ООО «ГЕОМАРКЕТИНГ»
ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве»
АССОЦИАЦИЯ «ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ» – Общероссийское отраслевое объединение работодателей
СОЮЗ ИЗЫСКАТЕЛЕЙ

Общероссийская научно-практическая конференция

«ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ – НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА, СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»

МАТЕРИАЛЫ

16 сентября 2022 г.

г. Москва
2022

СОДЕРЖАНИЕ

Седойкина А.С., Коровина А.Б.
ООО «СамараНИПИнефть»
Проблемные вопросы инженерно-экологических изысканий при прохождении государственной экологической экспертизы 9

Трофимов В.Т., Харькина М.А.
МГУ имени М.В. Ломоносова
Роль геологической составляющей в системе нормативов на проведение инженерно-экологических изысканий 15

Стурман В.И.
СПбГУТ имени проф. М.А. Бонч-Бруевича
Нормативные и геохимические аспекты превышения гигиенических стандартов вследствие естественных причин 20

Королев В.А., Трофимов В.Т., Харькина М.А., Григорьева И.Ю., Родькина И.А., Шанина В.В.
МГУ имени М.В. Ломоносова
Роль эколого-геологических систем в составе инженерно-экологических изысканий 26

Седойкина А.С., Сарварова Р.Р.
ООО «СамараНИПИнефть»
Щеголихина М.П.
ООО «ТомскНИПИнефть»
Расчет стоимости радиационного обследования участков, отводимых под строительство линейных объектов 34

Григорьева И.Ю., Садов С.С.
МГУ имени М.В. Ломоносова
Экотоксикологические исследования грунтов: их значение и порядок проведения при инженерно-экологических изысканиях 40

Шишкина Д.Ю.
Южный федеральный университет
Изучение химического загрязнения почв и донных отложений в инженерно-экологических изысканиях 48

Жигалин А.Д.
МГУ имени М.В. Ломоносова
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН
Анисимова О.В., Архипова Е.В.
Государственный университет «Дубна»
Сазонова В.В.
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН
Геофизическая урбоэкология. Содержание и перспективы 53

Мельникова М.Н.
ООО «РСК-Инжиниринг»
Обсуждение перечня показателей при лабораторных исследованиях поверхностных (воды суши), подземных вод и донных отложений, предусмотренного СП 502.1325800.2021 57

Руденко Ю.К., Воронков А.А.
ООО «ПКФ Цифровые приборы»
Об оценке шума, воздействующего на население 63

Ермак А.А.
АО «Технологии контроля безопасности»
Об идентификации объектов, обладающих признаками водного объекта, при проведении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, предусматривающей работы по изменению русел водотоков и/или создание искусственных земельных участков 68

Меркулова М.А., Шклярова Е.Н.
АУКО «Государственная экспертиза проектов Курской области»
Характеристика климата в составе инженерно-экологических изысканий 76

Строчков Ю.А.
ФГБУ «Росгеолфонд»
Капустин В.В.
МГУ имени М.В. Ломоносова
Исследование свалок твердых бытовых отходов геофизическими методами 80

Резолюция конференции 85

Материалы Общероссийской научно-практической конференции
«Инженерно-экологические изыскания – нормативно-правовая база, современные методы и оборудование»,
г. Москва, 16 сентября 2022 г.

Григорьева И.Ю., Садов С.С.

МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, г. Москва, ikagrig@inbox.ru, sergik0599@mail.ru

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ: ИХ ЗНАЧЕНИЕ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Аннотация. На основе анализа существующих нормативных документов и сложившейся практики проведения экотоксикологических исследований обосновывается их первоочередная необходимость при оценке класса опасности грунтов в составе инженерно-экологических изысканий. На примере грунтов одного из участков изысканий на территории г. Москвы показывается эффективность проведения экотоксикологических исследований с применением высших растений.
Ключевые слова: класс опасности; грунты-отходы; биотестирование.

Экотоксикологические исследования грунтов

При проведении инженерно-экологических изысканий в отношении грунтов, залегающих на изучаемой территории, конечной целью должен стать ответ на вопрос о степени их экологической опасности для окружающей среды и здоровья человека. Обоснованный ответ на этот вопрос можно получить при проведении экотоксикологических исследований. Следует заметить, что, возникнув в конце 1960–1970-х гг., на сегодняшний день экотоксикология представляет собой междисциплинарное научное направление, связанное с оценкой токсических эффектов химических веществ на живые организмы и биоценозы, входящие в состав экосистем [4, 8, 9]. Следует четко осознавать, что токсичность проявляется и может быть изучена только в процессе взаимодействия химического вещества и биологических систем (клетки, изолированного органа, организма, популяции). В настоящее время на всей территории России по-прежнему превалирует система контроля экологического состояния природной среды, основанная на нормативах предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ. Однако на основании одной только химико-аналитической информации можно «усмотреть» экотоксикологические проблемы там, где их на самом деле нет и наоборот. В связи с этим все сильнее становится очевидна несовершенность концепции ПДК, и все шире в практику оценки экологического состояния территории внедряются методы, основанные на биотическом подходе [8]. В отношении грунтов примером может служить система установления класса опасности отходов, в т.ч. и грунтов, попадающих под эту категорию. В данном подходе при установлении V класса опасности на основании химико-аналитических методов законодательно закреплена

необходимость подтверждения установленного класса экотоксикологическими методами [7], т.е. на основе биотестирования.

Существующие подходы к оценке класса опасности грунтов

На данный момент биотестирование в сфере оценки биологической значимости загрязнителей уже признан весьма эффективным методом, разработан ряд нормативов на его проведение [7]. Основной принцип этого метода основан на чувствительности и реакции живых организмов к экзогенному воздействию токсических веществ и заключается в определении воздействия исследуемых загрязняющих веществ на выбранные виды организмов в стандартных условиях, и выявлении различных физиологических или биологических тест-реакций. В настоящее время наиболее широко распространены два подхода: основанные на изучении реакций гидробионтов в водных вытяжках из исследуемых образцов, и изучении реакций высших растений, используемых в качестве тест-культур при апликатном и элюатном фитотестировании. Оба подхода законодательно закреплены и используются, в частности, при проведении инженерно-экологических изысканий. Однако при этом в первую очередь проводятся химико-аналитические исследования, за которыми следуют экотоксикологические. По мнению авторов, в целях совершенствования существующей системы оценки класса опасности грунтов, необходимо проводить экотоксикологические исследование перед химико-аналитическими, т.к. они экспрессны и отражают непосредственно биологическую реакцию тест-организмов.

Объект и методы исследования

Для обоснования необходимости пересмотра и усовершенствования современной системы оценки класса опасности грунтов как отходов был поставлен ряд экспериментов, во-первых, с применением различных по составу и степени загрязнения грунтов, во-вторых, различных тест-организмов [2, 3]. В качестве одного из примеров можно привести результаты экотоксикологического исследования, выполненного авторами на основе аккредитованного в 2019 г. стандарта, регламентирующего аппликатный метод фитотестирования [1]. В качестве объекта исследования была выбрана реконструируемая промзона «Красный богатырь», где были отобраны образцы дисперсных грунтов, которые согласно плану реконструкции, попадают в категорию отходы. Отбор грунтов проводился с глубин от 2,6 до 11,5 м. Кроме того готовился так называемый референтный грунт, который служил контрольным образцом. Для каждого исследуемого типа грунта проводился анализ элементного состава методом рентгенофлоурисцентного анализа (РФА).

Выбор анализируемых элементов основывался на анализе истории промышленного и хозяйственного освоения исследуемой территории.

Экотоксикологические исследования проводились с применением двух культур: горчицы белой (*Sinapis alba*) и сорго сахарного (*Sorghum saccharatum*). Обе эти культуры рекомендованы соответствующими нормативами для проведения фитотестирования.

Результаты проведенных исследований

По результатам рентгенофлоурисцентного анализа (табл.) были обнаружены превышения ПДК в образцах супеси, суглинка и мелкого песка по мышьяку As, цинку Zn и меди Cu. Наибольшие значения превышения ПДК наблюдались в образцах суглинка, где было зафиксировано трехкратное превышение содержания мышьяка, имеющего 1 класс опасности.

Таблица

Элементный состав грунтов с площадки реконструируемой промышленной зоны «Красный Богатырь» по данным РФА

№ п/п	Образец	№ навески	As	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	V	Mn	Sr	Fe	Ca	K
			мг/кг										%		
1	П(11)-1	1	< 3	< 3	5	7	< 5	< 10	24	< 10	72	69	0,39	2 21	0,97
		2	< 3	< 3	5	6	< 5	< 10	22	< 10	< 50	71	0,38	2,13	0,98
		3	< 3	< 3	5	8	< 5	< 10	20	< 10	< 50	70	0,39	2,14	1,02
2	П(11)-2	1	< 3	< 3	6	8	< 5	< 10	18	< 10	< 50	69	0,32	1,40	0,98
		2	< 3	< 3	5	8	< 5	< 10	16	< 10	< 50	69	0,39	1,36	1,03
		3	< 3	< 3	5	10	< 5	< 10	10	< 10	< 50	71	0,38	1,35	1,10
3	П(2,5)-1	1	3	< 3	10	61	38	< 10	41	21	136	76	1,19	0,73	1,13
		2	3	< 3	11	60	28	< 10	36	22	116	76	1,17	0,72	1,10
		3	3	< 3	11	54	40	< 10	45	19	116	77	1,14	0,70	1,11
4	П(2,5)-2	1	5	< 3	10	66	42	< 10	38	27	153	71	1,33	0,81	1,22
		2	4	< 3	10	65	38	< 10	33	28	122	71	1,22	0,83	1,17
		3	3	< 3	11	64	40	< 10	35	22	108	70	1,21	0,77	1,17
5	Реф-1	1	< 3	< 3	3	< 3	< 5	< 10	32	13	< 50	11	0,50	0,08	0,82
		2	< 3	< 3	3	4	< 5	< 10	26	< 10	< 50	10	0,50	0,08	0,81
		3	< 3	< 3	< 3	5	< 5	< 10	29	14	< 50	10	0,48	0,09	0,77
6	Реф-2	1	< 3	< 3	< 3	6	< 5	< 10	24	18	< 50	11	0,50	0,08	0,79
		2	< 3	< 3	< 3	6	< 5	< 10	27	16	< 50	11	0,56	0 09	0,92
		3	< 3	< 3	< 3	6	< 5	< 10	26	12	< 50	11	0,53	0,08	0,89
7	Супесь-1	1	3	< 3	8	20	< 5	< 10	65	35	< 50	98	1,71	0,52	1,66
		2	3	< 3	8	16	5	< 10	60	41	< 50	96	1,65	0,51	1 64
		3	< 3	< 3	9	20	< 5	< 10	54	31	< 50	96	1,64	0,51	1,68

№ п/п	Образец	№ навески	As	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	V	Mn	Sr	Fe	Ca	K
			мг/кг										%		
8	Супесь-2	1	4	< 3	7	20	5	< 10	68	38	< 50	98	1,71	0,51	1,70
		2	4	< 3	8	19	< 5	< 10	72	43	< 50	98	1,73	0,51	1,66
		3	4	< 3	7	20	5	< 10	63	38	54	95	1,67	0,49	1,66
9	Суг-1	1	18	< 3	10	69	22	41	76	107	320	106	4,52	2,21	2,19
		2	16	< 3	14	71	27	46	81	108	326	104	4,45	2,20	2,22
		3	18	< 3	10	74	30	51	84	111	309	105	4,45	2,18	2,22
10	Суг-2	1	19	< 3	10	70	24	45	81	107	321	107	4,64	2,18	2,23
		2	18	< 3	12	71	18	24	77	106	301	106	4,66	2,15	2,22
		3	18	< 3	11	72	29	39	82	108	314	104	4,64	2,15	2,23

Примечание: П(11) – песок средней крупности; П(2,5) – песок мелкий; Реф – референтный грунт; Суг – суглинок. В скобках указана глубина отбора, цифрами в индексе образца обозначены разные повторности определения.

На основе полученных данных в отношении каждого тестируемого грунта были рассчитаны коэффициенты степени опасности компонента отхода по всем анализируемым элементам. Далее полученные коэффициенты суммировались и вычислялся коэффициент *K*, необходимый для установления класса опасности грунтов.

Для всех рассматриваемых грунтов по результатам химико-аналитических исследований был установлен V класс опасности, который необходимо подтвердить экотоксикологическими исследованиями. В целях подтверждения V класса опасности исследуемых типов грунтов, был проведен эксперимент по аппликатному фитотестированию с применением высших растений.

Согласно критериям валидности, прописанным в ГОСТ Р ИСО 18763-2019 «Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений» [1], допустимой нормой прорастания семян, используемых в данном эксперименте тест-растений является порог в 70%. Среди всех проанализированных значений всхожести семян тест-культур на анализируемых грунтах, данный порог не преодолели только значения культуры сорго на образцах суглинка, достигнув значения 65% (рис. 1).

На основании полученных данных о длинах измеряемых параметров (рис. 2, 3) для выбранных тест-культур были построены графики эффекта торможения для корней и ростков соответственно. В существующих нормативных технических документах [1, 6], а также подтвержденных на государственном уровне методиках [5] главным параметром для подтверждения класса опасности отхода, а также установления его степени токсичности является эффект торможения (замедления) роста корня.

По достижении 20% порога, отходу присваивается 4 степень токсичности, и одновременно ему присваивается минимум IV класс опасности, с рекомендацией его дальнейшего уточнения. В ходе проведенного эксперимента

этот порог преодолели значения обеих тест-культур в образцах суглинка, достигнув максимального значения в 33,45%.

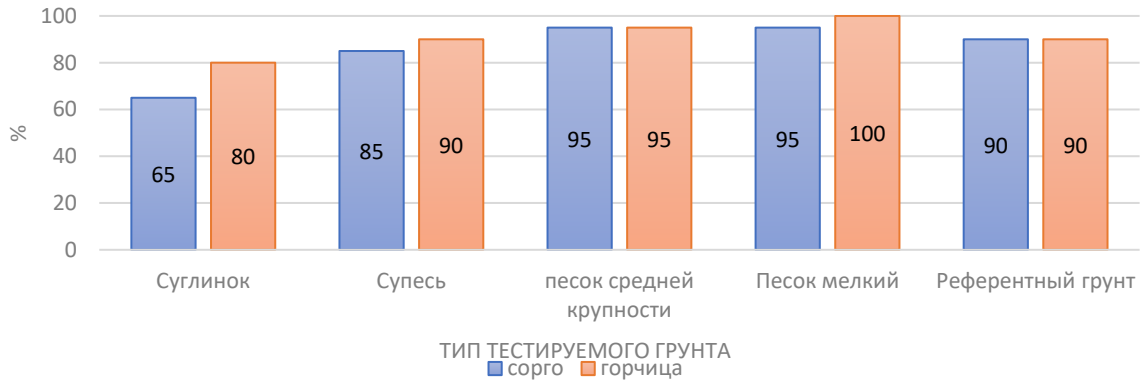

Рис. 1. Энергия прорастания семян горчицы белой (*Sinapis alba*) и сорго сахарного (*Sorghum saccharatum*) на исследуемых грунтах

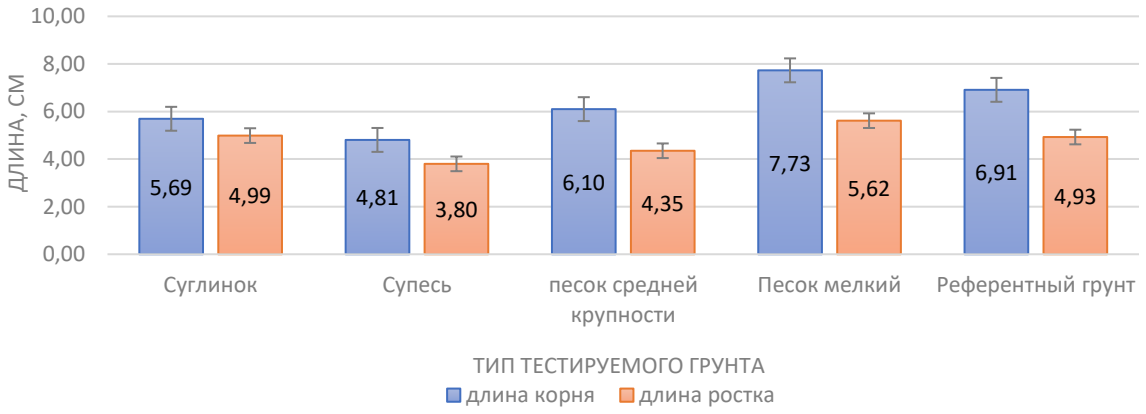

Рис. 2. Отклики *Sinapis alba:* средние длины корней и ростков

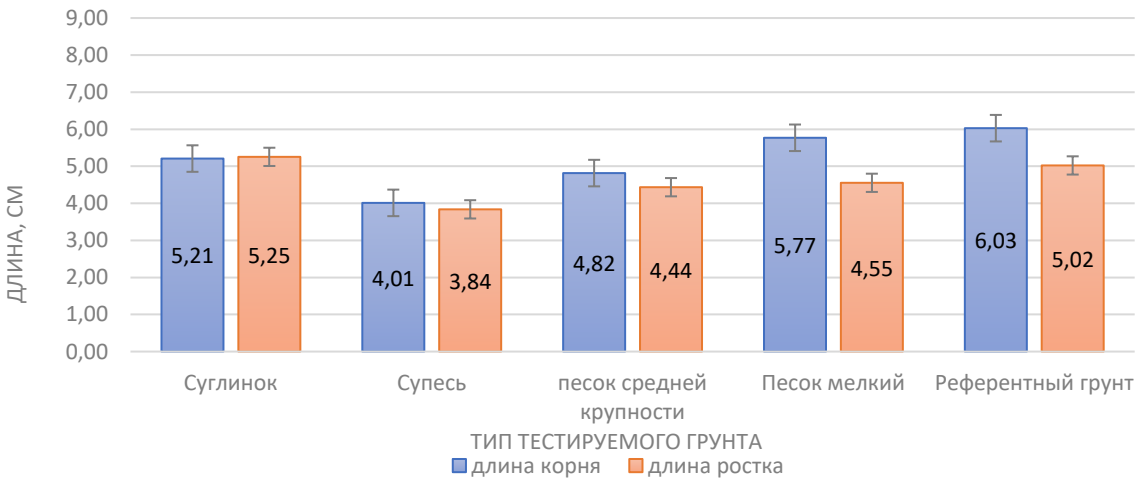

Рис. 3. Отклики *Sorghum saccharatum:* средние длины корней и ростков

В отношении корней горчицы в образцах мелкого песка наблюдался небольшой стимулирующий эффект, выраженный в отрицательных значениях эффекта торможения, который составил 11,85% соответственно. На основании этих данных можно заключить, что для образцов супеси V класс опасности отхода не подтвержден; в отношении песка средней крупности рекомендуется провести дополнительный эксперимент с применением еще одной тест-культуры для более точного определения эффекта торможения.

А также значение эффекта торможения корня в 20,11% для культуры сорго на образце песка средней крупности (рис. 4).

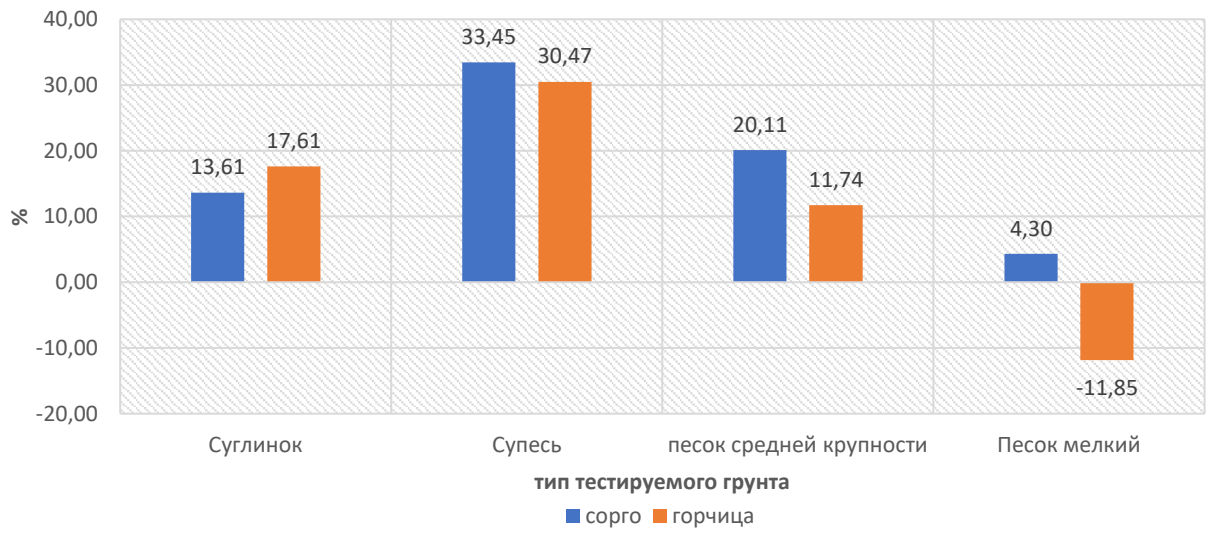

Рис. 4. Эффект торможения роста корней *Sorghum saccharatum* и *Sinapis alba*

Экономическая эффективность изменения очередности проведения экотоксикологических исследований при подтверждении класса опасности грунтов как отходов

Изменение очередности проведения экотоксикологических исследований оказывается весьма целесообразным и с экономической точки зрения, т.к. стоимость анализов по оценке загрязнения грунтов тяжелыми металлами – определение содержания кадмия, свинца, цинка, меди, никеля, ртути, мышьяка – составляет 3400 руб. (по нормативным документам) за пробу, а в случае определения загрязнения нефтепродуктами может значительно превышать и 5 тыс. руб. [10], в зависимости от количества определяемых параметров. Допуская минимальную статистическую обработку и повторность проведения экотоксикологического анализа в количестве трех штук, то для подтверждения класса опасности отхода потребуется оплатить 10 200 руб. При анализе большого количества проб могут выходить значительные суммы, в то время как

для первичного анализа биологической реакции по аппликатному фитотестированию, которое к тому же и более экспрессное, требуется только наличие семян тест-культуры (около 500 руб.), чашки Петри – (от 350 руб. за 10 шт.) и элементарные лабораторные условия для проведения анализа. Все это в разы удешевляет итоговую стоимость определений и позволяет в случае необходимости оценки класса опасности грунтов оптимизировать систему проведения инженерно-экологических изысканий.

Заключение

Таким образом, на основании более ранних исследований [2, 3], а так же, как показали вышеприведенные результаты исследований, непосредственная оценка класса опасности и степени токсичности грунтов экотоксикологическими методами способна в достаточной степени дать представление о возможном наличии загрязнений в грунте, которые могут оказать влияние на живые организмы, а не о «сухом» превышении ПДК по элементам, не всегда оказывающим токсическое воздействие на живые организмы. В связи с этим, по мнению авторов, целесообразнее проводить экотоксикологические исследования перед химико-аналитическими, для установления по результатам реакций высших растений непосредственно тех субстратов, в которых необходимо уточнить более высокий класс опасности химико-аналитическими методами.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 18763-2019 Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений.
2. Григорьева И.Ю., Морозов А.В., Садов С.С. Биодиагностика экологического состояния дисперсных грунтов // Сергеевские чтения, Материалы годичной сессии Научного Совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии «Фундаментальные и прикладные вопросы современного грунтоведения». М.: ГеоИнфо, 2022. Т. 23. С. 355−361.
3. Григорьева И.Ю., Федосеева Е.В., Морозов А.В., Садов С.С. О необходимости изменения подходов к оценке классов опасности грунтов-отходов // Геоинфо. 2019. 26 сентября. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.geoinfo.ru/product/grigoreva-iya-yurevna/o-neobhodimosti-izmeneniya-podhodov-k-ocenke-klassov-opasnosti-gruntov-othodov-41433.shtml (дата обращения: 29.08.2022).

4. Иваненко Н.В. Экологическая токсикология. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. 108 с.
5. Капелькина Л.П., Бардина Т.В, Бакина Л.Г., Чугунова М.В., Герасимов А.О., Маячкина Н.В., Галдиянц А.А. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно-загрязненных почв. СПб: Фора-принт, 2009. 19 с.
6. МР 2.1.7.2297-07 Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности.
7. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 04.12.2014 № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду».
8. Терехова В.А. Биотестирование как метод определения класса опасности отходов // Экология и промышленность России. 2003. № 12. С. 27−29.
9. Фрумин Г.Т. Экологическая токсикология (экотоксикология). СПб: Изд-во РГГМУ, 2013. 179 с.
10. ФГБУ ГЦАС «Московский» [Электронный ресурс]. Режим доступа：http://mosagrohim.ru/prays/ (дата обращения: 03.05.2022).

I.Yu. Grigorieva, S.S. Sadov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, ikagrig@inbox.ru, sergik0599@mail.ru

ECOTOXICOLOGICAL STUDIES OF SOILS: THEIR SIGNIFICANCE AND PROCEDURE FOR ENGINEERING-ECOLOGICAL SURVEYS

Abstract. Based on the analysis of existing regulatory documents and the established practice of conducting ecotoxicological studies, their primary need is substantiated in assessing the hazard class of soils as part of engineering-ecological surveys. On the example of the soils of one of the survey sites in Moscow, the effectiveness of ecotoxicological studies using higher plants is shown.
Key words: hazard class; waste soils; biotesting.