

Научная статья

УДК 631.95+51.7

doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_1\_12

## ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕФТЕПРОДУКТАМИ И ЕЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

С.Е. Германова, В.Г. Плющиков, Н.Б. Самброс,  
Н.В. Петухов, Т.А. Рыжова

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

**Аннотация.** В статье исследована системная проблема загрязнения нефтепродуктами сельскохозяйственных земель, связанная с ней задача прогнозирования, моделирования загрязнения почвы, экосреды. Целью работы является не только системный анализ процессов загрязнения земель нефтепродуктами, но и разработка модели, процедуры идентификации параметров (индикаторов) загрязнения почвы продуктами, технологией и логистикой нефтепроизводства. Исследование базируется на общесистемной гипотезе: «экосистема (почва) — открытая система, способная к самоорганизации (самоочищению)». Используются методы анализа-синтеза, экспертных-эвристик, композиции-декомпозиции, моделирования, регрессионного и факторного анализа и др. Исследование — системное, но адаптируемое к различным средам, районам, в качестве примеров рассматриваются Тюменская и Волгоградская области. Результаты работы: анализ проблемы и разработка модели, методики (процедура регрессионная и экспертно-эвристическая) прогнозирования состояния земель, формулировка задач для дальнейшего исследования. Исследование учитывает способность к самовосстановлению и адаптивной устойчивости земель при различных потоках ресурсов. Неопределенности моделируются интервальными параметрами, равномерно распределенными. Результаты используются для прогноза и принятия решений, реализации интеллектуальных систем оценки загрязнения земель. Снять «белый шум», неопределенности систем можно, например, используя большие данные, ситуационное моделирование. Акцентируется важность биоразнообразия и самовосстановления как системных качеств загрязняемых земель. Предложена десятибалльная система классификации загрязнения. Приведен пример тестового анализа.

**Ключевые слова:** загрязнение земель, экология среды, состояние почвы, системный анализ

**Благодарности:** публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Российского университета дружбы народов.

Original article

## PROBLEM AND MODELLING OF AGRICULTURAL LAND CONTAMINATION BY PETROLEUM PRODUCTS

S.E. Germanova, V.G. Pliushchikov, N.B. Sambros,  
N.V. Petukhov, T.A. Ryzhova

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

**Abstract.** The article investigated the systemic problem of contamination of agricultural land with oil products, the related task of forecasting, modeling soil pollution, and environment. The purpose of the work is not only a systematic analysis of the processes of land pollution with oil products, but also the development of a model, a procedure for identifying the parameters (indicators) of soil pollution with products, technology and logistics of oil production. The study is based on the system-wide hypothesis: "an ecosystem (soil) is an open system capable of self-organization (self-purification)". Methods of analysis-synthesis, expertise-heuristics, decomposition compositions, modeling, regression and factor analysis, etc. were used. The study is systemic, but adaptable to various environments, areas, the Tyumen and Volgograd regions are considered as examples. The results of the work: analysis of the problem and development of a model, methods (regression and expert heuristic procedure) for forecasting the state of land, the formulation of tasks for further research. The study takes into account the capacity for self-healing and adaptive sustainability of land at different resource flows. Uncertainties are modeled by interval parameters evenly distributed. The results are used for forecasting and making decisions, implementing intelligent systems for assessing land pollution. You can remove "white noise", system uncertainties, for example, using big data, situational modeling. The importance of biodiversity and self-healing as systemic qualities of contaminated land is emphasized. A ten-point pollution classification system is proposed. An example of a test analysis is given.

**Keywords:** land pollution, environment ecology, soil condition, system analysis

**Acknowledgments:** the publication was carried out with the support of the Strategic Academic Leadership Program of the Peoples' Friendship University of Russia.

### Введение и содержательная постановка проблемы

К основным загрязнителям сельскохозяйственных земель, почвы, растительного покрова относят нефтедобывающие (перерабатывающие) производства [1, 2], а также потребителей нефтепродуктов. Например, в Тюмени нефтедобытки сопровождаются механическими воздействиями транспорта на почву, которые уничтожают до 0,3 м растительного покрова [3], а в Волгограде автотранспорт вносит более 40% в суммарный выброс от загрязнителей [4].

Наблюдается также устойчивый тренд возрастания микробного загрязнения и воздуха

вблизи автодорог, крупных промышленных производств и мегаполисов. Тундра Западной Сибири чувствительна и длительно восстанавливается. Достаточно малых разрушений дерна для эрозии почвы, ее выхода на катастрофический режим, особенно при глубоком бурении, когда идет разрушение (уплотнение почвы, уничтожение гумуса), охватывающее до 20 га.

Знание характера воздействия и вреда от загрязнителей, биогенных факторов позволяет разработать новые экологически и территориально обоснованные нормы ПДК, технологии очистки и процессы самоочищения. Это, в первую очередь, горячая нефть, метановые

углеводороды (легкие фракции). Они оказывают наркотически-токсическое воздействие на фауну. Почва с высокой концентрацией ароматических углеводородов становится канцерогенной и мутагенной, устойчиво воздействующей на здоровье всех проживающих на рассматриваемой территории [5].

Деградация почвы снижает разнообразие, а следовательно, устойчивость органики почвы, потенциал ее самовосстановления, особенно плодородной ее части.

К нефтяным источникам загрязнения почвы относятся растворы при бурении, бентониты и др., отходы, диффузия топлива, соединения



натрия, метанола и др. Отходы производства и потребления нефтепродуктов, поступающие в экосистему, имеют широкий спектр, но большинство (около 56%) из них — водные растворы. Они часто и определяют «точки невозврата», необратимости состояний, опасность нефтяного производства. При рекультивации учитываются «чувствительные» для попадания в эти точки диапазоны содержания в почве нефтепродуктов. Для этого разработаны высокотехнологичные способы, например, использующие БПЛА и спутниковое зондирование земель [6].

Экологические последствия попадания на земли сельхозпроизводства нефтепродуктов — это деградация почвы и трансформация растительного покрова, изменение химического состава. Временной интервал самоочищения определяется очищением на 96% от фонового стартового содержания.

С приростом массы загрязнителей (поллютантов) не справляются процессы очищения [7, 8], происходит адсорбция загрязнителей на поверхности почвы, ухудшается здоровье человека, состояние прилегающей флоры-фауны (рис.). Если учесть, что воздушная среда не так благоприятна для накопления загрязнителя (температура, ультрафиолет, отсутствие «носителя» и др.), то почва — благоприятная для него среда. В ней идет процесс оседания с пылью и патогенного накопления.

В посткризисной экологической ситуации требуется постепенно возвращать земли в оборот, применять специальные меры по рекультивации с учетом почвенных характеристик, типа загрязнения. Важно моделировать, прогнозировать такие процессы, их последствия [9].

Моделирование экологических процессов, систем требует сочетания качественных (теоретических) и количественных (экспериментальных) методов, но чаще — смешанных (экспериментально-теоретических) методов. Но современное состояние проблемно-ориентированного моделирования позволяет эффективно привлекать, например, когнитивное и эвристическое моделирование, особенно

в условиях неопределенности [10]. При этом реализация организационно-управляющих процедур, мер страдает из-за невозможности формализовать как задачу, так и ее решение в виде оптимизационной, детерминированной («отфильтрованной от шумов») и устойчивой.

В данной работе развивается подход к проблеме загрязнения почвы нефтепродуктами на основе системного анализа, структуризации, моделирования подсистемы и всей системы, использования процессных этапов и современного инструментария (когнитивного подхода, эвристики, онтологий и др.).

### Формализация проблемы и моделирование системы

При моделировании процессов производства нефтепродуктов и сопутствующего загрязнения почвы учитываются множества экзогенных  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in X$  и эндогенных  $y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\} \in Y$  ресурсных потоков, факторов, а также многофакторный отклик

$$y_i = f(x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_m), i = 2, \dots, m - 1,$$

задаваемой, например, производственной функцией.

Неопределенности моделируем интервальными параметрами (факторами), равномерно распределенными внутри интервалов  $M(x)$  пространства допустимых решений своими вероятностями  $P(x)$ , а также задаваемыми (экспертно-эвристически) важностями, значимостями  $z(x)$  этих факторов.

Если  $c(x)$  и  $r(x)$  — соответственно, прогнозируемые шансы очищения (не нанесения вреда сельхозземлям) и риски нанесения, то в качестве интегрального критерия типа «очищения — загрязнения» можно рассматривать

$$q(x) = c(x) - r(x)z(x)$$

или

$$Q(x) = \int_M c(x) dx - \int_M r(x)z(x) dx.$$

Интервальные факторы мы считаем подчиняющимися равномерным законам рас-

пределения вероятностей, их интегралы (сумы) — центральной предельной теореме [11] и нормальному распределению.

В качестве основных статистических гипотез моделирования используются:

- 1) однородность значений фактора (критерий Колмогорова-Смирнова);
- 2) нормальный (логнормальный) закон распределения;
- 3) значимость факторов, отклика (критерий Стьюдента);
- 4) регрессии (критерии Дарбина-Уотсона, Уайта);
- 5) отсев грубых данных («три сигмы») и др.

Рассмотрим формально упрощенную, практически значимую модель на основе регрессионных зависимостей, которая нами несколько модифицирована. Отметим, что этот подход часто остается наиболее распространенным на практике [12], хотя и недостаточно релевантным для глубоких прогнозов или сильно колебательных процессов. Но он является методом, позволяющим идентифицировать комплексные индикаторы внутрпочвенных агрохимических, агрофизических и других процессов, например, уточнить индикатор фосфатов почвы в зависимости от pH-Eh, гумуса и др.

В начале исследований регрессионных зависимостей можно начать со степенных

$$y(x) = ax^{-b},$$

или логистических

$$y(x) = \frac{1}{a + be^{-x}},$$

зависимостей, где  $y$  — уровень загрязнения на единицу площади (например, м<sup>2</sup>);  $x$  — расстояние от места основного источника загрязнения (м);  $a, b$  — идентифицируемые по показателям наблюдений данные.

Параметры  $a, b$  можно определить, например, с помощью пакетов SPSS, MathCAD [13, 14] и др., с учетом инструментов Big Data [15], ситуационного моделирования [16] и социально-экономические факторов [17].

Уровень загрязнения экспериментально устанавливается в результате мониторинговых исследований. Например, количество микробов-загрязнителей или бактериальных колоний можно установить с помощью пластинок питательного агара со «стартовой» колонией. Затем полученные данные сравниваются с ПДК в почве и воздухе, с нормами СанПиН 1.2.3685-21 [18].

Мы предлагаем несколько усовершенствовать традиционную процедуру регрессионного анализа. Для этого экспертно-эвристическим способом задается набор (банк) функций, типа приведенных выше, но расширенный, например, функций вида:

$$y(x) = 1 - ae^{-bx},$$

$$y(x) = axe^{-bx},$$

$$y(x) = \ln(a + bx),$$

$$y(x) = \ln(1 + ae^{-bx})$$

и другие.

Критерием отбора функций («в банк») являются следующие правила, которые несложно выполнить:

- 1) ограничение (лимитирование)  $y(x)$  отсутствует при малых  $x$ ;
- 2) лимитирование растет с ростом  $x$ .

Затем по каждой из них рассчитывается остаточная дисперсия и выбирается функция

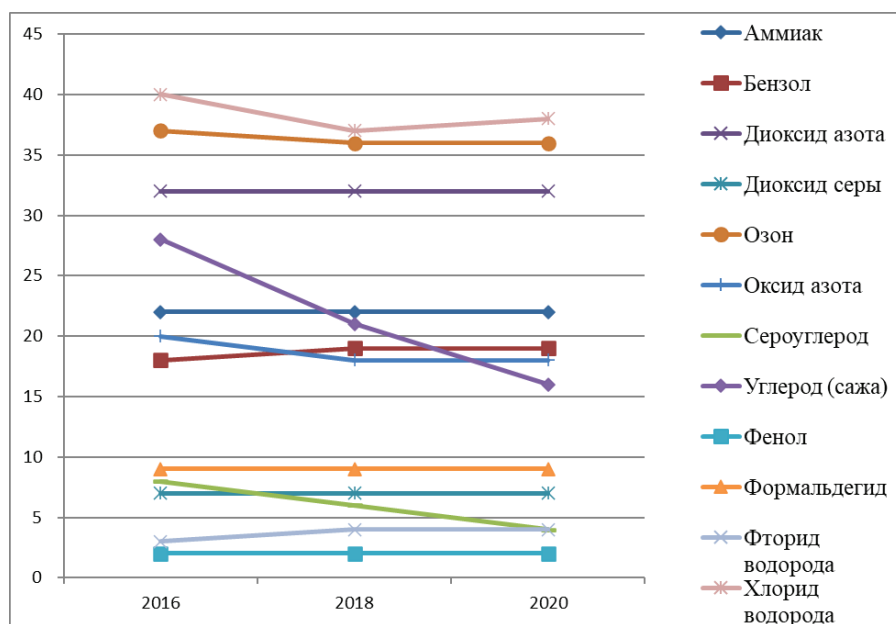


Рисунок. Поллютанты (концентрации по РФ), мкг/м<sup>3</sup>  
 (данные Ежегодников, <http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/>)  
 Figure. Pollutants (concentrations in the Russian Federation), mcg/m<sup>3</sup>  
 (Yearbook data, <http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/>)



с минимальным ее значением. Можно подвергнуть коэффициенты  $a$ ,  $b$  линейному преобразованию или включить соответствующие функции в банк.

Пример. В тестовой ситуации нами была получена полужемпириментальная модель вида:

$$y(x) = (94.91n + 18.12) x^{-(0.00008n + 0.22)} (R^2 = 0.96),$$

где  $n$  — количество тестовых загрязнителей.

Следует отметить, что распространение загрязнителей зависит и от других факторов, например, сезонных, климатических и др.

Необходимое количество ключевых факторов можно учесть, переходя к многофакторным регрессионным зависимостям, факторному анализу. Но при одном ключевом условии — учете шумов данных, их случайного характера и гипотезы распределения. Как правило, такие шумы являются «белыми».

Следует помнить, что существующие нормативы нагрузки на биоту случайные колебания, естественно, отражать не могут, отражая их детерминированным образом [19].

Мы предлагаем, в качестве одного из возможных способов, классифицировать уровни загрязнения, исходя из десятибалльной шкалы оценок интегрального загрязнения (%):

- 1) 0-10 (весьма низкая загрязненность);
- 2) 11-20 (низкая загрязненность);
- 3) 21-30 (умеренная загрязненность);
- 4) 31-40 (допустимая загрязненность);
- 5) 41-50 (средняя загрязненность);
- 6) 51-60 (выше средней загрязненность);
- 7) 61-70 (опасная загрязненность);
- 8) 71-80 (высоко опасная загрязненность);
- 9) 81-90 (критическая загрязненность);
- 10) 91-100 (катастрофическая загрязненность).

При идентификации экологических параметров нефтепроизводства, индикаторов загрязнения необходимо учитывать длительность, темп и степень воздействия факторов, значимость (класс опасности) загрязнителей и риск-ситуаций, деформирование (отвод) земель, а также нарушения производства и др.

## Результаты и обсуждение

Проведенный системный анализ проблемы загрязнения земель нефтью и продуктами ее переработки позволил получить следующие результаты.

Разработана методика, реализованная в виде формализованной интегрированной процедуры прогнозирования. Она реализуется на регрессионном анализе, экспертно-эвристическом оценивании, математико-статистических гипотезах и методах, биоиндикации, способности к самовосстановлению и потенциале устойчивости земель, почвы. Неопределенности также учитываются с помощью интервальных параметров, равномерно распределенных.

Результаты, полученные в результате исследования, используются для принятия решений по оценке и рекультивации загрязненных нефтью земель, для ситуационного прогнозирования (имитационного моделирования) с учетом самовосстановления загрязняемых земель. Для этих целей предложена десятибалльная система классификации загрязнения и приведен тестовый анализ.

Достоинством методики (процедуры) является ее технологичность, она не требует сложных или дорогих мониторинговых мероприятий, а также сложных математических методов. Еще

одни «плюс» — возможность адаптивно использовать при обучении стратегических менеджеров и экологов-практиков на предприятиях, а также при разработке различных экологических программ.

## Заключение

Результаты работы позволяют снизить объемы экологически опасного нефтяного производства, сохранить устойчивость и биоразнообразие экосистем, рационализировать разработку, добычу и транспортировку нефти, нефтепродуктов и отходов.

Задачи проблемно-ориентированного уровня можно будет исследовать с использованием системных принципов и учетом эволюционного потенциала экосистемы, особенно задачи исследования устойчивости почв, эрозии, подзолообразования, засоления, выбытия из оборота и др.

## Список источников

1. Oil and Gas Production Phase Impacts. Accessed 31 August 2016. Available at: [www.teeic.indianaffairs.gov/er/oilgas/impact/prod/index.html](http://www.teeic.indianaffairs.gov/er/oilgas/impact/prod/index.html) (accessed: 26.11.2021).
2. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2014-2019 гг. // Сайт НПО «Тайфун». URL: <http://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (дата обращения: 22.11.2021).
3. Гукалов В.В., Савич В.И. Интегральная оценка кислотно-основного состояния почв таежно-лесной и лесостепной зон. М.: Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. 408 с.
4. Стяжин В.Н., Владимцева И.В., Крюкова А.С., Кириличева О.В. Мониторинг и математическое моделирование микробного загрязнения атмосферного воздуха Волгограда вблизи автодорог // Инженерный вестник Дона. 2014. № 2. С. 1-9. URL: <http://www.ivdon.ru/rumagazine/archive/n2y2014/2425>
5. Дерябин А.Н., Унгуряну Т.Н., Бузинов Р.В. Риск здоровью населения, связанный с экспозицией химических веществ почвы // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 18-25. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.02
6. Achakulwisut, P., Brauer, M., Hystad, P., Anenberg, S.C. (2019). Global, national, and urban burdens of pediatric asthma incidence attributable to ambient NO<sub>2</sub> pollution: Estimates from global datasets. *The Lancet Planetary Health*, no. 3 (4). doi: 10.1016/S2542-5196(19)30046-4
7. Исмаилов Н.М., Гасимова А.С. Самоочищающая способность почв от нефти и нефтепродуктов в зависимости от структуры углеводородов // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22. № 4 (69). С. 73-80.
8. Alia, N., Khanafera, M., Al-Awadhia, H., Radwan, S. (2020). Self-cleaning of very heavily oil-polluted sites proceeds even under heavy-metal stress while involved bacteria exhibit bizarre pleomorphism. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 200, pp. 1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110717>
9. Казиев В.М., Шевлоков В.З. Моделирование отчуждения земель в АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. 2008. № 5. С. 56-58.
10. Мадера А.Г. Моделирование и оптимизация бизнес-процессов и процессных систем в условиях неопределенности // Бизнес-информатика. 2017. № 4 (42). С. 74-82. doi: 10.17323/1998-0663.2017.4.74.82
11. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей: учебник. М.: Юрайт, 2020. 271 с. URL: <https://urait.ru/bcode/451059> (дата обращения: 30.11.2021).
12. Сорокин А.Е., Седых В.А., Савич В.И., Филиппова А.В., Гукалов В.В., Кожах М.Д. Информационная оценка взаимодействий в системе почва-растение // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (379). С. 17-21.
13. Яковлев В.Б., Яковлев И.В. Регрессионный анализ в SPSS. М.: Эдитус, 2016. URL: <https://resources.mgpru/showlibraryurl.php?docid=424649&linkid=1> (дата обращения: 20.11.2021).
14. Xiaona, Xia (2021). Decision application mechanism of regression analysis of multi-category learning

behaviors in interactive learning environment. *Interactive Learning Environments*, 23 Apr. doi: 10.1080/10494820.2021.1916767

15. Zayar, Aung, Mikhaylov, Ilya, Ye Thu, Aung (2020). Data Mining Methods for Solving Classification Problem of Oil Wells. *Proceedings of the 2nd International Conference on Big Data Engineering and Technology*, pp. 40-44. doi: <https://doi.org/10.1145/3378904.3378911>

16. Germanova, S.E., Ryzhova, T.A., Kocheva, M.V., Fedorova, T.A., Petukhov, N.V. (2020). Situational modelling of oil pollution risks monitored by distributed monitoring. *Amazonia Investiga*, vol. 9, no. 25, pp. 44-48.

17. Big Data in Computational Social Sciences and Humanities. *Big Data in Computational Social Science and Humanities*, 2018, no. 2, pp. 1-25. doi: 10.1007/978-3-319-95465-3\_1

18. СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». URL: <http://cgon.rospotrebnadzor.ru/content/sobytiya/s-01-marta-2021-goda-novyi-sanpin-123685-21> (дата обращения: 20.11.2021).

19. Бузмаков С.А., Егорова Д.О., Гатина Е.Л. Доза-эффект нефтезагрязнения почв на биотический компонент экосистем // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2017. Т. 25. № 2. С. 217-229.

## References

1. Oil and Gas Production Phase Impacts. Accessed 31 August 2016. Available at: [www.teeic.indianaffairs.gov/er/oilgas/impact/prod/index.html](http://www.teeic.indianaffairs.gov/er/oilgas/impact/prod/index.html) (accessed: 26.11.2021).
2. Zagrязnenie pochv Rossijskoi Federatsii toksikantami promyshlennogo proiskhozhdeniya v 2014-2019 gg. [Contamination of the soils of the Russian Federation with toxicants of industrial origin in 2014-2019]. Website of NGO "Typhoon". Available at: <http://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (accessed: 22.11.2021).
3. Gukalov, V.V., Savich, V.I. (2019). *Integral'naya otsenka kislotno-osnovnogo sostoyaniya pochv taezhno-lesnoi i lesostepnoy zon* [Integral assessment of acid-base state of soils of taiga-forest and forest-steppe zones]. Moscow, Russian state agrarian university — Moscow Timiryazev agricultural academy, 408 p.
4. Styazhin, V.N., Vladimtseva, I.V., Kryukova, A.S., Kirilicheva, O.V. (2014). Monitoring i matematicheskoe modelirovanie mikrobnogo zagrязneniya atmosfernogo vozdukh Volgograda vblizi avtodorog [Monitoring and mathematical modeling of microbial pollution of the atmospheric air of Volgograd near highways]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering journal of Don], no. 2, pp. 1-9. Available at: <http://www.ivdon.ru/rumagazine/archive/n2y2014/2425>
5. Deryabin, A.N., Unguryanu, T.N., Buzinov, R.V. (2019). Risk zdorov'yu naseleniya, svyazanniy s ehkspozitsiei khimicheskikh veshchestv pochvy [Public health risk associated with exposure to soil chemicals]. *Analiz riska zdorov'yu* [Health risk analysis], no. 3, pp. 18-25. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.02
6. Achakulwisut, P., Brauer, M., Hystad, P., Anenberg, S.C. (2019). Global, national, and urban burdens of pediatric asthma incidence attributable to ambient NO<sub>2</sub> pollution: Estimates from global datasets. *The Lancet Planetary Health*, no. 3 (4). doi: 10.1016/S2542-5196(19)30046-4
7. Ismailov, N.M., Gasymova, A.S. (2016). Samochistitel'naya sposobnost' pochv ot nefiti i nefteproduktov v zavisimosti ot struktury uglevodorodov [Self-cleaning ability of soils from oil and petroleum products depending on the structure of hydrocarbons]. *Aridnye ehkosisistemy* [Arid ecosystems], vol. 22, no. 4 (69), pp.73-80.
8. Alia, N., Khanafera, M., Al-Awadhia, H., Radwan, S. (2020). Self-cleaning of very heavily oil-polluted sites proceeds even under heavy-metal stress while involved bacteria exhibit bizarre pleomorphism. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 200, pp. 1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110717>
9. Kaziev, V.M., Shevlovok, V.Z. (2008). Modelirovanie otchuzhdeniya zemel' v APK [Modeling of land alienation in the agro-industrial complex]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 5, pp. 56-58.



10. Madera, A.G. (2017). Modelirovanie i optimizatsiya biznes-protsessov i protsessnykh sistem v usloviyakh neopredelennosti [Modeling and optimization of business processes and process systems in conditions of uncertainty]. *Biznes-informatika* [Business informatics], no. 4 (42), pp. 74-82. doi: 10.17323/1998-0663.2017.4.74.82

11. Kremer, N.Sh. (2020). *Teoriya veroyatnosti: uchebnik* [Probability theory: textbook]. Moscow, Yurayt Publ., 271 p Available at: <https://urait.ru/bcode/451059> (accessed: 30.11.2021).

12. Sorokin, A.E., Sedykh, V.A., Savich, V.I., Filippova, A.V., Gukalov, V.V., Konakh, M.D. (2021). Informatsionnaya otsenka vzaimodeystvii v sisteme pochva-rastenie [Konami information estimation of interactions in the system soil-plant]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaystvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 1 (379), pp. 17-21.

13. Yakovlev, V.B., Yakovlev, I.V. (2016). *Regressionnyi analiz v SPSS* [Regression analysis in SPSS]. Moscow, Editus

Publ. Available at: <https://resources.mgpu.ru/showlibraryurl.php?docid=424649&linkid=1> (accessed: 20.11.2021).

14. Xiaona, Xia (2021). Decision application mechanism of regression analysis of multi-category learning behaviors in interactive learning environment. *Interactive Learning Environments*, 23 Apr. doi: 10.1080/10494820.2021.1916767

15. Zayar, Aung, Mikhaylov, Ilya, Ye Thu, Aung. (2020). Data Mining Methods for Solving Classification Problem of Oil Wells. *Proceedings of the 2nd International Conference on Big Data Engineering and Technology*, pp. 40-44. doi: <https://doi.org/10.1145/3378904.3378911>

16. Germanova, S.E., Ryzhova, T.A., Kocheva, M.V., Fedorova, T.A., Petukhov, N.V. (2020). Situational modelling of oil pollution risks monitored by distributed monitoring. *Amazonia Investiga*, vol. 9, no. 25, pp. 44-48.

17. Big Data in Computational Social Sciences and Humanities. *Big Data in Computational Social Science and*

*Humanities*, 2018, no. 2, pp. 1-25. doi: 10.1007/978-3-319-95465-3\_1

18. SanPiN 1.2.3685-21 «Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya» [SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans"]. Available at: <http://cgon.rosпотребнадзор.ru/content/sobytiya/s-01-marta-2021-goda-novi-sanpin-123685-21> (accessed: 20.11.2021).

19. Buzmakov, S.A., Egorova, D.O., Gatina, E.L. (2017). Doza-ehfekt neftezagryazneniya pochv na bioticheskii komponent ehkosistem [Dose-effect of oil pollution of soils on the biotic component of ecosystems]. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ehkologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [RUDN Journal of ecology and life safety], vol. 25, no. 2, pp. 217-229.

#### Информация об авторах:

**Германова Светлана Евгеньевна**, старший преподаватель Департамента техносферной безопасности

Аграрно-технологического института, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2601-6740>, [germanova-se@rudn.ru](mailto:germanova-se@rudn.ru)

**Плющиков Вадим Геннадьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Департамента техносферной безопасности

Аграрно-технологического института, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2057-4602>, [plushchikov-vg@rudn.ru](mailto:plushchikov-vg@rudn.ru)

**Самброс Наталия Борисовна**, старший преподаватель Департамента техносферной безопасности

Аграрно-технологического института, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6704-6834>, [sambros-nb@rudn.ru](mailto:sambros-nb@rudn.ru)

**Петухов Николай Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Департамента техносферной безопасности

Аграрно-технологического института, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1521-2797>, Scopus ID: 57184178600, [petukhov-nv@rudn.ru](mailto:petukhov-nv@rudn.ru)

**Рыжова Татьяна Александровна**, кандидат физико-математических наук, доцент, старший преподаватель Института физических исследований и технологий факультета физико-математических и естественных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1837-8899>, [ryzhova-ta@rudn.ru](mailto:ryzhova-ta@rudn.ru)

#### Information about the authors:

**Svetlana E. Germanova**, senior lecturer of the Department of technosphere security of Agrarian and technological institute,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2601-6740>, [germanova-se@rudn.ru](mailto:germanova-se@rudn.ru)

**Vadim G. Plushchikov**, doctor of agricultural sciences, professor, director of the Department of technosphere security

of Agrarian and technological institute, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2057-4602>, [plushchikov-vg@rudn.ru](mailto:plushchikov-vg@rudn.ru)

**Nataliya B. Sambros**, senior lecturer of the Department of technosphere security of Agrarian and technological institute,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6704-6834>, [sambros-nb@rudn.ru](mailto:sambros-nb@rudn.ru)

**Nikolay V. Petukhov**, candidate of agricultural sciences, associate professor of the Department of technosphere security

of Agrarian and technological institute, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1521-2797>, Scopus ID: 57184178600, [petukhov-nv@rudn.ru](mailto:petukhov-nv@rudn.ru)

**Tatiana A. Ryzhova**, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, senior lecturer of the Institute of physical research and technology of the faculty of physics and mathematics and natural sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1837-8899>, [ryzhova-ta@rudn.ru](mailto:ryzhova-ta@rudn.ru)

✉ [germanova-se@rudn.ru](mailto:germanova-se@rudn.ru)

**Издательство «Электронная наука»** выпускает научные журналы на русском и английском языках.

Нам доверяют авторы по всему миру. Количество наших читателей, в том числе и в Интернете, более **55 тысяч** человек ежемесячно.

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



Научно-образовательный журнал «StudNet» для аспирантов, студентов, молодых ученых и преподавателей.

- Цитирование РИНЦ, КиберЛенинке, Google Scholar.
- Научным публикациям присваивается международный **цифровой индикатор DOI**.

**Контакты:** <https://stud.net.ru>, [jurnal-studnet@yandex.ru](mailto:jurnal-studnet@yandex.ru)

