

Chernikov V.A. i dr. – M.: RGAU-MSHA, 2016. – 312 s.

11. Agroekologicheskaya otsenka organo-mineralnyh i kompleksnyh soedinenij pochv. / V.I. Savich, S.P. Torshin, S.L. Belopukhov i dr. / Irkutsk: OOO «Megaprint», 2017. – 298 s.

12. **Shilnikov I.A., Sychev V.G.** Izvestkovanie, kak factor urozhainosti i pochvennogo plodorodiya. – M.: VNIIA, 2008. – 340 s.

The material was received at the editorial office
28.11.2018 g.

Information about the authors

Podvolotskaya Guriyat Bagomedovna, post graduate student, assistant

of the department of soil science, geology and landscape science RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; e-mail: guri_89@mail.ru

Savich Vitalij Igorevich, doctor of agricultural sciences, professor of the department of soil science, geology and landscape science RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49; e-mail: savich.mail@gmail.com

Tazin Ivan Ivanovich, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of decorative horticulture and lawn science RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, d. 49.

УДК 502/504:631.4:631.821

DOI 10.34677/1997-6011/2019-2-47-53

Г.К. МУТАЛИБОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Российский государственный аграрный университет РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

З.М. МУТАЛИБОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ),
г. Москва, Российская Федерация

МЕЛИОРАЦИЯ КИСЛЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ КАМНЕДОБЫЧИ ИЗВЕСТНЯКОВ – РАКУШЕЧНИКОВ

Статья посвящена вопросам оптимизации кислотности почв и очистки загрязненных тяжелыми металлами земель с использованием отходов камнедобычи известняков-ракушечников дагестанских месторождений. Практически треть территории Республики Дагестан представлена почвами, имеющими кислую реакцию. Республика Дагестан имеет крупные месторождения карбонатных пористых горных пород, в которых находятся большие запасы известняков-ракушечников, представляющие собой чистые известняки (CaCO_3) с незначительным содержанием доломита и глин. С химической точки зрения этот материал считается лучшим средством для повышения почвенной кислотности. Известкование является одним из главных приемов улучшения кислых почв. В зависимости от исходных физико-механических свойств горной породы в отходы превращается порядка 40...45% всего объема месторождения. Под отвалы отходов приходится отводить большие площади плодородных земель, увеличивается количество нарушенных территорий. С кислотно-щелочными условиями почв связано также и содержание подвижных форм опасных тяжелых металлов (кадмия и свинца). Анализ полученных данных показал, что при pH 6,5...10 наблюдается максимальное поглощение почвой кадмия, при pH 6...9,5 – свинца. При данных значениях pH свинец менее подвижен, чем кадмий, поскольку подвижность кадмия составляет 0,08, а свинца – около 0,05. При химической мелиорации кислых почв с использованием известняков-ракушечников в дозах, при которых подвижность металлов будет находиться на уровне $R = 0,05$, в течение двух лет после известкования можно достичь наименьшего содержания кадмия и свинца в природном почвенном комплексе. При использовании отходов камнедобычи

известняков-ракушечников решается комплексная проблема – оптимизируется уровень кислотности почв, сокращается количество ТМ в почве и ускоряется процесс рекультивации нарушенных земель.

Карбонатные породы, известняки-ракушечники, камнедобыча, отвалы отходов, химическая мелиорация, кислые почвы, физическая доза мелиоранта, тяжелые металлы, подвижность ионов, сорбция.

Введение. Почвы повышенной кислотности в России широко распространены в зоне избыточного увлажнения. В сельскохозяйственный оборот вовлечено около 43 млн га кислых почв, в том числе сильнокислых – 7,4 млн га. Кислые почвы распространены и на территории республики Дагестан.

На формирование кислых почв в природных условиях влияют такие факторы как выщелачивание, оподзоливание, лессивирование. В результате этих процессов в почве происходит растворение и вынос из почвенного профиля продуктов физического, химического и биологического выветривания, в процессе чего происходит обеднение почв основаниями и илистыми частицами, а в составе почвенного профиля увеличивается количество ионов H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} .

Кислотность почв определяется особенностями материнской породы, климатом, растительностью и влиянием деятельности человека. Кислые почвы чаще встречаются на кислых материнских породах, нейтральные почвы встречаются на карбонатных материнских породах.

Лиственные леса способствуют накоплению оснований, а хвойные, остатки которых имеют кислые свойства, усиливают кислотность почв.

Кислотность почв может быть природная (первичная) или вторичная (антропогенная). Антропогенное формирование кислых почв происходит в результате выноса ионов Ca и Mg с урожаем в результате промывного режима при осушении земель, выпадения кислотных осадков, связанного с техногенными выбросами диоксида серы и оксида углерода.

Также к повышению кислотности почвы приводит внесение высоких доз минеральных удобрений, имеющих кислую реакцию.

Все эти процессы приводят к уменьшению насыщенности природного почвенного комплекса основаниями, при этом увеличивается содержание ионов H^+ , Al^{3+} и гидролитической кислотности.

С увеличением кислотности ухудшаются свойства почв, их экологическое состояние и продуктивность, снижается

эффективность использования минеральных удобрений, растёт подвижность токсичных для растений тяжелых металлов, включая и радионуклиды (Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Sr, Cs). Можно контролировать содержание опасных тяжелых металлов в системе «почва-растения» с помощью регулирования кислотно-щелочных почвенных условий.

При внесении извести в почве образуется угольная кислота, которая, разлагаясь, поставит в почву углекислый газ, необходимый для фотосинтеза растений.

Известкование улучшает структуру почвы, ее водные и физические свойства, усиливает развитие нитрифицирующих бактерий, усваивающих азот из воздуха, повышает эффективность минеральных удобрений.

На территории Дагестана распространены кислые и загрязненные тяжелыми металлами (ТМ) почвы.

В качестве химического мелиоранта для улучшения этих почв, можно использовать отходы камнепиления известняков-ракушечников дагестанских месторождений. С химической точки зрения известняки-ракушечники дагестанских месторождения представляют собой практически чистый карбонат кальция, что является лучшим средством против увеличения кислотности почвы.

В месторождениях карбонатных горных пород в республике ведется добыча стенового камня. Камнедобыча осуществляется открытым карьерным способом. В результате механизированной добычи стенового камня значительная часть материала превращается в технологические отходы. Количество их может составлять порядка 40...45% от общего объема месторождения.

Отходы камнепиления представляют собой отвалы в виде песка с модулем крупности $M_k = 1...2$ и каменный бой разного размера.

Пески с таким модулем крупности относят к очень мелким пескам по классификации песков по крупности. В таких песках содержится большое количество мелкой, пылевидной фракции, что ограничивает их использование в строительных целях.

При известковании, наоборот, чем меньше тонкость помола известкового

материала, тем выше его эффективность как химического мелиоранта.

Под отвалы отходов приходится отводить большие площади плодородных земель, что увеличивает количество нарушенных земель. Отвалы отходов надолго изымают из сельскохозяйственного оборота плодородные земли, что повышает антропогенную нагрузку на окружающую природную среду около карьеров.

Образующееся количество отходов позволяет получать достаточное количество мелиоранта, необходимого для известкования всех кислых почв Дагестана.

Повышение кислотности почв приведет к увеличению количества выращиваемого урожая сельскохозяйственных культур, что особенно актуально для Дагестана как горной республики с дефицитом плодородных пахотных земель.

Месторождения пористых карбонатных горных пород имеются как в южной прикаспийской части республики, так и во внутреннем предгорном богатом известняками Дагестане. Такая их локация позволяет сократить еще и расходы на транспортировку известкового материала.

Материалы и методы исследований. Потребность в известковых материалах определяют по водородному показателю pH солевой вытяжки и степени насыщенности основаниями в зависимости от механического состава почвы и возделываемых культур.

Затем дозу CaCO_3 пересчитывают в физические дозы известкового материала. Расчетную дозу внесения извести (CaCO_3 , т/га) определяют по формуле [1]:

$$D_p = 5\Gamma\gamma,$$

где D_p – расчетная доза извести, т/га; Γ – гидролитическая кислотность, мг/экв на 100г почвы; 5 – коэффициент перевода из мг-экв в т/га; h – мощность известкового слоя, м; γ – средняя плотность почвы, т/м³. Расчетная доза извести составляет $D_{\text{ф}} = 15,06$ т/га. Для известкования территории в 1,5 млн гектаров, занятой кислыми почвами, на которые приходится более 30% территории республики Дагестан, количество необходимого материала составляет 22,59 млн тонн.

При определении физической дозы известкового материала учитывалась его влажность и тонкость помола [2].

Эффект от внесения извести может длиться в течение 5...65...6 и более лет [3].

Необходимость повторного известкования определяется так же, как и при первоначальном определении вносимых доз.

Продолжительность действия известкового материала зависит в основном от скорости выноса оснований из почвы с осадками и урожаем, а также дозами и кислотностью вносимых минеральных удобрений.

Данные по выносу CaO и MgO с урожаем сельскохозяйственных культур, кг/га на 1т урожая приведены в таблице 1 [1]. Влияние минеральных удобрений на реакцию почвенной среды дано в таблице 2 [3].

Таблица 1

Вынос CaO с урожаем сельскохозяйственных культур, по Д.Н. Прянишникову и И.И. Алямовскому

Культура	Урожайность т/га	Вынос (кг/га) с 1т урожая	
		CaO	MgO
Рожь, пшеница, ячмень, овес	2...3	10...13	4,7...5,6
Горох вика, фасоль, лен	2...3	20	-
Кукуруза, люпин	2... 3	30...40	-
Картофель, свекла сахарная и кормовая	20...40	3...4	1...2
Клевер, рапс, люцерна	4...8	30...31	6...7
Капуста	20...30	13...15	-

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на реакцию почвенной среды

Удобрение	Влияние на кислотность почв	Доза CaCO_3 для нейтрализации подкисления, кг на 1 кг удобрения
Хлористый аммоний	Сильно подкисляет	1,4
Сульфат аммония	Сильно подкисляет	1,25
Аммонийная селитра	Средне подкисляет	0,75
Мочевина	Слабо подкисляет	0,80
Суперфосфат	Очень слабо подкисляет	0,1

Известно, что кислотнo-щелочные условия являются одним из основных факторов, оказывающих влияние на соотношение подвижных и неподвижных форм ТМ в почве.

Для определения количества металла, сорбированного почвой, рекомендуется использовать линейное уравнение изотермы сорбции Генри, предложенное А.И. Головановым [4]:

$$S_0 = \omega C_0 / \alpha = \Gamma \omega C_0, \quad (1)$$

где C_0 – равновесная концентрация металла в почвенном растворе; ω – объемная влажность почвы; S_0 – равновесное, соответствующее C_0 количество металла, сорбированного почвой; Γ – безразмерная константа Генри; $\alpha = 1/\Gamma$ – коэффициент изотермы сорбции.

Кинетика сорбции описывается уравнением:

$$\alpha = R/(1-R), \quad (2)$$

где R – коэффициент подвижности ионов тяжелых металлов.

Основным параметром, определяющим, как будут вести себя тяжелые металлы в почве, является коэффициент изотермы сорбции α , поскольку он объединяет все процессы, формирующие соотношение между подвижной и связанной формами иона конкретного металла. Содержание иона Z в единице объема почвы в равновесном состоянии определяется как:

$$Z = \omega C + S \text{ или } Z = (1 + 1/\alpha)\omega C,$$

Коэффициент подвижности иона R , то есть отношение массы ионов в растворе к общему их содержанию в почве, выражается следующей зависимостью:

$$R = \omega C / Z = \alpha / (1 + \alpha),$$

Зная это соотношение из данных лабораторных анализов почв, можно приближенно оценить значение эффективного коэффициента изотермы сорбции по формуле (2).

Для оценки поведения кадмия и свинца, как одних из самых опасных тяжелых металлов, была применена математическая модель А.И. Голованова [5]. Для оценки влияния кислотности почвы на подвижность этих металлов использовались опубликованные данные И.П. Айдарова, И.Г. Глазовской, В.Б. Ильина, Д.В. Ладонина [6, 7, 8].

В процессе анализа, обобщения и статистической обработки полученных данных были построены зависимости изменения коэффициента подвижности металлов от кислотности почвы и зависимость коэффициента сорбции от коэффициента подвижности. Данные анализа практически отображаются одной кривой. Модель применима для оценки поведения не только кадмия и свинца в почве. С использованием данной модели можно прогнозировать поведение и других менее опасных тяжелых металлов в почве.

Анализ полученных данных показал, что при рН 6,5...10 наблюдается максимальное поглощение почвой кадмия, при рН 6...9,5 – свинца. При данных значениях рН свинец менее подвижен, чем кадмий, поскольку подвижность кадмия составляет 0,08, а свинца – около 0,05.

Для расчета коэффициента сорбции α были использованы данные о зависимости коэффициента подвижности R от кислотнo-щелочных условий почвы рН. В результате расчетов было установлено, что функция $\alpha = f(R)$ в пределах изменения R от значений, близких к нулю, до 0,5 не зависит от вида металла (РЬ и Сd). Этот вывод очень важен, так как позволяет прогнозировать изменение содержания тяжелых металлов в почве на сельскохозяйственных и приусадебных землях.

Это означает, что, определив кислотнo-щелочные условия почвы и валовое содержание в них тяжелых металлов, можно управлять процессом передвижения подвижных форм тяжелых металлов в системе почва-урожай, обеспечивая высокое качество и экологическую безопасность получаемой продукции.

Применительно к условиям Дагестана, для оценки изменения содержания подвижных и валовых форм ТМ в почве были рассмотрены буро-лесные остепненные почвы, у которых рН составляет 4,5...5,5. В качестве выращиваемой культуры использовали картофель как одну из самых распространенных культур, выращиваемых на территории Дагестана. Она же является одним из показателей экологического состояния почв.

Методика прогнозирования содержания тяжелых металлов в кислых почвах основана на решении системы дифференциальных уравнений передвижения влаги и ионов металлов в почве.

В каждом конкретном случае для решения задачи требуется привязка модели

к тем или иным условиям – природно-климатическим, почвенным, к степени загрязнения почв.

В данной работе она была привязана к конкретным природно-климатическим условиям Дагестана. В расчет принимались такие условия, как водный режим почвы, степень загрязнения и кислотности почвы. С учетом всех этих факторов менялись граничные условия и алгоритмы решения системы уравнений.

При моделировании полагалось, что тяжелые металлы поступают в почву в пылевидном и аэрозольном виде, в которых кадмий и свинец содержался в основном в виде окислов. С учетом внешних факторов окислы преобразуются в карбонат кадмия и в гидроксид (карбонат, гидрокарбонат) свинца. При выпадении осадков и повышении влажности почвы эти окислы растворяются. Значительная часть ионов сорбируется природным почвенным комплексом, оставшаяся часть поступает в почвенный раствор [9]. В модели было принято, что тяжелые металлы поступают в почву с атмосферными осадками в растворенном виде. Настройка модели ввелась таким образом, чтобы к началу внесения известняка содержание ТМ отвечало исходному уровню.

Климатические условия приняты по результатам многолетних погодных наблюдений. Количество осадков в теплое время, в период с первого апреля по двадцатое октября, принято 273 мм, испаряется за это время – 683 мм, соответственно климат засушливый, требуется орошение почв.

В модели было принято, что загрязнение почвы происходило в течение 30 лет. Тяжелые металлы поступали в почву с атмосферными осадками. Содержание металлов в горизонте А1 + А2 составило: по кадмию – 0,3 кг/га (0,72 мг/кг), по свинцу – 6,5 кг/га (валовое содержание 26,98 мг/кг). Далее был рассмотрен 10-летний период с разными уровнями кислотности почвы, которые оптимизировались внесением соответствующих отходов камнепиления.

Принимались четыре варианта расчетов, по эффективности их применения, в зависимости от уровня рН и подвижности (R) металлов в почве.

Первый вариант по кадмию рН = 8,0, физическая доза мелиоранта (Д = 2,5 т/га), подвижность ионов R = 0,1; по свинцу рН = 7,5, физическая доза мелиоранта (Д = 2 т/га), подвижность ионов R = 0,05;

Второй вариант по кадмию рН = 6,0, физическая доза мелиоранта (Д = 3,5 т/га), подвижность ионов R = 0,1; по свинцу рН = 6,5, физическая доза мелиоранта (Д = 3 т/га), подвижность ионов R = 0,1;

Третий вариант рН = 4,5, физическая доза мелиоранта (Д = 10 т/га), подвижность ионов R = 0,3;

Четвертый вариант рН = 4, физическая доза мелиоранта (Д = 13 т/га), подвижность ионов R = 0,5.

Четвертый вариант принят условно, так как на территории Дагестана нет почв с таким уровнем рН. Хотя не исключено возникновение таких условий в перспективе.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при химической мелиорации кислых почв с использованием известняков-ракушечников в дозах, при которых подвижность металлов будет находиться на уровне R = 0,05, в течение двух лет после известкования можно достичь наименьшего содержания кадмия и свинца в природном почвенном комплексе. Также, в динамике содержания ТМ в почве появляется стабилизация их валового содержания в течение 10 последующих лет. Это при том, что нагрузка на почвы по кадмию принимается на уровне 0,3 мг/кг и свинцу – 6,5 мг/кг. А значит соотношение между поступлением и подвижностью ТМ в слое почвы А1 + А2 стабилизируется, если поддерживать кислотные условия в почве на уровне первого варианта.

Следовательно, мелиорация кислых почв известкованием, хотя и не приводит к быстрому очищению почвы от тяжелых металлов, при условии устранения источников загрязнения, все же позволяет стабилизировать количество подвижных форм ТМ на минимальном уровне.

Выводы

Использование отходов, образующихся при разработке месторождений карбонатных горных пород Дагестана, позволяет решить одновременно несколько задач. Первая – внесение отходов камнепиления позволит оптимизировать кислотность почв и повысить их урожайность. Вторая – внесение тонкомолотых отходов известняков-ракушечников позволит сократить количество подвижных форм тяжелых металлов в мелиорируемых почвах, особенно таких опасных металлов как кадмий и свинец. Все это повышает экологическую безопасность

сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на этих территориях, снижает содержание подвижных форм тяжелых металлов. И третья – использование отходов позволит сократить количество нарушенных земель и улучшить экологическую ситуацию, в тех районах, где ведется добыча стенового камня, так как в результате камнедобычи образуется большое количество отходов. Под размещение этих отходов приходится отводить значительные площади плодородных земель, данные территории выводятся из сельскохозяйственного оборота, увеличивается количество нарушенных земель. Экологический и экономический эффект от использования отходов камнепиления значителен, особенно с учетом количества кислых почв, разрабатываемых месторождений пористых пород и их распространенности на территории республики.

В результате использования отходов камнепиления карбонатных горных пород решается комплексная проблема повышения кислотности почв, получения экологически чистых, безопасных продуктов и снижения нагрузки на окружающую природную среду около каменных карьеров. Количество образующихся отходов, их химический и фракционный состав позволяет рекомендовать их использование в качестве материала для известкования почв Республики.

Библиографический список:

1. Мелиорация и водное хозяйство. Справочник. Т. 3. Осушение. – М.: Агропромиздат, 1985. – 447 с.
2. Муталибова Г.К. Обоснование способов использования отходов камнепиления известняков-ракушечников для рекультивации нарушенных земель. Автореферат на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Москва, 2007.

G.K. MUTALIBOVA

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after S.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

Z.M. MUTALIBOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «National Research Moscow state university of civil engineering» (NIU MGSU), Moscow, Russian Federation

RECLAMATION OF ACIDIC AND CONTAMINATED WITH HEAVY METALS LANDS USING MINING WASTE LIMESTONES – SHELL ROCKS

The article deals with the problems of the acidity increasing and cleaning of the lands contaminated with heavy metals using stone mining wastes from the limestone – shell rocks of the Dagestan deposits. Almost a third of the territory of the Republic of Dagestan is

3. Известкование кислых почв / Под. ред. акад. ВАСХНИЛ Н.С. Авдониной, д-ра с.-х. наук А.В. Петербургского и канд.с.-х.наук С.Г. Шедерова. – М.: Колос, 1976. – 304 с.

4. Основы природообустройства. / Голованов А.И., Сурикова Т.И., Сухарев Ю.И., и др. – М.: Колос, 2001. – 262 с.

5. Голованов А.И., Новиков О.С. Математическая модель переноса влаги и растворов солей в почвогрунтах орошаемых земель. Труды МГМИ. Т. 36. – М.: МГМИ, 1974.

6. Айдаров И.П. Перспективы развития комплексных мелиораций в России: Монография. – М.: МГУП, 2004. – 137 с.

7. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости к техногенным воздействиям. – М.: МГУ, 1997. – 102 с.

8. Ладонин Д.В. Полиэлементное загрязнение почв тяжелыми металлами: задачи и подходы. – М.: Сервер ОС, 1998.

9. Садовникова Л.К. Тяжелые металлы. – В кн.: Почвенно-экологический мониторинг. – М.: МГУ, 1994.

10. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020-94. Госкомсанэпиднадзор России. <http://docs.cntd.ru/document/1200030008>

Материал поступил в редакцию 10.01.2019 г.

Сведения об авторах

Муталибова Гавахират Кадировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Основания и фундаменты, строительство и экспертиза объектов недвижимости» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 125550, г. Москва, Тимирязевская ул., д. 49; e-mail: cirhe@mail.ru

Муталибов Зубаил Мукаилович, студент (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; e-mail: zubail2010@mail.ru

represented by the soils having an acid reaction. In the Republic there are large deposits of carbonate porous rocks, they have large reserves of shell limestone which are pure limestone (CaCO_3) with an insignificant content of dolomite and clays. From a chemical point of view, this material is considered the best for increasing soil acidity. Liming is one of the main methods of improving acidic soils. Depending on the initial physical and mechanical properties of the rock, about 40 ... 45% of the total volume of the deposit is converted into waste. Large areas of fertile land have to be allocated for waste dumps, the number of disturbed territories increases. The content of mobile forms of heavy hazardous metals (cadmium and lead) is also associated with acid-base soil conditions. The analysis of the data obtained showed that at pH 6.5 ... 10 there is a maximum absorption of cadmium by the soil, at pH 6 ... 9.5 of lead. At these pH values lead is less mobile than cadmium since cadmium mobility is 0.08, and lead is about 0.05. When chemical melioration of acidic soils using shell limestone at doses at which the mobility of metals is at the level of $R = 0.05$ within two years after liming, the lowest cadmium and lead content in the natural soil complex can be achieved. Using stone mining waste, shell limestone, a complex problem is solved – increasing the soil acidity, reducing the HM content in the soil and speeding up the reclamation of disturbed lands.

Carbonate rocks, limestone-shell rocks, stone mining, waste dumps, chemical reclamation, acidic soils, physical dose of ameliorator, heavy metals, mobility of ions, sorption.

References

1. Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. Spravochnik. T.3. Osushenie. – M.: Agropromizdat, 1985. – 447 s.
2. **Mutalibova G.K.** Obosnovanie sposobov ispolzovaniya othodov kamnepileniya izvestnyakov-rakushechnikov dlya rekultivatsii narushennykh zemel. Avtoreferat na soisk. uchen. step. cand. tehn. nauk. – Moskva, 2007.
3. Izvestkovanie kislykh pochv / Pod red. akad. BASHNIL N.S. Avdonina, d-ra s. – h. nauk A.V. Peterburgskogo i cand. s. – h. nauk S.G. Shchedrova. – M.: Kolos, 1976. – 304 s.
4. Osnovy prirodoobustrojstva. / Golovanov A.I., Surikova T.I., Suharev Yu.I. i dr. – M.: Kolos, 2001. – 262 s.
5. **Golovanov A.I., Novikov O.S.** Matematicheskaya model perenosa vlagi i rastvorov solej v pochvogruntah oroshaemykh zemel. Trudy MGMI. T. 36. – M.: MGMI, 1974.
6. **Aidarov I.P.** Perspektivy razvitiya kompleksnykh melioratsij v Rossii: Monografiya. – M.: MGUP, 2004. – 137 s.
7. **Glazovskaya M.A.** Metodologicheskie osnovy otsenki ekologo-geohimicheskoy ustojchivosti k tehnogennym vozdeystviyam. – M.: MGU, 1997. – 102 s.
8. **Ladonin D.V.** Polielementnoe zagryaznenie pochv tyazhelymi metallami: zadachi i podhody. – M.: Server OS, 1998.
9. **Sadovnikova L.K.** Tyazhelye metally. – V kn.: Pochvenno-ekologicheskyy monitoring. – M.: MGU, 1994.
10. Gigienicheskie normativy GN ГН 2.1.7.020-94. Goskomsanepidnadzor Rossii. <http://docs.cntd.ru/document/1200030008>

The material was received at the editorial office
10.01.2019 g.

Information about the authors

Mutalibova Gavakhirat Kadirovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Bases and foundations, building and expertise of realty objects» FSBEU HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Timiryazevskaya ul., 49, e-mail: cirhe@mail.ru

Mutalibov Zubail Mukailovich, student NRU MGSU; 129337, Moscow, Yaroslavskoye Highway, 26; e-mail: zubail2010@mail.ru