

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

¹О.А.Захарова, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

²О.В. Черкасов, кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент

³К.Н. Евсенкин, кандидат технических наук

Ключевые слова: торфяные почвы,
осушение, микроорганизмы,
доминирующие роды, мониторинг

^{1,2}Рязанский государственный агротехнологический
университет им. П.А. Костычева, Рязань, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А.Н. Костякова, Рязань, Россия

E-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

Реферат. На севере Рязанской области распространены торфяные болотистые почвы, входящие в Рязанскую Мещеру. С конца 1950-х гг. были построены мелиоративные сооружения и проведено осушение, после чего земли стали использоваться для возделывания сельскохозяйственных культур (в основном кормовых). В прежние времена осушительные системы были под надзором хозяйственных руководителей, но после экономических преобразований в стране контроль за их работой и уход прекратились из-за недостатка финансирования. В настоящее время проводится почвенно-мелиоративный мониторинг только на объекте Тинки-II, расположенном вблизи областного центра и входящем в систему экополигона. Показано количественное изменение микроорганизмов разных групп в торфяных почвах четырех мелиоративных объектов на территории Рязанской Мещеры. Установлено изменение климата (сухость и тепло) в последние десятилетия на территории региона. Принципиальным отличием между осушительными системами являлось наличие двустороннего регулирования водного режима почвы на первом объекте Тинки-II: с середины 1980-х гг. действовало орошение дождевальными установками, с 1990-х гг. – шлюзованием. По общепринятым методикам была проведена микробиологическая индикация торфяных почв, приобретших признаки деградации (сработка торфа, уменьшение торфяного слоя почвы и др.). Результаты показали большую микробиологическую активность в почве на объекте Тинки-II. Так, бактерий, выросших на МПА и КАА, было больше, чем других групп, следовательно, проходит интенсивная минерализация органических соединений азота. Выявление в почвах грибов рода *Penicillium* говорит о их подкислении. В почвах определен *Azotobacter*, что указывает на интенсивное протекание процесса азотфиксации. Из целлюлозоразрушающих бактерий доминировали представители рода *Polyangium*, питающиеся мертвой органикой, целлюлозой. Наличие вышеперечисленных групп микроорганизмов свидетельствовал о благоприятном развитии микробиоценоза в мелиорированных торфяных почвах.

MICROBIOLOGICAL INDICATION OF RECLAIMED PEAT SOILS

¹O.A. Zakharova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor²O.V. Cherkasov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor³K.N. Evsenkin, PhD in Technical Sciences^{1,2}Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russia³All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Ryazan, Russia*Keywords: peat soils, drainage, microorganisms, dominant genera, monitoring*

*Abstract. In the North of the Ryazan region peat, boggy soils are common, forming part of the Ryazan Meschera. Since the late 1950-s, reclamation structures were built and drainage was carried out, after which the land was used for the cultivation of crops (mainly fodder crops). In former times, the drainage systems were supervised by economic managers, but after the economic transition in the country, control and maintenance ceased due to a lack of funding. Nowadays, soil-reclamation monitoring is carried out only at the Tinki-II site, which is located near the regional centre and is part of the ecological polygon system. The authors in the article showed the quantitative change of microorganisms of different groups in the peat soils of four reclamation sites in the Ryazan Meschera. Recently, on the region's territory, climate change (dryness and warmth) has been established. A fundamental difference between the drainage systems was the presence of bilateral regulation of the soil water regime at the first site Tinki-II: sprinkler irrigation was in operation since the middle 1980-s, and by sluicing since the 1990-s. The authors carried out the microbiological indication of peat soils according to generally accepted methods. An indication was carried out in peat soils that had acquired signs of degradation (digestion of peat, reduction of the peat soil layer, etc.). The results indicated high microbiological activity in the soil at the Tinki-II site. Thus, there were more bacteria grown on MPA (meat-peptone agar) and SAA (starch-and-ammonia agar) than other groups, hence intensive mineralization of organic nitrogen compounds takes place. The presence of fungi of the genus *Penicillium* in soils indicates acidification. *Azotobacter* was detected in the soils, indicating an intensive nitrogen fixation process. The representatives of the *Polyangium* genus are dominated by cellulose-destroying bacteria, which feed on dead organic matter, cellulose. The presence of the above microorganisms groups indicated favourable development of microbiocenosis in the reclaimed peat soils.*

Из классических сочинений В.В. Докучаева, П.А. Костычева и других основоположников аграрной науки известно, что почва – сложная саморегулирующаяся система, включающая живые и неживые объекты, роль которых в образовании и жизни почвы исключительна. На территории Рязанской области развиты многие типы почв: от дерново-подзолистых на севере региона до черноземов на юге. Отличительными по морфологии почвами являются осушенные торфяники – в прошлом низинные и верховые болота, которых насчитывалось до 1300 общей площадью около 92,5 тыс. га [1].

Климат Мещерской низменности характеризуется как умеренно теплый и неустойчиво

влажный [2, 3]. Выявлена тенденция к усилению засушливости в летний период, среднее значение гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) лежит в пределах 0,8 ед. В процессе длительной эволюции структурные элементы фитоценозов и сами растительные сообщества адаптировались к изменяющемуся климату, однако прогрессивное развитие деграционных процессов мелиорированных торфяных почв требует регулярного контроля состояния ценозов [4–6].

Масштабы абиотических процессов в почве несоизмеримо малы по сравнению с процессами, определяемыми жизнедеятельностью высших растений, микроорганизмов и животных. В круговоротах веществ в агрофи-

тоценозе учитывается участие автотрофных и гетеротрофных организмов, к которым относятся и микроорганизмы, минерализующие растительные остатки и пополняющие запасы элементов минерального питания в почве [7].

Учитывая длительное мелиоративное воздействие на торфяные почвы Рязанской Мещеры, в рамках почвенно-экологического мониторинга был проведен ряд исследований.

Мониторинговые исследования осушенных торфяных почв велись многими мелиораторами и экологами, в частности Ю.А. Мажайским, Л.В. Кирейчевой, И.В. Ильинским и др. Однако в их работах изучались главным образом мелиоративные и агрохимические свойства почв. В связи с вышеизложенным цель наших исследований – микробиологическая индикация мелиорированных торфяных почв – является актуальным и своевременным мероприятием, позволяющим в будущем разработать рекомендации по сохранению и воспроизводству плодородия осушенных торфяников.

В задачи исследований входил подсчет численности микроорганизмов в почве, установление доминирующего рода бактерий и грибов для исследования протекающих в почве процессов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью изучения активности микробиоценоза осушаемых почв в рамках почвенно-экологического мониторинга обследованы четыре мелиоративных объекта Рязанской Мещеры.

Первый объект. Мелиоративный объект Тинки-II расположен близ п. Полково в 20 км от областного центра г. Рязани. Ранее болота занимали 60 га, осушительная система размещена на 40 га (до середины 1990-х гг. действовала осушительно-увлажнительная система на площади на 30 га). С 2016 г. на некоторых участках мелиоративной системы применяется для двустороннего регулирования водного режима территории шлюзование. Мощность торфяного слоя почвы Тинки II составляет 90–110 см. Торф низинный, древесно-осоко-

вый, степень разложения свыше 50%, зольность торфа в пахотном горизонте колеблется от 15 до 18% [8]. Агрохимические показатели сработанной торфяной почвы: pH 5,5–6,5, содержание $N_{\text{общ}}$ – 2,97–3,27%, фосфора валового – 0,28–0,36, калия валового – 0,09–0,11%, K_f (коэффициент фильтрации) – 1,2 м/сут, что соответствует среднезернистым древнеаллювиальным пескам. Водно-физические свойства торфяной почвы следующие: объемная масса – 0,35–0,46 г/см³, полная влагоемкость – 170–200%. Уровень грунтовых вод (УГВ) – 127 см.

Второй и третий объекты. На территории Клепиковского района расположены осушаемые с 1950-х гг. объекты Вожа и Никитское. УГВ – 118–122 см. Откопка шурфа и описание профиля определили мелиорируемую почву как сработанную, глееватую, низкоплодородную.

Четвертый объект. Мелиоративный объект Кальское находится в с. Ласково и тянется до с. Заборье Рязанского района. До 1950-х гг. территория представляла безлесую болотистую местность. Торфяное болото Гадовское относилось к низинному типу и лесотопяному подтипу, а в 1956 г. на болоте Кальское начались осушительные мероприятия. УГВ–100 см. Почва – торфянисто-глеевая выработанная.

Таким образом, изыскания велись на типичных для Рязанской Мещеры территориях.

Методика исследований – общепринятая [9]. При проведении микробиологической индикации почв использовались бакпосевы на питательные среды: мясо-пептонный агар (МПА), сусло-агар (СА), среду Гетчинсона и среду Эшби, крахмало-аммонийный агар (КАА). Учет численности микроорганизмов на плотных средах велся на 3-и сутки инкубации. Количество микроорганизмов разных групп рассчитывалось с использованием компьютерной программы STATISTIKA 10.

Количество микроорганизмов (КМ) в 1 г абсолютно сухой почвы на объекте Тинки-II определялось по формуле

$$ОКМ = ОКК \cdot r/m, \quad (1)$$

где ОКМ – общее количество микроорганизмов; ОКК – общее количество колоний;

г – разведение; m – масса абсолютно сухой почвы.

Количество клеток в 1 мл вычисляли по формуле

$$M = (a \cdot 10^3 / hS) n, \quad (2)$$

где M – число клеток в 1 мл; A – среднее число клеток в 1 квадрате сетки; h – высота камеры мм; S – площадь 1 квадрата сетки, мм²; 10³ – коэффициент перевода кубических сантиметров в кубические миллиметры; n – разведение исследуемой суспензии.

Общее количество микроорганизмов (ОКМ) в 4-м разведении:

$$\text{ОКМ} = 76 \cdot 10^4 / 0,43 = 17,6 \cdot 10^5. \quad (3)$$

Общее количество микроорганизмов в 3-м разведении:

$$\text{ОКМ} = 5 \cdot 10^3 / 0,43 = 26,8 \cdot 10^5. \quad (4)$$

Общее количество доминирующих микроорганизмов (ОКДМ) в 4-м разведении:

$$\text{ОКДМ} = 74 \cdot 10^4 / 0,43 = 17,2 \cdot 10^5. \quad (5)$$

Общее количество доминирующих микроорганизмов в 3-м разведении:

$$\text{ОКДМ} = 5 \cdot 10^3 / 0,43 = 26,8 \cdot 10^5. \quad (6)$$

Доля доминирующих форм (ДДФ) в 4-м разведении:

$$\text{ОКДМ} / \text{ОКМ} \cdot 100\%; \quad (7)$$

$$\text{ОКДМ} / \text{ОКМ} \cdot 100\% = 17,2 \cdot 10^5 / 17,6 \cdot 10^5 \cdot 100\% = 97,7\%.$$

Доля доминирующих форм (ДДФ) в 3-м разведении:

$$\text{ОКДМ} = 26,8 \cdot 10^5 / 26,8 \cdot 10^5 \cdot 100\% = 100\% \quad (8)$$

Аналогичные расчеты проведены для трех других объектов.

На мелиорируемых объектах произрастали естественные луговые травы [10, 11].

Влажность у почвы на момент отбора проб измеряли тензиометром.

Достоверность результатов исследований подтверждена обработкой на компьютерной программе STATISTIKA 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая серьезные изменения свойств почв на территории мелиоративных объектов, о чем свидетельствуют опубликованные ранее работы [12–14], можно предположить трансформацию микробиоценозов. К сожалению, микробиологические исследования в

1950–2000 гг. не проводились, и проследить эволюцию бактериального сообщества торфяных почв в условиях регулярного изменения, в первую очередь, водного режима, невозможно. Теоретически за исследуемый период коррекция численности и видового состава микрофлоры должна была произойти вследствие изменения водного и питательного режимов осушаемых почв.

Основным отличием на объекте Тинки-II в 1980-х гг. являлось двустороннее регулирование водного режима участка при использовании дождевальных машин, но после распада Советского Союза орошение из-за экономических реформ и отсутствия финансовой поддержки отрасли со стороны государства прекратилось. Сейчас небольшая территория имеет двустороннее регулирование водного режима шлюзованием. Осушаемые объекты Вожа, Никитское, Кальское функционируют с момента постройки только с односторонним регулированием водного режима – удаление излишка воды с участков. На наш взгляд, незначительные отличия в характеристике микробиоценоза четырех объектов объясняются схожими почвенно-климатическими особенностями территории Рязанского и Клепиковского районов, входящими в I агро-климатический район с суммой среднесуточных температур за период активной вегетации 2150–2200°C при ГТК 1,2–1,3, который в последние десятилетия имеет тенденцию к сухости [6].

Результаты подсчета микроорганизмов на питательных средах, представлены в табл. 1, 2.

Доминирующие колонии на МПА были бледно-кремового цвета, округлой формы, матовые, с ровными краями, однородной структурой и плотной консистенцией. Численность их составила в 1 г почвы до 10 млн ед. Общее количество КОЕ – 45. Доля доминирующих форм в общей численности КОЕ, способных сформировать полноценную микробную колонию, составила 12100100, тогда $10000000 / 12100100 \cdot 100\% = 80\%$. Микроскопированием установлен доминирующий род *Bacillus*, морфологически представленный спорообразующими бактериями

палочковидной формы, одиночными или в группах.

Численность бактерий, выросших на КАА, больше, чем бактерий на МПА, почти в 2,5–3 раза. Соотношение численности бактерий на МПА и КАА показало степень активности минерализации органического ве-

щества в почве. Спорообразующие бактерии характеризуют интенсивность минерализационных процессов на более поздних стадиях, обладают мощной протеолитической ферментативной активностью и являются «индикатором» направленности почвообразовательного процесса.

Таблица 1

Количественная оценка микроорганизмов на питательных средах
Quantification of microorganisms on nutrient media

Питательная среда	Номер мелиоративного объекта	Разведение	ОКМ	Среднее количество колоний	КМ (КОЕ, г)	Количество колоний ДМ	ОКДМ (КОЕ, г)	ДДФ в общей численности	Доминирующий род
МПА	1	10 ⁴	95,0±2,1	76,0±0,3	17,6·10 ⁵	74,0±3,4	17,2·10 ⁵	97,0±2,2	<i>Bacillus</i>
	2	10 ⁴	88,0±0,8	73,0±0,9	14,4·10 ⁵	72,0±2,7	16,7·10 ⁵	97,0±4,2	
	3	10 ⁴	89,0±0,5	70,0±1,1	13,6·10 ⁵	72,0±1,6	16,9·10 ⁵	96,0±3,1	
	4	10 ⁴	92,0±1,2	76,0±1,8	16,2·10 ⁵	73,0±2,6	17,1·10 ⁵	97,0±0,6	
КАА	1	10 ⁴	268,0±1,8	188,0±0,1	69,9·10 ⁵	122,0±2,2	58,5·10 ⁵	99,0±4,1	<i>Clostridium</i>
	2	10 ⁴	244,0±2,0	150,0±0,3	45,9·10 ⁵	116,0±0,9	58,2·10 ⁵	94,0±4,1	
	3	10 ⁴	229,0±1,6	139,0±0,6	61,1·10 ⁵	115,0±1,6	54,1·10 ⁵	93,0±2,2	
	4	10 ⁴	256,0±1,7	166,0±0,6	67,5·10 ⁵	121,0±1,8	54,9·10 ⁵	96,0±2,2	
СА	1	10 ³	320,0±0,4	125,0±0,4	21,04·10 ⁵	306,0±1,2	38,9·10 ⁵	68,0±2,3	<i>Penicillium</i>
	2	10 ³	310,0±1,6	110,0±1,7	20,8·10 ⁵	299,0±2,0	38,1·10 ⁵	66,0±3,1	
	3	10 ³	316,0±1,7	109,0±1,5	20,9·10 ⁵	278,0±3,1	38,0·10 ⁵	64,0±3,0	
	4	10 ³	330,0±1,9	120,0±1,9	29,4·10 ⁵	298,0±3,0	38,7·10 ⁵	68,0±0,6	

Таблица 2

Количественная оценка микроорганизмов на обросших комочках почвы
Quantification of microorganisms on clumps of soil

Питательная среда	Номер мелиоративного объекта	Количество комочков почвы в чашках	Количество обросших комочков почвы	Среднее количество обросших комочков	Процент обросших комочков почвы	Общий процент обросших комочков почвы	Доминирующий род
Гетчинсона	1	30	28,0±2,7	27,0±2,9	93,0	95	<i>Dematium</i>
	2	30	30,0±2,1	29,0±1,7	92,2	92	
	3	30	30,0±2,5	29,0±2,6	92,1	94	
	4	30	30,0±2,9	28,0±3,3	94,4	95	
Эшби	1	30	22,0±1,8	19,0±3,9	73,3	63	<i>Azotobacter</i>
	2	30	30,0±1,6	28,0±2,3	69,2	63	
	3	30	28,0±2,0	26,0±2,9	68,5	62	
	4	30	30,0±2,2	26,0±0,5	70,4	63	

Коэффициент минерализации (K_m), рассчитанный как отношение численности микроорганизмов КАА/МПА, показал значения на мелиоративных объектах 1, 2, 3 и 4, равные 2,8; 2,8; 2,6 и 2,8, т. е. больше единицы, что свидетельствует об интенсивности процессов мобилизации азота.

Микромицеты на сусло-агаре представлены доминирующими колониями округлой формы, свыше 1 см в диаметре, зеленоватого цвета, мучнистых, с шероховатой поверхностью, зубчатыми краями, однородной структурой. Численность их составила в 1 г почвы до 1,5 млн ед. Общее количество КОЕ – 8. Доля доминирующих форм в общей численности КОЕ, способных сформировать полноценную микробную колонию, составила 2050050, тогда $1500000/20050050 \cdot 100\% = 68\%$. Микроскопирование установило доминирующий род *Penicillium*, морфологически представленный аскомицетами – спорообразующими, с развитым мицелием, выраженными конидиями в форме кисти. Колонии округлой формы до 1 см в диаметре, черно-зеленого цвета, поверхность пушистая, край неровный.

Азотфиксирующие бактерии учитывались на среде Эшби, не содержащей минеральных и органических форм азота. Учет проводился раскладыванием с последующим подсчетом процентного содержания обросших комочков. Общее число комочков – 30, обросших – 22–30, т. е. в среднем не более 96%. Микроскопирование выявило доминирующий род *Azotobacter*, представленный бактериями палочковидной или кокковидной формы, неспорообразующими, одиночными. Эти микроорганизмы частью самостоятельно, а частью в симбиозе с высшими растениями превращают молекулярный азот в органические соединения и интегрируют его в белок, который попадает в почву. Количество азотфиксирующих бактерий в почвах мелиоративных объектов практически одинаково, что говорит об их адаптации к внешним условиям.

На рисунке приведен график зависимости численности аммонификаторов в почвах че-

тырех объектов от естественной влажности и температуры на момент отбора проб.

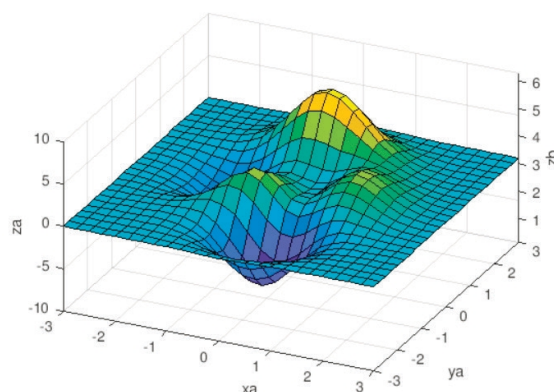


График зависимости численности аммонификаторов в почвах четырех объектов от естественной влажности и температуры

Plot of the abundance of ammonifiers in the soil of the four sites against natural moisture and temperature

На модели четко выражена впадина, характеризующая повышенную влажность почвы вследствие ее вторичного заболачивания. Об этом свидетельствуют и полученные результаты невысокой численности бактерий, что объясняется недостатком воздуха в почве.

На объектах Вожа и Никитское влажность почв ниже, а численность и активность бактерий выше.

На объекте Тинки-II интенсивность микробиологических процессов более оптимальна из-за лучшего отвода воды с территории и создания более благоприятных условий для почвенной микрофлоры.

Обобщая полученные данные, следует отметить, что оптимальными для нитрификаторов являются температура почвы 15–18°C; влажность 55–60% ПВ; для аммонификаторов – соответственно 20–22°C и 70–75% ПВ. С повышением температуры почвы до 18°C активность нитрификаторов возрастала. Низкий уровень влажности почвы (до 50% ПВ) создавал неблагоприятные условия для развития бактериальной микрофлоры, но при увеличении влажности численность бактерий возрастала.

Целлюлозоразрушающие бактерии определялись на среде Гетчинсона, которая содер-

жит только целлюлозу в виде фильтровальной бумаги. Общее число комочков почвы – 30, обросших комочков – 28–30, процентное содержание в среднем 92%. Микроскопирование показало доминирование грибов рода *Dematium*.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследований показывают глубокую взаимосвязь показателей качества почвы и активности почвенных микроорганизмов. Так, большую долю занимают бакте-

рии рода *Bacillus*, минерализующие органические соединения азота.

2. Выявление в почвах грибов рода *Penicillium* указывает на подкислении почвы.

3. В почвенных образцах найден *Azotobacter*, что говорит об интенсивном протекании процесса азотфиксации.

4. В мелиорируемых почвах преобладают грибы рода *Dematium*.

5. Наличие вышеперечисленных микроорганизмов свидетельствует о благоприятном развитии микробиоценоза мелиорированных торфяных почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *О реконструкции и модернизации мелиоративных систем Рязанской области* / П.Н. Ванюшин, А.В. Кузин, А.Е. Морозов, А.В. Нефедов, Н.А. Иванникова // Вестник РГТУ. – 2019. – № 1(41). – С. 5–11.
2. *Профилактика микозов надземных органов ремонтантной малины с помощью бактериальных биоагентов* / А.А. Беляев, В.И. Лутов, Н.С. Чеченина, Р.Р. Колоколов, А.А. Леляк, А.И. Леляк // Вестник НГАУ. – 2020. – № 3. – С. 7–17.
3. *Исаева С.Ш. Экологическая оценка почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района Азербайджана* // Вестник НГАУ. – 2020. – № 3. – С. 46–54.
4. *Влияние факторов биологизации и химизации на фитосанитарное состояние ячменя в лесостепи Западной Сибири* / Л.Ф. Ашмарина, Р.Ф. Галеев, О.Н. Шашкова, А.И. Ермохина // Вестник НГАУ. – 2021. – № 1. – С. 7–16.
5. *Гааг А.В., Пичугин А.П. К вопросу о рациональном использовании кормовой базы в развитии животноводства региона Сибири* // Вестник НГАУ. – 2015. – № 1 (34). – С. 150–157.
6. *ГИС-картографирование торфяных болот и антропогенно измененных торфяников Рязанской области* / Д.В. Ильясов, А.А. Сирин, Л.Ю. Макарова, А.В. Букин, Н.Е. Кораблина // Вестник РГТУ. – 2019. – № 1(41). – С. 30–37.
7. *Захарова О.А., Костин Я.В. Режим органического вещества в мелиорированной почве.* – Рязань: РГТУ, 2013. – 116 с.
8. *Зубарев В.А., Мажайский Ю.А. Влияние осушения на изменение агрохимических свойств лугово-глеевых почв Среднеамурской низменности* // Вестник РГТУ. – 2020. – № 1(45). – С. 33–38.
9. *Гиляров М.С. Методы почвенно-зоологических исследований.* – М.: Наука, 1969. – 134 с.
10. *Захарова О.А. Ресурсосберегающая технология восстановления деградированных почв.* – Рязань, 2004. – 262 с.
11. *Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на устойчивость к почвенным инфекциям* / Е.Ю. Торопова, И.Г. Воробьева, А.А. Кириченко, В.В. Пискарев, Р.И. Трунов // Вестник НГАУ. – 2020. – № 4. – С. 46–55.
12. *Оценка загрязнения мелиорируемого агроландшафта азотсодержащими веществами и методы их снижения* / Ф.А. Мусаев, К.Н. Евсенкин, Ю.П. Добрачев, О.А. Захарова. – Рязань, 2014. – 158 с.
13. *Влияние штаммов бактерий рода *Bacillus* на ростовые процессы и формирование тканей в побегах ремонтантной малины* / Н.С. Чеченина, В.И. Лутов, А.А. Беляев, А.А. Леляк, А.И. Леляк // Вестник НГАУ. – 2020. – № 3. – С. 76–85.
14. *Шарков Д.И., Рудой Е.В., Василенко О.А. Проблемы развития российской кооперации на селе и предложения по их решению* // Вестник НГАУ. – 2015. – № 1 (34). – С. 167–174.

REFERENCES

1. Vanyushin P.N., Kuzin A.V., Morozov A.E., Nefedov A.V., Ivannikova N.A., *Vestnik RGATU*, 2019, No. 1(41), pp. 5–11. (In Russ.)
2. Belyaev A.A., Lutov V.I., CHEchenina N.C., Kolokolov R.R., Lelyak A.A., Lelyak A.I., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 3, pp. 7–17. (In Russ.)
3. Isaeva S.SH., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 3, pp. 46–54. (In Russ.)
4. Ashma-rina L.F., Galeev R.F., SHashkova O.N., Ermohina A.I., *Vestnik NGAU*, 2021, No. 1, pp. 7–16. (In Russ.)
5. Gaag, A.V., Pichugin A.P., *Vestnik NGAU*, 2015, No. 1 (34), pp. 150–157. (In Russ.)
6. Il'yasov D.V., Sirin A.A., Makarova L.YU., Bukin A.V., Korablina N.E., *Vestnik RGATU*, 2019, No. 1(41), pp. 30–37. (In Russ.)
7. Zaharova O.A., Kostin YA.V., *Rezhim organicheskogo veshchestva v meliorirovannoj pochve* (Regime of organic matter in reclaimed soil), Ryazan': RGATU, 2013, 116 p.
8. Zubarev V.A., Mazhayskij YU.A., *Vestnik RGATU*, 2020, No. 1(45), pp. 33–38. (In Russ.)
9. Gilyarov M.S., *Metody pochvenno-zoologicheskikh issledovanij* (Methods of soil-zoological research), Moscow: Nauka, 1969, 134 p.
10. Zaharova O.A., *Resursosberegayushchaya tekhnologiya vosstanovleniya degradirovannykh pochv* (Resource-saving technology for the restoration of degraded soils), Ryazan', 2004, 262 p.
11. Toropova E.YU., Vorob'eva I.G., Kirichenko A.A., Piskarev V.V., Trunov R.I., *Vestnik NGAU*, Novosibirsk, 2020, No. 4, pp. 46–55. (In Russ.)
12. Musaev F.A., Evsenkin K.N., Dobrachev YU.P., Zaharova O.A., *Oценка zagryazneniya melioriruемого agrolandshafta azotsoderzhashchimi veshchestvami i metody ih snizheniya* (Assessment of pollution of the reclaimed agricultural landscape with nitrogen-containing substances and methods for their reduction), Ryazan', 2014, 158 p.
13. CHEchenina N.S., Lutov V.I., Belyaev A.A., Lelyak A.A., Lelyak A.I., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 3, pp. 76–85. (In Russ.)
14. SHarkov D.I., Rudoj E.V., Vasilenko O.A., *Vestnik NGAU*, 2015, No. 1 (34), pp. 167–174. (In Russ.)