



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.1>

UDC 504.61:502.3

LBC 43.4

INFLUENCE OF A BIOLOGICAL PREPARATION BASED ON A LIPID EXTRACT OF MORTIERELLA ALPINA MUSHROOM ON THE REDUCTION OF SOIL OIL POLLUTION

Elena V. Kalmykova

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Nikolay Yu. Petrov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

Olga V. Kalmykova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The Lower Volga region is a major producer of vegetable products, and in particular tomato crops, which ranks fourth among the main vegetable crops. Determining the stability of a tomato culture in open ground conditions to anthropogenic influences, including soil pollution with oil products under the influence of biological products based on biologically active polyunsaturated fatty acids of the fungus *Mortierella alpina*, is very timely and relevant. Under the influence of oil pollution, deep and sometimes irreversible changes in morphological, physical, physicochemical, microbiological properties occur in the soil, leading to loss of land productivity, and often complete degradation of landscapes, which negatively affects the growth and development of plants growing on these soils. The article presents the results of long-term (2013-2020) studies in open ground tomato crops of agrochemical and microbiological indicators of light chestnut soils of the Lower Volga subzone contaminated with oil against the background of the use of the biological preparation Biodux. Oil of various concentrations was used as a soil pollutant. As a result of the research, it was proved that changes in the agrochemical and microbiological properties of light chestnut soils in the Lower Volga region are directly related to the concentration of oil products. Thus, soil samples contaminated with oil at a concentration of 10% showed the most negative effect on the studied parameters and soil properties. Changes in the biological activity of soils under the influence of oil products on them, first of all, were reflected in the growth, development and, ultimately, the productivity of vegetable crops. Under the influence of the studied drug Biodux, when used for presowing and vegetative treatment, the formation of resistance to stressful conditions of crop growth in the Nizhnevolzhsky region was noted in tomato plants.

Key words: oil pollution of soils, agrochemical properties of soils, microbiological properties of soils, biopreparation, Biodux, Lower Volga region.

Citation. Kalmykova E.V., Ivantsova E.A., Petrov N.Yu., Kalmykova O.V. Influence of a Biological Preparation Based on a Lipid Extract of *Mortierella Alpina* Mushroom on the Reduction of Soil Oil Pollution. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 5-12. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.1>

**ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЛИПИДНОГО ЭКСТРАКТА
ГРИБА *MORTIERELLA ALPINA*
НА СНИЖЕНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ**

Елена Владимировна Калмыкова

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Николай Юрьевич Петров

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Ольга Владимировна Калмыкова

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Нижнее Поволжье является крупным производителем овощной продукции, и в частности культуры томата, занимающей четвертое место среди основных овощных культур по посевным площадям. Определение пределов устойчивости культуры томата в условиях открытого грунта к антропогенным воздействиям, в том числе и к загрязнению почвы нефтепродуктами под воздействием биопрепаратов на основе биологически активных полиненасыщенных жирных кислот гриба *Mortierella alpina*, весьма своевременно и актуально. Под влиянием нефтезагрязнения в почве происходят глубокие, а иногда и необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических, микробиологических свойств, приводящие к потере продуктивности земель, а нередко и полной деградации ландшафтов, что негативно сказывается на росте и развитии растений, произрастающих на этих почвах. В статье приведены результаты многолетних (2013–2020 гг.) исследований в посевах томата открытого грунта агрохимических и микробиологических показателей светло-каштановых почв подзоны Нижнего Поволжья, загрязненных нефтью на фоне применения биологического препарата Биодукс. Нефть различной концентрации использовали в роли загрязнителя почвы. В результате исследований было доказано, что изменение агрохимических и микробиологических свойств светло-каштановых почв Нижнего Поволжья напрямую связано с концентрацией нефтепродуктов. Так, образцы почвы, загрязненные нефтью в концентрации 10 %, проявляли наиболее негативное влияние на исследуемые параметры и свойства почв. Изменение биологической активности почв при воздействии на них нефтепродуктов, в первую очередь, отражались на росте, развитии и, в конечном итоге, на продуктивности овощной культуры. Под влиянием исследуемого препарата Биодукс при использовании его для предпосевной и вегетационной обработки отмечалось формирование у растений томата устойчивости к стрессовым условиям произрастания культуры в Нижневолжском регионе.

Ключевые слова: нефтезагрязнение почв, агрохимические свойства почв, микробиологические свойства почв, биопрепарат, Биодукс, Нижнее Поволжье.

Цитирование. Калмыкова Е. В., Иванцова Е. А., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Влияние биопрепарата на основе липидного экстракта гриба *Mortierella alpina* на снижение нефтезагрязнения почвы // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 5–12. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.1>

Введение

Нефть и нефтепродукты являются распространенными загрязнителями всех компонентов природной среды, в том числе почвен-

ного покрова. В РФ в 2020 году ущерб от загрязнения нефтепродуктами увеличился с 1,0 до 5,1 млрд рублей по сравнению с 2019 годом [7; 8]. По причине большой концентрации промышленных предприятий и заводов Ниж-

нее Поволжье находится в двадцатке регионов, где наблюдаются повышенные объемы выбросов загрязняющих веществ, поэтому с этим существуют острые экологические проблемы данной территории [4; 5].

Почва выступает в качестве своеобразного «депо», куда различные загрязняющие вещества попадают в результате деятельности человека и переноса выбросов их природных и антропогенных источников, и наиболее подвержена загрязнению. Под влиянием нефтезагрязнения в почве происходят глубокие, а иногда и необратимые изменения морфологических, физических, физико-химических, микробиологических свойств, приводящие к потере продуктивности земель, а нередко и полной деградации ландшафтов, что негативно сказывается на росте и развитии растений, произрастающих на этих почвах [1; 3; 8; 9].

В свою очередь, в соответствии со своими природно-экономическими условиями и ресурсами Нижнее Поволжье выступает как крупный производитель овощной продукции и устойчиво дает 4–5 % овощей для страны или почти 30 % в объеме производства по югу России [10]. Культура томат в этом регионе по данным на 2020 г. занимала 4-е место среди основных овощных культур по посевным площадям, валовой сбор при этом составил 45,62 тыс. т. Необходимость разработки и применения новых, эффективных, недорогих и экологически безвредных методов очистки почв в агроэкосистеме от нефтяных загрязнений очевидна, в том числе и с использованием биопрепаратов, в состав которых входят жизнеспособные клетки углеводородокисляющих микроорганизмов и их бактериальные ассоциации [6]. Целью наших исследований являлось обоснование трансформации основных агрохимических и микробиологических параметров светло-каштановой почвы в посевах томата при нефтяном загрязнении почв юга-востока России.

Материалы и методы

Полевые эксперименты проводились с 2013 по 2020 г. в условиях полевых стационарных опытов при возделывании овощной культуры томат сорта Геркулес в качестве биотеста и с использованием регулятора роста Биодукс.

Почвы опытных участков – светло-каштановые тяжелосуглинистые, загрязненные нефтью. Делянки полевых опытов представляли собой бездонные ящики, заделанные в почву на глубину 0,30 м. Площадь делянок 0,50 м², повторность опыта 4-кратная. Почва была искусственно загрязнена товарной нефтью заливкой делянок с поверхности из расчета 1; 5; 10 % от массы почвы. Посев семян томата производили через 5 суток после внесения загрязнителя в почву.

Варианты опыта: 1) контроль (фоновая почва); 2) обработка семян и растений томата регулятором роста; 3) загрязненная нефтью почва в различных концентрациях (1; 5; 10 %); 4) обработка семян и растений регулятором роста + загрязнение почвы нефтью (1; 5; 10 %).

Норма применения препарата Биодукс при замачивании семян на 60 минут – 0,2 мл/кг (расход рабочей жидкости – 2л/кг), при опрыскивании в фазе начала бутонизации – 3 мл/га и 400 л/га, соответственно [2; 6]. Биодукс является препаратом для предпосевной и вегетационной обработок сельскохозяйственных культур на основе комплекса биологически активных полиненасыщенных жирных кислот гриба *Mortierella alpina*.

Агрохимические анализы почв были выполнены общепринятыми методами: содержание гумуса и органического вещества по методу И.В.Тюрина в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ 26213-91; рН солевой суспензии в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ 26483-83; содержание подвижного фосфора и обменного калия (ГОСТ 26207-91), общего азота (ГОСТ 26107-84). Для общей характеристики почв проводился анализ водной вытяжки в соотношении почва-вода 1:5. Было определено содержание катионов – Са, Mg, Na и анионов – Cl, SO₄, HCO₃.

Для выявления общего количества микроорганизмов, усваивающих органические формы азота, использовали мясо-пептонный агар (МПА), минеральные формы азота – крахмало-аммиачный агар (КАА), микроскопических грибов – среду Чапека. На МПА подсчитывали колонии бактерий, на средах КАА и Чапека – колонии бактерий, грибов и актиномицетов. Посевом почвы на поверхность пластины агара методом комочков оп-

ределяли целлюлозоразлагающие бактерии на среде Гетчинсона.

Статистическая обработка результатов анализов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программ для Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Многочисленные исследования показывают крайне негативное влияние нефтяного загрязнения почвы на рост и развитие культурных растений из различных ботанических семейств. При этом основными факторами являются токсическое действие углеводородов нефти и изменение физико-химических свойств почвы. Рост гидрофобности и другие изменения физических свойств почвы обусловлены тяжелыми фракциями углеводородов, а прямой токсический эффект определяется легкими фракциями углеводородов нефти. Кроме того, обволакивание нефтью почвенных частиц препятствует миграции подвижных форм фосфора, азота, калия и других незаменимых элементов в раствор и тем самым может вызвать угнетение растений за счет недостатка элементов питания. Растения в процессе своей жизнедеятельности входят в сложные взаимоотношения с микроорганизмами, населяющими почву.

Проведенные нами исследования показали, что в процессе загрязнения почвы нефтепродуктами наблюдалось в значительной степени колебание реакция почвенной среды. Данные о влиянии нефтяного загрязнения на

изменение состава почвы в слое 0,0–0,3 м в среднем за годы исследований представлены в таблице 1.

Установлено, что с возрастанием степени нефтезагрязнения почвы прослеживалась тенденция к подщелачиванию почв исследуемого участка и снижению уровня гидролитической кислотности с 6,1 в незагрязненной почве до 8,4 при нефтезагрязнении почвы в 10 %-ной концентрации. Отмечается, что обработка семян и вегетирующих растений томата регулятором роста Биодукс способствовала незначительному повышению значения рН – 6,4 % на фоновой почве без загрязнения и снижению значения рН на 0,4 % при максимальной концентрации нефтезагрязнения. Уменьшение кислотности и появление щелочности было связано с заменой ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе на ионы натрия, доля которого на загрязненных нефтью почвах резко возрастала на 0,486 % от массы почвы (100 г) относительно варианта с незагрязненной почвой.

В годы исследований отмечалось возрастание в почве исследуемых участков соотношения между количеством углерода и азота, наблюдалось увеличение доли нерастворимого осадка в гумусе, что уменьшало стойкость почвенно-поглощающего комплекса к неблагоприятным внешним воздействиям и приводило к снижению плодородия почвы (см. табл. 2).

В результате исследований установлено, что в составе гумуса загрязненных нефтью почв замедлялись процессы минерализации

Таблица 1

Влияние нефтяного загрязнения на изменение состава почвы в слое 0,0–0,3 м, среднее за 2013–2020 гг.

Вариант опыта	рН	Сумма ионов	% от массы почвы (100 г)					
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Контроль (фоновая почва)	6,1	0,124	0,018	0,004	0,016	0,043	0,018	0,025
Биодукс	6,4	0,131	0,019	0,003	0,017	0,044	0,017	0,031
Нефтезагрязнение в концентрации 1 %	7,5	0,392	0,015	0,003	0,145	0,052	0,134	0,043
Нефтезагрязнение в концентрации 5 %	7,9	0,697	0,013	0,002	0,305	0,061	0,258	0,058
Нефтезагрязнение в концентрации 10 %	8,4	1,308	0,010	0,001	0,567	0,089	0,565	0,076
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 1 %	7,2	0,351	0,016	0,003	0,131	0,050	0,112	0,039
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 5 %	7,7	0,617	0,014	0,002	0,275	0,059	0,217	0,050
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 10 %	8,0	1,161	0,012	0,001	0,502	0,081	0,498	0,067

органического вещества, что сказывалось на азотном режиме почвы и в конечном итоге на росте и продуктивности растений.

Изучение содержания минеральных форм азота в почве показало, что под действием нефтезагрязнения количество катионов аммония ($N-NH_4^+$) снижалось более чем в два раза – с 3,7 мг/кг почвы на контрольном варианте до 1,8 мг/кг при 10 %-ном загрязнении почвы нефтепродуктами. При использовании препарата Биодукс на загрязненной почве отмечалось незначительное повышение этого показателя относительно значений на варианте с загрязненной почвой.

Однако при уровне нефтезагрязнения почвы в концентрации 1 % наблюдалось возрастание в почве количества нитратной формы азота ($N-NO_3^-$) в среднем по годам исследований на 37,5 % по отношению к незагрязненной почве. При 5 %-ном загрязнении отмечалось снижение до 2,9 мг/кг воздушно-сухой почвы, а при 10 %-ном загрязнении нитратная форма вообще не была обнаружена.

Установлено, что нефтезагрязнение почвы в посевах томата приводило к нарушению питания растений основными макро- и микроэлементами. Так, в контрольных образцах почвы содержание азота, фосфора и калия было несколько ниже, чем на загрязненных участках. Объясняется это выносом микроэлементов растениями, возделываемыми на исследуемых почвах.

На загрязненных участках не наблюдался вынос минеральных веществ из почвы, поскольку, по нашему мнению, загрязнение почвы нефтепродуктами действовало угнетающе на рост и развитие растений томата. Таким образом, на нефтезагрязненных почвах наблюдалось повышение показателей содержания общего азота, подвижных форм фосфора и калия.

Особое значение в освобождении почв от нефтепродуктов, как известно, принадлежит почвенной микрофлоре. Изменение видового состава некоторых групп микроорганизмов обнаруживает более определенную связь со степенью нефтяного загрязнения. При высокой степени нефтяного загрязнения может произойти полное подавление роста и развития микроорганизмов.

Проведенные исследования показали, что внесение нефтепродуктов в почву в концентрации 1 и 5 % стимулировало развитие практически всех исследованных групп почвенных микроорганизмов, за исключением целлюлозоразрушающих (см. табл. 3).

В почве проходили многосторонние реакции, связанные с превращением азота. Цикл превращений азотсодержащих соединений в почве имел непосредственное отношение с развитием и биохимической деятельностью аммонифицирующих, нитрифицирующих, денитрифицирующих и азотфиксирующих микроорганизмов. Количество микроорганизмов,

Таблица 2

Влияние нефтяного загрязнения на агрохимические свойства почвы в слое 0,0–0,3 м, среднее за 2013–2020 гг.

Вариант опыта	Углерод	Азот	Органическое вещество	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	P_2O_5	K_2O
	%			мг/кг воздушно-сухой почвы			
Контроль (фоновая почва)	1,71	0,10	2,04	27,5	3,7	85	363
Биодукс	1,68	0,10	2,06	28,0	3,6	84	361
Нефтезагрязнение в концентрации 1 %	1,81	0,12	1,89	37,8	2,7	89	426
Нефтезагрязнение в концентрации 5 %	1,89	0,13	1,61	2,9	2,3	92	495
Нефтезагрязнение в концентрации 10 %	2,34	0,13	1,43	не обнаружено	1,8	96	543
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 1 %	1,76	0,12	1,90	34,7	2,9	88	398
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 5 %	1,82	0,13	1,65	3,2	2,4	90	445
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 10 %	2,23	0,13	1,45	1,7	2,0	93	486

которые использовали органические формы азота (на МПА), было первоначально (через 3 суток) ниже, чем на контроле. Однако уже через 1 месяц численность восстанавливалась и по истечении 3 месяцев она превосходила значения в контрольных вариантах. Подобного рода картина отмечалась при исследовании влияния нефтезагрязнения на количественный состав микроорганизмов, которые способны использовать минеральные формы азота (на КАА), и через 1 год количество этих групп микроорганизмов в загрязненной почве была выше, чем в фоновых почвах.

Грибы, как стало известно, проявили себя самыми устойчивыми к нефтяному загрязнению почвы микроорганизмами. Обработка семян и растений томата регулятором роста практически не оказывала влияние на их численность. Внесение 1 % нефти в почву увеличивало содержание грибов на 1,1 %, при внесении 10 % нефти численность грибов повышалась в 1,5 раза. Обработка семян и растений томата регулятором роста на загрязненной почве несколько снижала дальнейшее возрастание количества сапрофитных грибов в почве. Это было связано с тем, что повышение численности грибных зачатков коррелировало с усилением спорообразования в присутствии высоких концентраций нефти, превосходя по количеству микроорганизмы на фоновых почвах.

Высокий уровень загрязнения нефтяными углеводородами ингибировал численность и видовой состав микроорганизмов, обедняя комплексы почвенных актиномицетов. Численность актиномицетов в почве в соответствующем количестве является показателем степени ее загрязнения нефтью и может быть использована для биологического мониторинга.

Обработка семян биопрепаратом оказала неоднозначное влияние на численность микроорганизмов различных физиологических групп, в том числе и целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Их численность повышалась при обработке посевов биопрепаратом, что свидетельствовало об интенсификации процессов разложения клетчатки и, соответственно, улучшении углеводного питания растений под влиянием метаболитов эндомикоризного гриба, входящего в состав биопрепарата.

В ходе проведенных исследований обнаружена определенная взаимосвязь между микробным потенциалом и токсичностью загрязненных нефтью почв. При этом было отмечено снижение темпов роста и развития растений томата или их гибели под влиянием антропогенного загрязнения почвы нефтью за счет нарушения поступления элементов питания, водных ресурсов и поступления кислорода.

Таблица 3

Влияние нефтяного загрязнения на численность и состав почвенной микрофлоры в посевах томата, среднее за 2013–2020 гг.

Вариант опыта	Микроорганизмы, растущие на МПА	Микроорганизмы, растущие на КАА	Грибы на среде Чапека	Актиномицеты	Целлюлозоразрушающие микроорганизмы
	млн, г почвы		тыс., г почвы		
Контроль (фоновая почва)	3,6	2,3	2,1	325,4	0,48
Биодукс	3,9	2,6	2,2	386,7	0,52
Нефтезагрязнение в концентрации 1 %	4,1	2,8	2,4	452,6	0,40
Нефтезагрязнение в концентрации 5 %	4,5	3,2	2,7	375,3	0,36
Нефтезагрязнение в концентрации 10 %	4,9	3,5	3,1	256,3	0,31
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 1 %	4,3	3,0	2,3	412,5	0,44
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 5 %	4,8	3,5	2,5	331,2	0,39
Биодукс + нефтезагрязнение в концентрации 10 %	5,2	4,1	2,8	297,2	0,35
НСР _{0,5}	0,12	0,2	0,14	28,6	0,03

Заключение

Результаты исследования показали, что изменение агрохимических свойств светло-каштановых почв Нижнего Поволжья коррелирует со степенью загрязнения; при нефтезагрязнении почвы в 10 %-ной концентрации отмечается наибольшее неблагоприятное воздействие на процессы минерализации органического вещества, а также численность и состав почвенной микробиоты в посевах томата. Нефтепродукты при попадании в почву приводили к изменению ее биологической активности, негативно влияли на рост, развитие и, в итоге, на урожайность овощной культуры. Под влиянием исследуемого препарата Биодукс при использовании его для предпосевной и вегетационной обработки отмечалось формирование у растений томата устойчивости к стрессовым условиям произрастания культуры в Нижневолжском регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булуктаев, А. А. Фитотоксичность и ферментативная активность почв Калмыкии при нефтяном загрязнении / А. А. Булуктаев // Юг России: экология, развитие. – 2017. – Т. 12, № 4. – С. 147–156.
2. Винтер, М. В. Отходы производства биодизельного топлива как субстрат для культивирования грибов *Mortierella alpina* / М. В. Винтер, Э. Г. Дедюхина, А. Ю. Крыницкая // Бутлеровские сообщения. – 2011. – Т. 26, № 9. – С. 83–87.
3. Влияние нефтяного загрязнения на растения в условиях пониженной влажности / Е. В. Дубровская, Н. Н. Позднякова, А. Ю. Муратова [и др.] // Экобиотех. – 2019. – Т. 2, № 3. – С. 391–401.
4. Заикина, В. Н. Пути трансформации нефтепродуктов в светло-каштановых почвах / В. Н. Заикина, Н. Г. Кастерина, А. А. Околелова // Научный альманах. – 2015. – № 8 (10). – С. 1193–1197.
5. Иванцова, Е. А. Устойчивое развитие агроэкосистем / Е. А. Иванцова, А. А. Матвеева, Ю. С. Половинкина // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Волгоград, 2014. – С. 27–30.
6. Рамазанов, Р. Р. Безопасное решение проблем агроценозов / Р. Р. Рамазанов, Д. Ю. Назаренко, В. Г. Пожарский // Защита и карантин растений. – 2017. – № 4. – С. 7–8.
7. Спивакова, Н. А. Устойчивость почв сухих степей и полупустынь юга России к химическому

загрязнению / Н. А. Спивакова, С. И. Колесников // Биологическая диагностика экологического состояния почв юга России. – Ростов н/Д: Эверест, 2010. – С. 213–231.

8. Шаркова, С. Ю. Изменение химических характеристик почвы под действием нефтезагрязнения / С. Ю. Шаркова // Известия ПГПУ им. В.Г. Беллинского. – 2011. – № 25. – С. 610–613.

9. Features of Southern Russian Soils Polluted by Heavy Metals / E. V. Kalmykova, N. Y. Petrov, A. F. Tumanyan, O. V. Kalmykova // Chem Technol Fuels Oils. – 2020. – № 56. – P. 73–79.

10. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drop irrigation with electrochemically activated water in light-chestnut soils of the lower Volga region / S. Semenenko, V. Borodychev, E. Ivantsova, M. Lytov // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015. – 2015. – Book 5, Vol. 1. – P. 1055–1062.

REFERENCES

1. Buluktaev A.A. Fitotoksichnost i fermentativnaya aktivnost pochv Kalmykii pri neftyanom zagryaznenii [Phytotoxicity and Enzymatic Activity of Soils of Kalmykia Under Oil Pollution]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development], 2017, vol. 12, no. 4, pp. 147-156.
2. Winter M.V., Dedyukhina E.G., Krynitskaya A.Yu. Otkhody proizvodstva biodizelnogo topliva kak substrat dlya kultivirovaniya gribov *Mortierella alpina* [Biodiesel Production Waste as a Substrate for the Cultivation of *Mortierella alpina* fungi]. *Butlerovskie soobshcheniya* [Butlerov messages], 2011, vol. 26, no. 9, pp. 83-87.
3. Dubrovskaya E.V., Pozdnyakova N.N., Muratova A.Yu., et al. Vliyanie neftyanogo zagryazneniya na rasteniya v usloviyakh ponizhennoi vlazhnosti [Effect of Oil Pollution on Plants Under Conditions of Low Humidity]. *Ekobiotech* [Ecobiotech], 2019, vol. 2, no. 3, pp. 391-401.
4. Zaikina V.N., Kasterina N.G., Okolelova A.A. Puti transformatsyi nefteproduktov v svetlo-kashtanovykh pochvakh [Ways of Transformation of Oil Products in Light Chestnut Soils]. *Nauchnyi almanakh* [Scientific Almanac], 2015, no. 8 (10), pp. 1193-1197.
5. Ivantsova E.A., Matveeva A.A., Polovinkina Yu.S. Ustoichivoe razvitie agroekosistem [Sustainable Development of the Agroecosystem]. *Antropogennaya transformatsiya geoprostranstva: istoriya i sovremennost: materialy vserossisknoi nauchno-prakticheskoi konferentsyi*. Volgograd, 2014, pp. 27-30.
6. Ramazanov R.R., Nazarenko D.Yu., Pozharsky V.G. Bezopasnoe reshenie problem

agrotsenozov [Safe Solution of Problems of Agroecosystems]. *Zashchita i karantin rastenii* [Protection and Quarantine of Plants], 2017, no. 4, pp. 7-8.

7. Spivakova N.A., Kolesnikov S.I. Ustoichivost pochv sukhikh stepei i polupustyn yuga Rossii k khimicheskomu zagriazneniyu [Resistance of Soils of Dry Steppes and Semi-deserts of the South of Russia to Chemical Pollution]. *Biologicheskaya diagnostika ekologicheskogo sostoyaniya pochv yuga Rossii* [Biological Diagnostics of the Ecological State of Soils in the South of Russia]. Rostov-on-Don, Everest Publ., 2010, pp. 213-231.

8. Sharkova S. Yu. Izmenenie khimicheskikh kharakteristik pochvy pod deistviem neftezagriazneniya [Changes in the Chemical Characteristics of the Soil

Under the Influence of Oil Pollution]. *Izvestiya PGPU im. V.G. Belinskogo* [Proceedings of the State Pedagogical University im. V.G. Belinsky], 2011, no. 25, pp. 610-613.

9. Kalmykova E.V., Petrov, N.Y., Tumanyan, A.F., Kalmykova, O.V. Features of Southern Russian Soils Polluted by Heavy Metals. *Chem Technol Fuels Oil*, 2020, no. 56, pp. 73-79.

10. Semenenko S., Borodychev V., Ivantsova E., Lytov M. Yielding Capacity and Quality of Tomato Fruits at Drop Irrigation With Electrochemically Activated Water in Light-chestnut Soils of the Lower Volga Region. *15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015*, 2015, book 5, vol. 1, pp. 1055-1062.

Information About the Authors

Elena V. Kalmykova, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Irrigation Melioration Department, Irrigation Technology Modeling Laboratory, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Timiryazev St, 9, 400002 Volgograd, Russian Federation, kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Elena A. Ivantsova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivantsova.volgu@mail.ru

Nikolay Yu. Petrov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering, Volgograd State Agrarian University, Prosp. Universitetsky, 26, 400002 Volgograd, Russian Federation, technolog_16@mail.ru

Olga V. Kalmykova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering, Volgograd State Agrarian University, Prosp. Universitetsky, 26, 400002 Volgograd, Russian Federation, lelya.kalm.90@mail.ru

Информация об авторах

Елена Владимировна Калмыкова, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, отдел оросительных мелиораций, лаборатория моделирования технологий орошения, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, ул. им. Тимирязева, 9, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация, kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Елена Анатольевна Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ivantsova.volgu@mail.ru

Николай Юрьевич Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественного питания, Волгоградский государственный аграрный университет, просп. Университетский, 26, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация, technolog_16@mail.ru

Ольга Владимировна Калмыкова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественного питания, Волгоградский государственный аграрный университет, просп. Университетский, 26, 400002 г. Волгоград, Российская Федерация, lelya.kalm.90@mail.ru