восточного района г. Кургана / Ю.А. Даниленко, В.О. Бусыгин, А.А. Бунин // Молодой ученый. – 2019. – № 5(243). – С. 95–97.

REFERENCES

1. Zubchenok M.P., Filippova N.S. *Ekologicheskiye problemy tekhnologii tsementnogo proizvodstva* [Environmental problems of cement production technology], M., 1990, 102, pp. 3–11.
2. Gorchakova A.Yu. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, 16(1), pp. 120–126.
3. Orlov D.S., Vasilyeva V.D. *Pochvenno-ekologicheski monitoring i okhrana pochv* [Soil-ecological monitoring and soil protection], M.: MGU, 1994, pp. 80–88.
4. Durov V.V. *Tsement i yego primeneniye* [Cement and its application], 1998, 6, pp. 2–3.
5. Rautse K., Krystia S.M. *Borba s zagriazneniyami pochvy* [Struggle with soil pollution], M.: Agropromizdatelstvo, 1986, 221 p.
6. Glazkov E.G. *Promyshlennoye zagriazneniye* [Industrial pollution], Kiev: Navukova Dumka, 1977, 288 p.
7. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. *Ekologicheskiye posledstviya zagriazneniya pochv tiazhelymi metallami* [Ecological consequences of soil pollution with heavy metals], Rostov on / D: SKNTs VSh, 2000, 232 p.
8. Loginova I. *Infoindustria* [Infoindustry], 2017. Available at: <https://infoindustria.com.ua>. – Accessed: 06.05.2020.
9. Opekunova M.G. *Bioindikatsiya zagriazneni: uch. posobiye* [Bioindication of contamination: Textbook], Spb.: Izd-vo St. Peterb. un-ta, 2016, 300 p.
10. Busygin V.O., Bunin A.A., Danilenko Yu.A. *Molodoi ucheny* [Young Scientist], 2019, 5, pp. 85–88.
11. Yakovlev A.P. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sb. nauch. tr.* [Issues of Forestry: Collection of Articles], 2017, 77, Gomel: Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, pp. 402–412.
12. Danilenko Y.A., Busygin V.O., Bunin A.A. [Molodoi ucheny], [Young Scientist], 2019, 5(243), pp. 95–97.

Поступила в редакцию 19.02.2021

Адрес для корреспонденции: e-mail: alla_nik77@mail.ru – Николайчук А.М.