

А. В. БЕДАРЕВ<sup>1</sup>, Е. М. КУЛЬНЕВА<sup>2</sup>, В. В. КУЛЬНЕВ<sup>3</sup>

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

<sup>1</sup> *1 центр метрологического обеспечения войсковой части 61641, г.  
Воронеж, Россия*

[andreybedarev@yandex.ru](mailto:andreybedarev@yandex.ru)

<sup>2</sup> *ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г.  
Воронеж, Россия*

[repinaem@mail.ru](mailto:repinaem@mail.ru)

<sup>3</sup> *Центрально-Черноземное межрегиональное управление Федеральной  
службы по надзору в сфере природопользования, г. Воронеж, Россия*

[kulnev@rpn36.ru](mailto:kulnev@rpn36.ru)

*В статье проведен анализ нормативно-правовой базы лежащей в основе организации экологического мониторинга почвенного покрова. Приведены качественные и количественные методики измерения загрязняющих веществ в почве, применяемые при лабораторно-аналитическом и полевом этапах эколого-геохимического мониторинга. Ключевые слова: почвенный покров, средства измерения, экологический мониторинг, природоохранные мероприятия.*

Метрологическое обеспечение экологического мониторинга почвенного покрова является одной из важнейших современных природоохранных задач, решение которой состоит в разработке и внедрении научных подходов и нормативной документации, создании специализированных технических средств, для достижения единообразия методической части и обеспечения получения репрезентативных данных от измерений параметров состояния почв.

В условиях техногенно нагруженных территорий почвы претерпевают значительные качественные изменения вследствие негативного воздействия химического, бактериологического и других видов загрязнения, так и вследствие механического преобразования, а именно уплотнения

и разубоживания почвенных горизонтов. В этой связи, в геоэкологию было введено понятие – урбоземы – почвы селитебных территорий и городских агломераций.

Основным документом в области метрологии в Российской Федерации является Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». П. п. 3 п. 1 ст. 1 закона определено обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности [21].

Для оценки степени техногенного воздействия на компоненты природной среды при одновременном определении уровня отклика экосистемы проводится экологический мониторинг. Общеизвестно, что экологический мониторинг представляет собой систему наблюдения, оценки и прогноза изменений состояния компонентов природной среды, к которым относят поверхностные и подземные воды, почвы, биоту и атмосферный воздух.

Вышеуказанные компоненты составляют биотическую и абиотическую составляющие экологических систем различных уровней организации: от микроэкосистем до глобальной экологической системы. Примерами таких экосистем являются болотная кочка – микроэкосистема, мезоэкосистема – небольшой водоем, макроэкосистема – экологическая система отдельно взятого региона, и, наконец, глобальной экологической системой является наша планета. При этом одним из общих свойств экосистем является их открытость и способность к обмену веществом и энергией с внешней средой.

Как и любая другая система, экологическая система в своем развитии может находиться в трех состояниях: оптимум, пессимум и стагнация, и в силу различных причин как природного, так и техногенного характера находится в одном из перечисленных состояний. Можно сказать, что развитие экосистемы заключено в пределах трех подзон экологической толерантности. При этом подзона оптимума представляет собой уровень действия внешних факторов, которые обеспечивают наиболее благоприятные условия для существования биоценозов. При техногенном воздействии происходит отклонение от оптимума, и система переходит в подзону пессимума. При ликвидации или снижении интенсивности негативного воздействия экологическая система способна вновь вернуться в зону оптимума, а при его усилении приходит в состояние стагнации [2].

С одной стороны, ч. 2 ст. 65 Федерального закона от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» государственный экологический надзор включает в себя государственный земельный надзор. С другой стороны, п.2 ч.2 ст. 13 Федерального закона Российской Федерации от 25.10.2001 №136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации» определено, что в целях охраны земель собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы, и арендаторы земельных участков обязаны проводить мероприятия по защите земель от их разрушения под действием физических и химических факторов: водной и ветровой эрозии, селей, подтопления, заболачивания, вторичного засоления, иссушения, уплотнения, загрязнения химическими веществами, в том числе радиоактивными, иными веществами и микроорганизмами, загрязнения отходами производства и потребления и другого негативного воздействия.

Как известно, почвы и природные воды являются депонирующими средами, то есть средами, в которых в результате техногенного воздействия происходит накопление загрязняющих веществ [5, 7–10]. В полной мере вышеприведенное суждение можно отнести и к грунтам зоны аэрации [15]. В типовой состав приоритетных загрязняющих веществ природного и техногенного путей поступления, приводящих к ухудшению качества почв и грунтов зоны аэрации при эксплуатации объектов оборонной отрасли, входят нефтепродукты, пыль, 3,4-бенз(а)пирен, фенолы, сажа.

Работы по определению качества почв в части их загрязнения органическими, неорганическими и металлорганическими поллютантами проводятся в два этапа – полевой и камеральный. Литогеохимический анализ грунтов является одним из основных видов работ при проведении инженерно-экологических изысканий [11]. При полевых работах чаще всего при пробоотборе грунтов, в т.ч. почв в соответствии с нормативами применяется метод «конверта» [4]. Сущность метода «конверта» – с площадки приблизительно квадратной формы с разными размерами стороны (от 5 до 25 м) производится отбор из поверхностного 0–30 см слоя почвы по углам и в центре условного квадрата. Разрабатываемый авторами из Санкт-Петербургского госуниверситета и проходящий апробацию метод трехточечного отбора проб позволяет уменьшить стоимость полевых работ, сократить время их проведения и снизить ошибку при отборе за счет уменьшения количества проб.

Загрязнение почвенного покрова нефтепродуктами является достаточно острой проблемой в зоне нахождения объектов оборонного сектора:

– нефтепродукты инфильтруются через грунты зоны аэрации, загрязняя их, накапливаются, формируя линзы, и проникают в подземные воды, и, как

следствие, загрязняют как верховодку, так и эксплуатируемые водоносные горизонты;

- формирование значительного уровня загрязнения с образованием линз нефтепродуктов на зеркале подземных вод;

- деградация почв – повышается их кислотность, происходит накопление патогенных микроорганизмов (особенно возбудителей корневой гнили), почвенная микрофлора деградирует, нарушается как почвенный микробиоценоз, так и биоценоз в целом. При этом естественное восстановление плодородия почв, загрязненных нефтепродуктами, происходит значительно медленнее, чем при загрязнении другими веществами [6]. В данной связи, приоритетным для описания загрязняющим веществом в данной работе избраны нефтепродукты.

Для проведения измерения концентраций загрязняющих веществ в почвенном покрове необходимо опираться на требования соответствующих требований выполнения измерений, прописанных в различных нормативных документах и использовать только поверенные средства измерений. Следует напомнить, что согласно п.п. 6.2 п. 6 Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013 под средством измерений понимается техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики [14].

Для проведения измерения концентраций загрязняющих веществ в почвенном покрове, в лабораторных условиях применяются как классические методики: гравиметрический анализ, метод ИК-спектрометрии, БИК-анализа, так и методы биотестирования.

Гравиметрический анализ является одним из методов количественного анализа, и основан на измерении массы вещества. Данный метод является достаточно точным. Сущность анализа заключается в том, что навеску исследуемого материала переводят в раствор, определяемый компонент осаждают в виде малорастворимого соединения. Полученный осадок отфильтровывают, промывают от примесей, высушивают, прокаливают и взвешивают на точных лабораторных аналитических весах. Зная массу осадка, рассчитывают массовую долю (в процентах) определяемого компонента в исследуемом веществе.

В гравиметрическом анализе для проведения количественных определений и измерений используют специальную химическую посуду и оборудование: лабораторные аналитические весы применяются для взвешивания осадка; химические колбы и стаканы, используются тонкостенные с целью быстрого нагревания или охлаждения растворов, стаканы обычно используются объемом 100, 200 и 400 мл; часовые стекла – применяются в основном для взятия навески или накрывают стаканы

и колбы; воронки применяют для фильтрования и промывания осадков; промывалка используется для смывания осадка со стенок стакана, часового стекла, фильтра, бюкса; стеклянные палочки применяют для перемешивания жидкости, для перенесения ее при фильтровании; бюксы – маленькие стаканчики с шлифованной стеклянной крышкой, используются для определения влажности веществ, для взвешивания твердых и жидких веществ; тигли фарфоровые и тигельные щипцы, тигли применяются для прокаливания осадков, а щипцы – для переноски тиглей; эксикаторы используются для хранения веществ, которые могут поглощать влагу из воздуха; электрические сушильные шкафы с автоматической регулировкой температуры используются для сушки химической посуды, осадков или образцов анализируемого вещества; электрические муфельные печи применяются для прокаливания осадков в тиглях, температура в этих печах может достигать до 1200 °С; ступки фарфоровые применяются для измельчения проб. Следует обратить внимание, что лабораторные аналитические весы подвергаются периодической государственной или ведомственной поверке (при применении их, например, в сфере министерства обороны, министерства здравоохранения и т. д.). Межповерочный интервал, как правило, составляет 1 год. Все измерения, проведенные весами с истекшим сроком поверки, являются недействительными и не могут применяться в дальнейшем для определения, в данном случае, массы осадка при гравиметрическом анализе.

Метод ИК-спектроскопии – это метод анализа веществ и материалов, основанный на избирательном поглощении излучения инфракрасной части спектра веществом при прохождении через него этого излучения. Данный метод является более современным, чем гравиметрический и, в отличие от него, достаточно использовать не огромный набор химической посуды и оборудования, а специальный измерительный прибор – спектрометр. Спектрометры, так же, как и весы, подвергаются довольно часто периодической государственной или ведомственной поверке, как правило, не реже 1 раза в год. В работе [16] показано, что при сравнении двух методик определения суммарного содержания нефтепродуктов в почвах, а именно гравиметрическим методом и методом ИК-спектроскопии предпочтительным является метод без предварительного встряхивания. Это обуславливается тем, что при экстракции по методике с предварительным встряхиванием происходит потеря нефтепродуктов в ходе анализа. В случае ИК-метода для экстракции используются четыреххлористый углерод или тетрахлорэтилен, а длительность экстракции составляет 1 ч. Возможность прямого применения менее активного растворителя гексана сомнительна [22].

Группой авторов [12], показано, что БИК-анализаторы могут использоваться для раздельного определения индивидуальных углеводов (керосина, дизельного топлива и моторного масла) при их совместном нахождении в почве. Однако для этого необходимо проводить градуировку прибора на пробах почвы, содержащих все углеводороды, которые могут находиться в анализируемой почве. БИК-анализатор, проградуированный по одному нефтепродукту, будет определять суммарное содержание нефтепродуктов в почве. Актуальное значение для проведения фундаментальных научных исследований, в настоящее время и для выполнения практических производственных мероприятий мониторинга приобретает биомониторинг почв. Биотестирование основано на исследовании реакции живых организмов, которые способны уловить присутствие стрессирующего воздействия раньше, чем многие обычно используемые методы. В связи с этим в настоящее время и растет интерес к биотест-системам. Методы биотестирования способны интегрально и оперативно дать токсикологическую характеристику природных и техногенных сред, позволяют получить достаточно надежные данные о токсичности конкретной пробы.

В опытах, описанных в работе [3], в качестве модельных тест-растений были использованы семена Овса посевного (*Avena sativa* L.) и Кресс-салата (*Lepidium sativum* L.), которые отличаются высокой всхожестью и скоростью роста, дают стабильные и воспроизводимые результаты. В исследованиях учитывались следующие показатели: всхожесть семян, длина проростков, фитотоксичный эффект. Принимали следующую градацию по всхожести семян: 90-100 % – загрязнение отсутствует; 60-90 – слабое загрязнение; 20-60 – среднее; < 20 % – сильное. Оценка фитотоксичности (фитоэффекта (ФЭ)) проводилась по следующим критериям: менее 20 % – фитотоксичность не проявляется (норма); 20-40 – слабая фитотоксичность; 40-60 – средняя; более 60 % – сильная фитотоксичность. Кроме того, токсичными считают почвы, вызывающие угнетение прорастания более чем в 1,1 раза по сравнению с контрольным образцом. Результаты исследования показывают, что наиболее чувствительной культурой к техногенной нагрузке оказался *Avena sativa* L., что свидетельствует о высокой индикационной способности этого тест-объекта [3].

В исследовании О.А. Пестовой и А.И. Чупахиной описаны специфические физиологические группы микроорганизмов, которые встречаются лишь в присутствии определенных загрязняющих веществ и реагируют только на специальные химические соединения, например на содержание тяжелых металлов в почве [13].

В работе самарских авторов показано, что наиболее информативным

показателем качества почвы, загрязненной нефтепродуктами, является соотношение длин надземной и подземной частей фасоли. Загрязненность почвы нефтью проявляется в уменьшении данного показателя: 0,8 – в нефтезагрязненной почве, 1,2 – в рекультивированной почве и 1,5 – в контрольной пробе [1].

Исследование авторского коллектива из Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина посвящено оценке качества городских почв с использованием в качестве тест-объектов червей энхитреид (*Enchytraeus crypticus*). Тест-реакции, регистрируемые в процессе проведения эксперимента, включают в себя смертность и изменение прироста численности особей [17].

Учеными из Лотарингии (Франция) в горнодобывающих районах Южного Марокко были отобраны пробы почв для проведения исследования с помощью набора для биотестирования MetPAD™. При этом тест на токсичность проводился одновременно с химическим анализом водных экстрактов хвостового материала и почв с целью оценки потенциальной доступности тяжелых металлов. Основными поллютантами являются цинк, медь и кадмий. Выявлено, что общая тенденция заключалась в увеличении токсичности металлов, измеряемой биотестом, с увеличением содержания доступных металлов в хвостохранилищах и грунтах. Поэтому испытание MetPAD™ может использоваться в качестве быстрого и чувствительного средства прогнозирования для оценки наличия тяжелых металлов в почвах, сильно загрязненных в результате горнодобывающей деятельности [23].

В научной работе соотечественников предыдущих исследователей из Монпелье приведен сравнительный анализ модели активности свободных ионов (FIAM), модели наземного биотического лиганда (TBLM), модели диффузионных градиентов в тонких пленках (DGT) и биотеста растительного происхождения RHIZOtest по способности предсказывать концентрацию корневой меди в выращенной твердой пшенице (*Triticum turgidum durum* L.). Предполагалось, что ни один из методов не предусматривал адекватного прогноза концентрации корневой меди, что, в основном, коррелировало с общим количеством почвенной меди. Результаты измерений DGT и, тем более, прогноза FIAM отрицательно коррелировали с рН почвы и завышенным содержанием корневой меди в кислых почвах. Внедрение TBLM улучшило численное предсказание FIAM, но все же не смогло предсказать адекватную концентрацию корневой меди, так как формализм TBLM не учитывал щелочение

ризосферы, как это наблюдалось на месте. Напротив, измерения RHIZOtest учитывали щелочение ризосферы и были в основном соотнесены с общим содержанием меди в почве [24].

Исследователями из Италии и Швейцарии в качестве тест-объектов почв, загрязненных нефтепродуктами, были использованы эктомикоризные грибы, произрастающие на саженцах норвежской ели и тополя. Продолжительность времени между заражением почвы и посевом влияет как на рост саженцев, так и на микоризальный инфекционный потенциал почвы. Полученные результаты подтверждают важность микоризальных грибов в биоремедиации почв, загрязненных сырой нефтью [25].

Исследование польских ученых было направлено на определение степени снижения незначительного загрязнения почв бензином и дизельным топливом за счет внесения бентонита, компоста и оксида кальция. При этом в качестве тест-объектов были использованы культуры рапса и посевного овса, в которых проводилось измерение содержания азота. Показано, что добавление бентонита, окиси кальция или компоста в почву, загрязненную нефтепродуктами, обычно снижало отрицательное влияние бентонита и дизельного топлива на рост растений, снижало содержание белкового азота и увеличивало общее содержание азота в растениях. Наиболее эффективным оказался бентонит, при этом окись кальция и компост оказались чуть менее эффективными. Наиболее положительные результаты были получены для ярового рапса как основной культуры. Добавление в почву компоста, бентонита и окиси кальция оказало более сильное модифицирующее влияние на содержание азота в растениях на загрязненных дизельным топливом почвах, чем бензин [26].

В исследовании китайских специалистов оценивалось влияние тяжелых металлов (Cd, Cu, Pb, Zn) на активность EROD и CYP3A4 в фетиде дождевого червя *Eisenia* с целью выяснения их возможной индукции и потенциала в качестве биомаркеров загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Показано, что среди четырех тяжелых металлов кадмий был наиболее сильно индуцирован EROD и CYP3A4. В то время как активность EROD и CYP3A4 показала схожую тенденцию, EROD является более чувствительным, чем активность CYP3A4 в *E. fetida* в качестве биомаркера загрязнения тяжелыми металлами [27].

Согласно ч. 2 ст. 71 Федерального закона от 25.10.2001 №136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации» государственный земельный надзор осуществляется уполномоченными федеральным органом исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов



Российской Федерации при осуществлении ими соответственно федерального государственного экологического надзора и регионального государственного экологического надзора согласно их компетенции в соответствии с законодательством Российской Федерации об охране окружающей среды и Федеральным законом от 26.12.2008 года №294-ФЗ

«О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» [18, 20].

Анализ результатов проведения Центрально-Черноземным межрегиональным управлением Федеральной службы по надзору в сфере природопользования за период с 2014 по 2019 гг. контрольно-надзорной деятельности показывает, что основными нарушениями природоохранного законодательства Российской Федерации в части земельного надзора являются: самовольное снятие или перемещение плодородного слоя почвы (ч. 1 ст. 8.6 КоАП РФ) [19]; уничтожение плодородного слоя почвы, а равно порча земель в результате нарушения правил обращения с пестицидами и агрохимикатами или иными опасными для здоровья людей и окружающей среды веществами и отходами производства и потребления (ч. 2 ст. 8.6 КоАП РФ) [19]; невыполнение или несвоевременное выполнение обязанностей по рекультивации земель при разработке месторождений полезных ископаемых, включая общераспространенные полезные ископаемые, осуществлении строительных, мелиоративных, изыскательских и иных работ, в том числе работ, осуществляемых для внутрихозяйственных или собственных надобностей, а также после завершения строительства, реконструкции и (или) эксплуатации объектов, не связанных с созданием лесной инфраструктуры, сноса объектов лесной инфраструктуры (ч. 1 ст. 8.7 КоАП РФ) [195-ФЗ]; невыполнение установленных требований и обязательных мероприятий по улучшению, защите земель и охране почв от ветровой, водной эрозии и предотвращению других процессов и иного негативного воздействия на окружающую среду, ухудшающих качественное состояние земель (ч. 2 ст. 8.7 КоАП РФ) [19].

Для обеспечения качества контрольно-надзорных мероприятий необходимы достоверные результаты определения содержания поллютантов в почвенном покрове, которые могут быть достигнуты при использовании современных поверенных средств измерений. Метрологическое обеспечение экологического мониторинга служит основой для проведения органами исполнительной власти Российской Федерации контрольно-надзорной деятельности в части охраны почвенного покрова.

## Список литературы

- 1 Баландина, Л.П. Опыт оценки качества рекультивации нефтезагрязненных почв методом биотестирования / Л.П. Баландина, А.В. Шабанова // Экология и промышленность России. Москва. – 2007. – Т. 11. – № 11. – С. 46-47.
- 2 Бедарев, А.В. Метрологическое обеспечение экологического мониторинга атмосферного воздуха / А.В. Бедарев, Е.М. Репина, В.В. Кульнев // Методологические аспекты развития метеорологии специального назначения, экологии и систем аэрокосмического мониторинга: сборник научных статей по матер. V Всерос. науч.-пр. конф., Воронеж, 19-20 марта 2019 г. / Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. – Воронеж, 2019. – С. 123-127.
- 3 Васильченко, А.В. Оценка токсического загрязнения почв нефтепродуктами в результате деятельности автозаправочных станций с использованием метода биотестирования / А.В. Васильченко, Л.В. Галактионова // Современные проблемы науки и образования. Москва. – 2015. – № 4. – С. 438.
- 4 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. – М.: Стандартинформ, 2008. – 9 с.
- 5 Кизеев, А.Н. Экогеосистемы горнодобывающего класса северо-запада Восточно-Европейской платформы (Мурманская область) / А.Н. Кизеев [и др.] // Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика). Коллективная монография. – Воронеж, 2015. – С. 282-326.
- 6 Косинова, И.И. Особенности инженерно-экологических изысканий в районе крупных логистических центров по складированию и хранению нефтепродуктов / И.И. Косинова, О.Г. Фонова // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: материалы докладов Четырнадцатой Общероссийской научно-практической конференции и выставки изыскательских организаций, Москва, 11–14 декабря 2018 г. / ООО «Геомаркетинг»; редкол.: Н.А. Журавлева, К.С. Висхаджиева. – Москва, 2018. – С. 126-130.
- 7 Кульнев, В.В. Геоэкологические модели депонирующих сред территории горнодобывающих предприятий: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук /

В.В. Кульнев; Военный авиационный инженерный университет. – Воронеж, 2011. – 20 с.

8 Кульнев, В.В. Динамика и пространственное загрязнение территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» / В.В. Кульнев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2010. – №2. – С. 302-313.

9 Кульнев, В.В. Экологическая оценка грунтов зоны аэрации в пределах территории влияния крупного металлургического предприятия / В.В. Кульнев // Сборник научно-методических материалов. – Воронеж: ВВВАИУ, 2005. – С. 91-95.

10 Кульнев, В.В. Комплексная методика геоэкологической оценки территории горнодобывающих предприятий / В.В. Кульнев, О.В. Базарский // Вестник Московского государственного областного ун-та. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 2. – С. 142-147.

11 Навинкин, А.П. Обоснование сокращения количества элементарных проб грунтов в методе «конверта» / А.П. Навинкин, И.И. Подлипский // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации: материалы докладов Четырнадцатой Общероссийской научно-практической конференции и выставки изыскательских организаций, Москва, 11–14 декабря 2018 г. / ООО «Геомаркетинг»; редкол.: Н.А. Журавлева, К.С. Висхаджиева. – Москва, 2018. – С. 158-161.

12 Панкратова, К.Г. Определение содержания нефтепродуктов в почве методом БИК-спектрометрии: 7. Возможность определения индивидуальных нефтепродуктов при их совместном присутствии в почве / К.Г. Панкратова [и др.] // Плодородие. – 2013. – № 2 (71). – С. 47-49.

13 Пестова, О.А. Биотестирование почв с помощью микроорганизмов / О.А. Пестова, А.И. Чупахина // Декада экологии: материалы XI Международного конкурса, Омск, 11-19 мая 2017 г. / Омский государственный технический ун-т; редкол.: Е.Ю. Тюменцева. – Омск, 2017. – С. 39-43.

14 Рекомендация по межгосударственной стандартизации: РМГ 29-2013. – М.: Стандартинформ, 2014 – 121 с.

15 Репина, Е.М. Анализ влияния крупного металлургического предприятия на экологическое состояние приповерхностных отложений / Е.М. Репина, В.В. Кульнев, И.И. Косинова // Геологи XXI века: Материалы VI Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов, Саратов, 5-7 апреля 2005 г. / Ответственные редакторы: Е. М. Первушов, М. В. Пименов. – Саратов, 2005. – С. 129-130.

- 16 Русских, И.В. Сравнение двух методик ИК-спектрометрического определения нефтепродуктов в почве / И.В. Русских, Л.П. Госсен // Журнал аналитической химии. – 2009. – Т. 64, № 6. – С. 633–635.
- 17 Смирнова, Т.С. Применение червей энхитреид в биодиагностике состояния городских почв / Т.С. Смирнова, К.В. Челознова, А.А. Галкина // Экологические системы и приборы. – 2020. – №2. – С. 15-22.
- 18 Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 25.10.2001 №136-ФЗ.
- 19 Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2001 №195-ФЗ.
- 20 О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: федеральный закон Российской Федерации от 26.12.2008 №294-ФЗ.
- 21 Об обеспечении единства измерений: федеральный закон Российской Федерации от 26.06.2008 №102-ФЗ.
- 22 Юдович, Е.Е. Инструментальные методы определения нефтепродуктов в водах и почвах / Е.Е. Юдович // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2012. – №10 (58). – С. 66-69.
- 23 Boularbah, A. Heavy metal contamination from mining sites in South Morocco: 1. Use of a biotest to assess metal toxicity of tailings and soils / Boularbah A., Schwartz C., Bitton G., Morel J. L. // Chemosphere. – 2006. - Vol. 63, iss. 5. – P.802-810,
- 24 Matthieu, N. A plant-based biotest to account for rhizosphere processes when assessing copper bioavailability / Matthieu N. // Environmental Pollution. – 2010. – Vol. 158, iss. 10. – P. 3330-3337.
- 25 Nicolotti, G. Soil contamination by crude oil: impact on G. Nicolotti, S. Egli //Environmental Pollution. – 1998. – Vol. 99, iss. 1. – P. 37-43.
- 26 Wyszowski, M. Role of compost, bentonite and calcium oxide in restricting the effect of soil contamination with petrol and diesel oil on plants / M. Wyszowski, A. Ziolkowska // Chemosphere. – 2009. – Vol. 74, iss. 6. – P. 860-865.
- 27 Xiufeng, C. Evaluation of EROD and CYP3A4 activities in earthworm *Eisenia fetida* as biomarkers for soil heavy metal contamination / C. Xiufeng, S. Yufang, K. Jianrong, Y. Xiaoxia, J. Puhui //Journal of

Hazardous Materials. –2012.  
– Vol. 243. –P. 146-151.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ