

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ КАМЕННОЙ СТЕПИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕСНЫХ ПОЛОС РАЗЛИЧНОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

© 2023 г. Ю. И. Чевердин^{1,*}, В. А. Беспалов¹, Т. В. Титова¹

¹Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева

397463 Воронежская обл., Таловский р-н, пос. 2-го участка Института им. Докучаева, кварт. 5, 81, Россия

*E-mail: cheverdin62@mail.ru

Поступила в редакцию 06.03.2023 г.

После доработки 09.04.2023 г.

Принята к публикации 14.06.2023 г.

В рамках программы по тематике государственного задания в 2021–2022 гг. проведены исследования по изменению показателей эффективного плодородия в пространстве и во времени под влиянием лесных полос различной ландшафтной принадлежности (лесная полоса № 40 на водоразделе, лесная полоса № 72 на склоне). Все работы были выполнены в Воронежском ФАНЦ им. В.В. Докучаева. Установлено, что наибольшей обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием характеризовались почвы водораздельного участка. Обеспеченность почв нитратным азотом в течение вегетации на водораздельном и склоновом участках была на одном уровне. Для водораздельного участка было характерно снижение количества минеральных элементов на почвах залежи и опушках лесной полосы № 40. Что касается самой лесной полосы, то максимальные показатели были отмечены в центре лесной полосы, постепенно снижаясь в направлении опушек. Рассматривая показатели плодородия пашни, отметили, что они возрастают при удалении от лесной полосы, их максимум выявлен на расстоянии 75–150 м от лесной полосы. На пашне, прилегающей к прибалочной лесной полосе № 72, отмечено увеличение содержания подвижного фосфора и обменного калия при приближении к лесной полосе. Содержание нитратного азота, наоборот, вниз по склону уменьшалось, достигая минимума вблизи лесной полосы. Доказано, что на водораздельном участке к концу вегетации содержание нитратного азота и обменного калия увеличивалось, подвижного фосфора – уменьшалось. На склоновом участке к концу вегетации происходило увеличение всех исследованных показателей плодородия.

Ключевые слова: лесная полоса, водораздел, склон, нитратный азот, подвижный фосфор, обменный калий, плодородие.

DOI: 10.31857/S0002188123090041, **EDN:** VAXWHZ

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении прошлого столетия шло интенсивное антропогенное преобразование исходных степных природных зон России в высокоинтенсивные агролесомелиоративные комплексы. В южных регионах в последнее столетие существенно увеличилась доля облесенности территории. Основной целью создания искусственных лесных насаждений служит снижение рисков потери почвенного плодородия, защита от негативного влияния водной, ветровой эрозии почвенного покрова, повышение продуктивности сельскохозяйственных земель [1–5]. Естественно, что со временем изменился характер влияния лесных полос на почвенный покров [6, 7]. В почвах пашни и лесной полосы отмечены различия содержания гумуса, подвижных форм азота, фосфора, ка-

лия [8–14]. Эти изменения обусловлены влиянием лесных полос на характер грунтового увлажнения прилегающих полей, образования переувлажненных почв [15].

Одним из основных факторов, изменивших облик ландшафтов, стало облесение полей и посадка лесных полос различного назначения (водораздельного, прибалочного, противоэрозионного) [16–18].

Существует природная и антропогенная обусловленная неоднородность обеспеченности почв минеральными элементами питания растений. Практически не вошедшим в сферу научных интересов и оставшимся за рамками исследований оказался такой важный вопрос, как изменение показателей эффективного плодородия в зо-

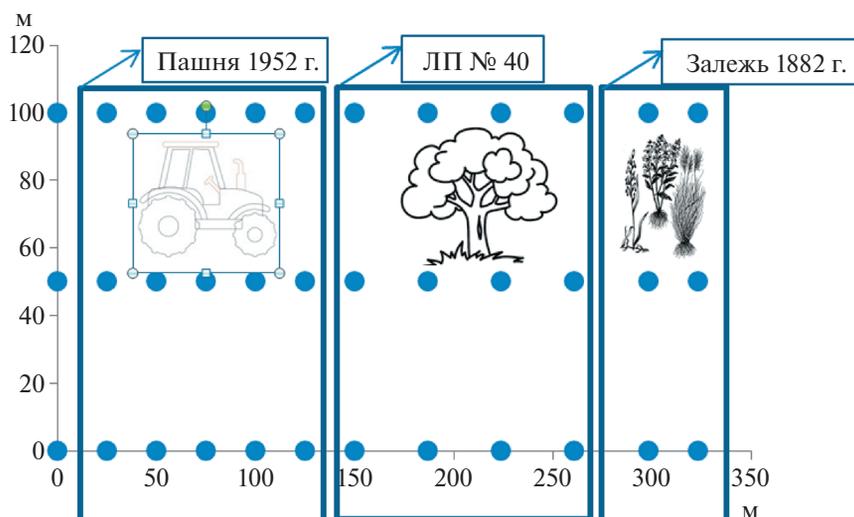


Рис. 1. Схема отбора почвенных проб на водоразделе: ЛП — лесная полоса.

не влияния искусственных лесных насаждений различной ландшафтной принадлежности.

В связи с этим цель работы — оценка изменения показателей плодородия черноземов в пространстве и во времени в результате воздействия лесных полос различной ландшафтной принадлежности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2021–2022 гг. проводили исследование изменений показателей плодородия в пространстве под влиянием лесных полос различной ландшафтной принадлежности (лесная полоса № 40 на водоразделе, лесная полоса № 72 на склоне). Экспериментальный участок возле лесной полосы № 40 включал непосредственно саму лесную полосу, смежную пашню, примыкающую с запада, и косую залежь, смежную с лесной полосой № 40 с восточной стороны. Прибалочная лесная полоса № 72 расположена внизу склона крутизной до 3°, пахотный участок примыкает к лесонасаждению с западной части и расположен на склоне.

Лесная полоса № 72 — прибалочная, автор посадки Михайлов Н.А., год посадки — 1907, возраст — 115 лет. Состав пород первого яруса — 8Яо2Д (ясень обыкновенный и дуб черешчатый) [19]. В качестве сравнения со склоновым участком изучен водораздельный компонент ландшафта, включавший старовозрастную лесную полосу № 40 1903 г. посадки и примыкающие к ней участки пашни 1952 г. распашки с запада и косой залежи 1882 г. (ЗК) с востока. Лесополоса

№ 40 примечательна своими размерами. Ее ширина — 106 м, длина — ≈750 м [20].

Наблюдения проводили в течение вегетационного периода. Определяли содержание нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия в слое 0–30 см почвы в свежих почвенных образцах по общепринятой методике (нитратный азот — дисульфифеноловым методом на спектрофотометре СФ-56, подвижный фосфор и обменный калий — по Чирикову из одной вытяжки (по ГОСТ 26204-91).

Схема отбора почвенных проб предусматривала закладку регулярной сетки опробования с удалением от лесной полосы на 0, 25, 50, 75, 100, 125 и 150 м (рис. 1). В каждом ряду закладывали 3 скважины с шагом 50 м. Таким образом, на пашне водораздела и склона схема отбора проб соответствовала сетке 25 × 50 м. На пашне количество точек опробования составило по 18 шт. В лесной полосе № 40 образцы отбирали по сетке с шагом 25 × 37 м (12 точек опробования). На примыкающей к полосе № 40 косой залежи отбор образцов осуществляли по сетке с шагом 25 × 50 м. Количество точек — 6. Глубина взятия образцов — 30 см.

Экспериментальные данные подвергали статистической обработке корреляционным и дисперсионным методами с помощью программы Microsoft Excel. Для пространственного отображения двумерного распределения показателей эффективного плодородия в пространстве использовали геостатистические возможности пакета Surfer—V.9.0.

Таблица 1. Показатели плодородия чернозема лесной полосы № 40 и смежно расположенных с ней пашни и залежи в слое 0–30 см (среднее за 2021–2022 гг.)

Расположение объекта относительно ЛП № 40	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/100 г			мг/100 г	
	начало вегетации			конец вегетации		
Пашня 0 м от ЛП	7.1 ± 0.4	3.5 ± 0.2	20.4 ± 2.5	10.4 ± 1.3	2.7 ± 0.1	13.8 ± 4.5
Пашня 25 м от ЛП	8.7 ± 2.6	16.5 ± 2.2	11.7 ± 1.5	12.7 ± 2.3	15.2 ± 1.2	14.1 ± 0.8
Пашня 50 м от ЛП	8.5 ± 2.1	17.6 ± 2.3	11.3 ± 0.3	14.3 ± 4.3	15.2 ± 2.0	10.8 ± 0.9
Пашня 75 м от ЛП	15.0 ± 2.3	18.7 ± 0.4	12.6 ± 1.7	18.4 ± 2.0	16.1 ± 0.9	14.5 ± 1.8
Пашня 100 м от ЛП	11.9 ± 0.8	18.7 ± 2.4	13.1 ± 0.3	18.7 ± 3.8	16.0 ± 1.8	15.1 ± 1.2
Пашня 125 м от ЛП	11.1 ± 2.0	20.0 ± 1.6	15.0 ± 1.8	16.5 ± 2.8	16.1 ± 1.1	15.2 ± 1.5
Пашня 150 м от ЛП	10.6 ± 1.5	23.6 ± 1.0	13.9 ± 1.2	12.5 ± 1.8	19.6 ± 1.6	14.8 ± 0.7
Западная опушка ЛП	7.1 ± 0.4	3.5 ± 0.2	20.4 ± 2.5	10.4 ± 1.3	2.7 ± 0.1	13.8 ± 4.5
ЛП 40 (центр)	14.5 ± 1.9	10.5 ± 0.7	30.6 ± 7.5	16.1 ± 1.9	9.0 ± 0.9	30.0 ± 2.6
Восточная опушка ЛП	9.4 ± 0.8	7.6 ± 2.5	35.9 ± 7.6	13.5 ± 3.9	4.8 ± 1.1	36.4 ± 5.5
ЗК 25 м от ЛП	6.0 ± 0.6	7.1 ± 3.3	14.0 ± 2.9	6.3 ± 0.7	4.7 ± 1.1	23.7 ± 7.1
ЗК 50 м от ЛП	4.7 ± 0.3	3.6 ± 0.2	13.7 ± 0.5	6.8 ± 0.9	2.9 ± 0.3	5.8 ± 0.6

Примечание. ЛП – лесная полоса, ЗК – залежь косиная. То же в табл. 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интенсивное антропогенное воздействие, включающее в себя распашку степных участков, посадку лесных полос, послужило мощным фактором, изменившим направленность почвенных процессов и оказавшим существенное влияние на обеспеченность черноземов минеральными элементами. Проведенное в 2021–2022 гг. изучение изменения показателей эффективного плодородия в пространстве и во времени под влиянием лесных полос показало различный характер формирования обеспеченности минеральными элементами черноземов в зависимости от ландшафтной принадлежности участка. Можно отметить более высокую обеспеченность черноземов водораздельного участка подвижным фосфором и доступным калием. Количество нитратного азота в течение вегетации на водораздельном и склоновом пахотных участках было примерно на одном уровне.

Нитратный азот. Обеспеченность почв нитратным азотом во многом определяет продуктивность сельскохозяйственных растений. По результатам нашего исследования, варьирование его содержания в почве в большей степени зависело от состава биоценоза, характера использования угодий. В меньшей степени количество доступного азота определялось ландшафтной принадлежностью пахотного участка.

Анализ содержания нитратного азота всех объектов показал, что более высокая обеспеченность

им почв была характерна для черноземов пахотных участков. Отмечено закономерное увеличение содержания азота по мере удаления от лесной полосы, достигавшее максимума на удалении 75–100 м – 15.0 ± 2.3 мг/кг. На пашне, прилегающей к лесной опушке, количество доступного азота для растений было низким – (7.1 ± 0.4) – (10.4 ± 1.3) мг/кг (табл. 1).

В почвах лесного ценоза отмечена четкая закономерность максимальной обеспеченности азотом чернозема в центральной части широкой лесной полосы, достигавшей (14.5 ± 1.9) – (16.1 ± 1.9) мг/кг. На опушечной части полосы прослежено существенное снижение содержания нитратного азота, причем более заметное на западной опушке лесной полосы – до (7.1 ± 0.4) – (10.4 ± 1.3) мг/кг. В восточной части содержание нитратного азота изменялось в интервале (9.4 ± 0.8) – (13.5 ± 3.9) мг/кг. Такое пространственное варьирование, по нашему мнению, обусловлено различиями в характере формирования и накопления листового опада, биологической активности и температурного режима различных частей лесной полосы. Во-первых, большая мощность мертвого опада листьев, по нашим данным, формируется в центре широкой лесной полосы и не переносится воздушными массами за ее пределы. На опушках листовая опад формируется в меньшем объеме. Некоторая часть может перемещаться ветровыми массами на прилегающие к лесной полосе участки. Во-вторых, под лесным ценозом отмечен

меньший ход суточных температур, способствующих усилению биологической активности почв и почвенной мезофауны [21], что выражается в усилении их роли в деструкции мертвого органического опада древесной подстилки. И в-третьих, под лесной полосой, особенно в ее центральной части изменяются физико-химические показатели плодородия (увеличивается содержание гумуса, повышается обогащенность обменными основаниями, смещается рН в кислую сторону), что положительным образом сказывается на обеспеченности почв элементами питания [22].

В ходе исследования установлено, что минимальная обеспеченность черноземов нитратным азотом выявлена в почвах залежи косимой. Этот участок является смежным с лесной полосой и непосредственно примыкает к лесному массиву. Можно отметить равномерное распределение в пространстве количества доступного азота в течение всего вегетационного периода в пределах (6.0 ± 0.6) – (6.8 ± 0.9) мг/кг. Исключением можно считать некоторое его уменьшение в начале вегетации на удалении 50 м от лесной полосы.

Результаты оценки пространственной неоднородности обеспеченности почв нитратным азотом показали, что по уровню обеспеченности нитратным азотом почв водораздельного участка прослежена некоторая дифференциация (рис. 2). Можно было выделить отдельные зоны с различным уровнем содержания доступного азота. В агрогенно-измененной почве четко выделялась зона с максимальной величиной содержания $N-NO_3$. Эта закономерность прослежена в течение всего летнего периода на расстоянии 75–100 м от полосы. Низкой обеспеченностью на начало вегетации характеризовалась почва залежи косимой и пашни, прилегающей к лесной полосе. Высоким уровнем обеспеченности характеризовалась центральная осевая часть чернозема под лесной полосой.

Динамика изменения содержания нитратного азота свидетельствовала о его увеличении от начала к концу вегетационного периода. Можно также отметить выравнивание его содержания в почвах пашни и лесной полосы. При этом в черноземах залежи косимой содержание нитратного азота было минимальным. На пашне максимум содержания нитратного азота отмечен на удалении 75–100 м от лесной полосы. В центре лесной полосы в черноземе этот показатель также был высоким и также, как и в начале вегетации, постепенно снижался по направлению к опушкам (табл. 1, рис. 2).

К концу вегетации, как уже было отмечено, в целом возросла обеспеченность нитратным азотом почв водораздельного участка (рис. 2). Низкий уровень обеспеченности был отмечен в почве залежи на максимальном удалении от лесной полосы, при приближении к ней обеспеченность нитратным азотом возрастала до повышенного и высокого уровней. В центре лесной полосы увеличилась площадь почв с высоким уровнем обеспеченности нитратным азотом. На западной опушке уровень обеспеченности нитратным азотом повысился с низких до средних и повышенных показателей. На пашне, на удалении от лесной полосы на 50–75 м появился ареал почв с очень высоким уровнем обеспеченности нитратным азотом. При дальнейшем удалении от лесной полосы уровень обеспеченности снижался до высоких и повышенных показателей.

Была изучена дифференциация показателей эффективного плодородия черноземов в зависимости от ландшафтной принадлежности. Дана оценка изменения содержания минеральных элементов на склоновом участке. В начале вегетационного периода минимальное содержание нитратного азота отмечено вблизи прибалочной лесной полосы – 7.2 ± 1.4 мг/кг. При удалении от лесной полосы вверх по склону происходило постепенное увеличение этого показателя от 11.3 ± 2.4 мг/кг на расстоянии 25 м от полосы до 15.0 ± 1.1 мг/кг – на расстоянии 125 м (рис. 3, табл. 2).

К концу вегетационного периода отмечено небольшое увеличение содержания нитратного азота во всех точках опробования, только распределение данного показателя на различном удалении от лесной полосы стало более равномерным. Максимальные показатели отмечены вблизи лесной полосы (18.8 ± 1.0 мг/кг), далее произошло небольшое снижение содержания до 15.7 ± 1.9 мг/кг в 75 м от лесной полосы и снова повышение до 17.4 ± 2.3 мг/кг – в 125 м от полосы (рис. 2, табл. 2).

Данные обеспеченности нитратным азотом пашни на склоне различались в начале и конце вегетационного периода. В начале вегетационного периода пашня вблизи прибалочной лесной полосы № 72 характеризовалась низким содержанием нитратного азота. По мере удаления от лесной полосы уровень обеспеченности повышался сначала до среднего, далее – до повышенного и высокого на максимальном удалении от лесной полосы. К концу вегетационного периода картина изменилась. Высоким уровнем обеспеченности нитратным азотом характеризовалась пашня вблизи лесной полосы. При удалении от лесной полосы уровень обеспеченности снижался до

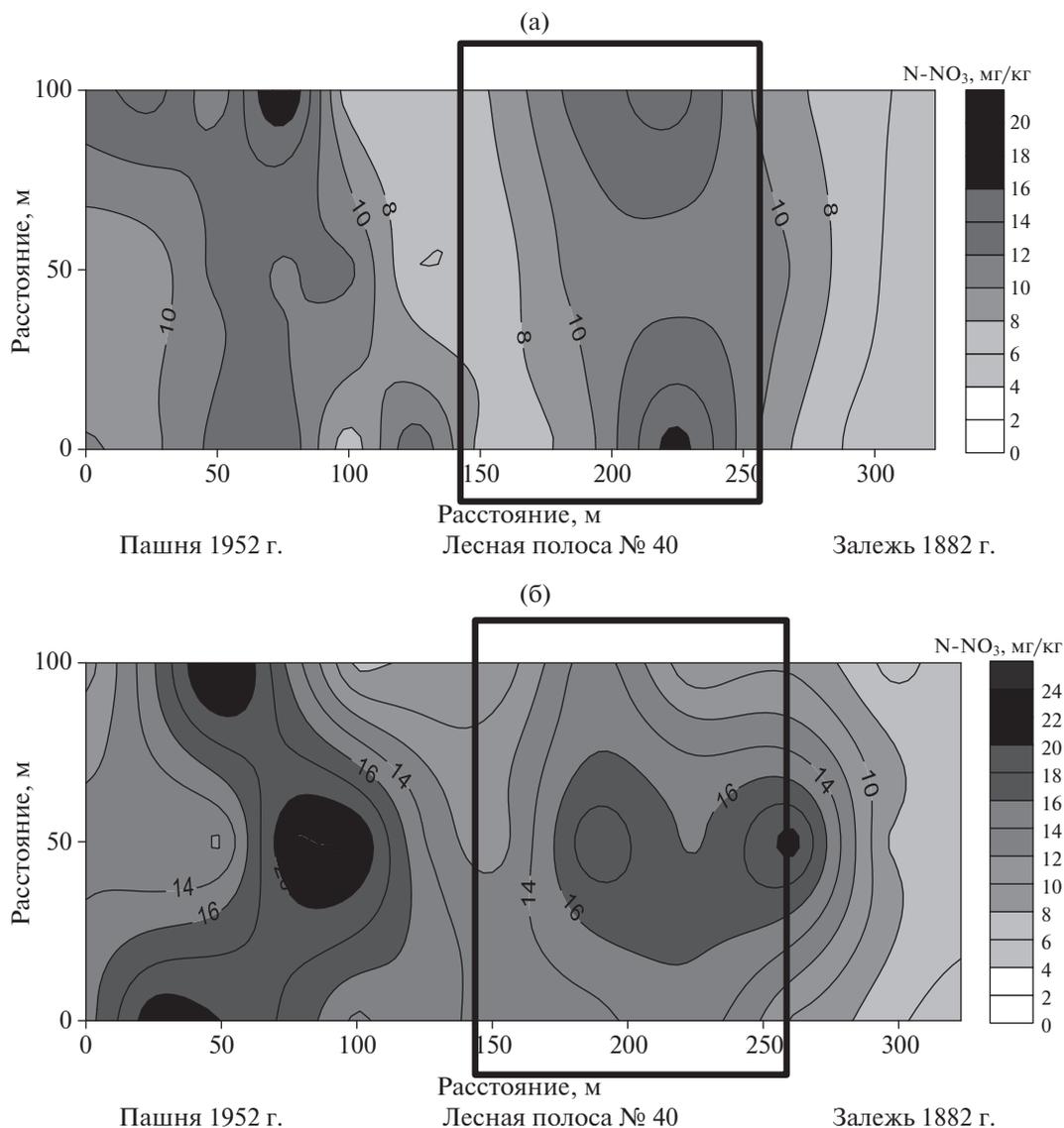


Рис. 2. Изоплета пространственного распределения содержания нитратного азота в лесной полосе № 40 и смежно расположенных с ней пашне и залежи (среднее за 2021–2022 гг.): (а) – начало вегетации, (б) – конец вегетации.

среднего и низкого на максимальном удалении от лесной полосы.

Отметим, что на склоновом участке, возле прибалочной лесной полосы № 72 количество нитратного азота в течение вегетации было соизмеримо с показателями на водораздельном участке вблизи лесной полосы № 40 (рис. 1, 2, табл. 1, 2).

Подвижный фосфор. Одним из основных показателей плодородия почв является наличие в ней подвижного фосфора. На подвижность фосфора в почвах оказывают влияние различные факторы, основные из которых – это различные условия увлажнения и кислотности почвы [23].

Изучение содержания доступного фосфора показало, что больше всего его накапливалось в черноземе пахотного участка на водоразделе (смежный участок с лесной полосой № 40). Отмечена четкая закономерность увеличения содержания фосфора по мере удаления от опушки лесной полосы. На прилегающей пашне содержание доступного фосфора было на минимальном уровне – 3.5 ± 0.2 мг/100 г. На расстоянии 25 м от лесной полосы происходило резкое увеличение количества фосфатов до 16.5 ± 2.2 мг/100 г. Максимальное содержание (23.6 ± 1.0 мг/100 г) было характерно для пашни на удалении 150 м от полосы.

Почвы лесного ценоза и смежного с ним залежного степного участка в этом отношении суще-

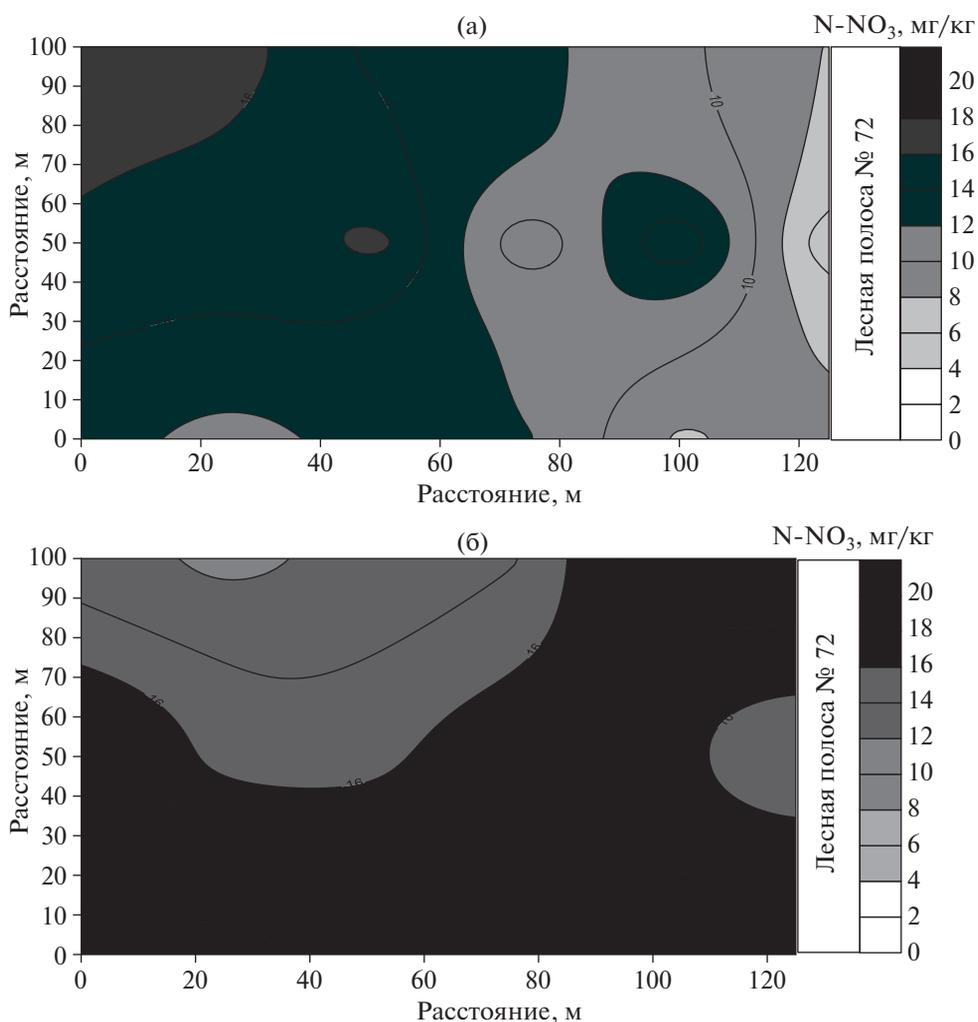


Рис. 3. Изоплета пространственного распределения содержания нитратного азота возле прибалочной лесной полосы № 72 (среднее за 2021–2022 гг.): (а) – начало вегетации, (б) – конец вегетации.

ственно уступали агрогенным почвам. При этом минимальные показатели в залежи отмечены на максимальном удалении от опушки лесного насаждения. Например, в начале вегетации на расстоянии 25 м от полосы количество P_2O_5 было на

уровне 7.1 ± 3.3 мг/100 г, на расстоянии 50 м – снижалось до 3.6 ± 0.2 мг/100 г почвы.

Черноземы под лесным ценозом в течение летнего сезона характеризовались невысоким уровнем обеспеченности доступным фосфором. Мак-

Таблица 2. Показатели плодородия чернозема на пашне вверх по склону на различном удалении от прибалочной лесной полосы № 72 (среднее за 2021–2022 гг.)

Расстояние от ЛП № 72	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/100 г			мг/100 г	
	начало вегетации			конец вегетации		
0 м	7.2 ± 1.4	10.1 ± 1.1	16.2 ± 3.6	17.7 ± 1.8	13.8 ± 1.8	24.8 ± 2.2
25 м	11.3 ± 2.4	7.6 ± 0.3	8.1 ± 1.0	18.8 ± 1.0	10.3 ± 0.3	15.6 ± 1.2
50 м	11.0 ± 1.3	7.3 ± 0.6	6.9 ± 0.3	15.8 ± 1.2	10.6 ± 0.4	13.0 ± 1.1
75 м	14.2 ± 1.2	7.7 ± 0.1	7.2 ± 0.7	15.7 ± 1.9	10.1 ± 0.5	14.4 ± 0.5
100 м	14.2 ± 1.6	7.4 ± 0.5	7.5 ± 0.7	15.8 ± 2.7	9.8 ± 0.4	15.8 ± 1.1
125 м	15.0 ± 1.1	6.9 ± 0.6	7.6 ± 0.8	17.4 ± 2.3	9.3 ± 0.1	14.0 ± 1.3

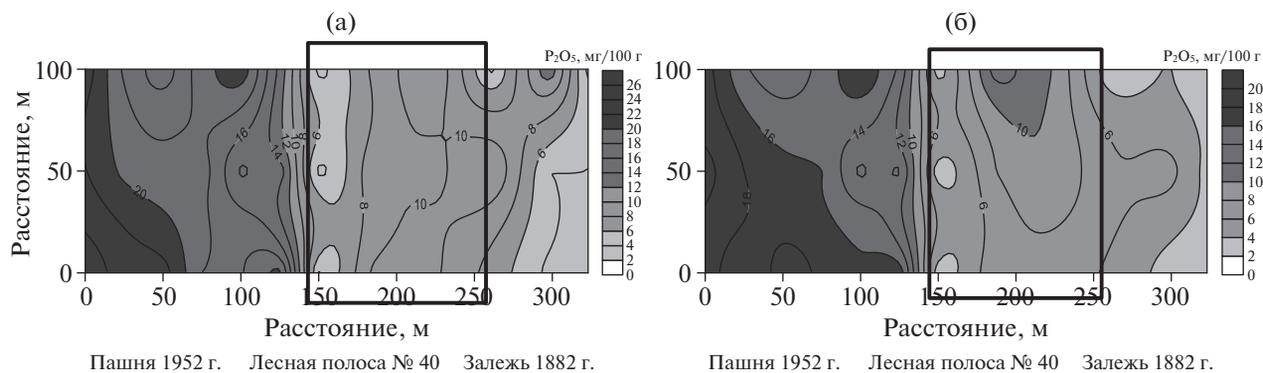


Рис. 4. Изоплета пространственного распределения содержания подвижного фосфора в лесной полосе № 40 и смежно расположенных с ней пашне и залежи (среднее за 2021–2022 гг.): (а) – начало вегетации, (б) – конец вегетации.

симальное его содержание, так же как и для нитратного азота, было характерно для середины лесной полосы – $(9.0 \pm 0.9) - (10.5 \pm 0.7)$ мг/100 г. На опушечной части лесной полосы содержание фосфатов было существенно меньше: на западной опушке – $(2.7 \pm 0.1) - (3.5 \pm 0.2)$ мг/100 г, на восточной – $(4.8 \pm 1.1) - (7.6 \pm 2.5)$ мг/100 г.

Необходимо констатировать, что к концу вегетации происходило небольшое снижение содержания подвижного фосфора на водораздельном участке, но общая закономерность пространственного распределения содержания данного элемента оставалась без изменений (рис. 4).

Оценка пространственного изменения обеспеченности подвижным фосфором водораздельного участка в начале и в конце вегетации свидетельствовала об идентичном характере агрогенного влияния. Обеспеченность почвы пашни была повышенной и высокой на максимальном удалении от лесной полосы. Уровень обеспеченности лесной полосы характеризовался как средний, постепенно снижаясь до низкого на западной опушке и в залежи. Минимальные показатели были свойственны черноземам залежи косимой.

Исследование, проведенное на склоновом участке пашни возле прибалочной лесной полосы № 72, показало, что обеспеченность фосфором черноземов, подверженных эрозии, существенно меньше. При уровне обеспеченности на водоразделе в начале вегетации в пределах $(16.5 \pm 2.2) - (23.6 \pm 1.0)$ мг/100 г в почвах склонов не превышали $(6.9 \pm 0.6) - (7.7 \pm 0.1)$ мг/100 г почвы. Различия содержания фосфора в почвах пашни водораздела и склона таким образом составляли 2–3 кратную величину.

Максимум содержания подвижного фосфора в начале и конце вегетации отмечены вблизи лесной полосы. Более высокие показатели обеспе-

ченности почв в этом случае были обусловлены барьерными функциями лесной полосы. В приопушечной ее части при стоке талых и ливневых вод накапливалось значительное количество мелкозема, богатого элементами минерального питания. При удалении от лесной полосы № 72 происходило уменьшение содержания подвижного фосфора в почве (рис. 5, табл. 2). Вторая отличительная особенность склонового участка заключается в том, что к концу вегетации содержание подвижного фосфора возле лесной полосы № 72 увеличилось по сравнению с началом вегетации, в то время как на водораздельном участке – уменьшилось (рис. 4, 5).

По уровню обеспеченности подвижным фосфором бóльшая часть пашни характеризовалась средним уровнем, лишь вблизи от лесной полосы – высоким уровнем. К концу вегетации обеспеченность подвижным фосфором возросла до повышенной на большей площади пашни. Вблизи лесной полосы уровень обеспеченности подвижным фосфором возрос до высокого. На максимальном удалении от лесной полосы уровень обеспеченности остался средним.

Таким образом, в течение вегетации на склоновом участке возле прибалочной лесной полосы № 72 количество подвижного фосфора уменьшалось при удалении от лесной полосы, в то время как на водораздельном участке – увеличивалось.

Обменный калий. Для роста и развития растений калий также необходим, как азот и фосфор. Растения легче переносят жаркие условия при нормальном калийном питании, что актуально для регионов с часто повторяющимися засухами [24]. На содержание обменного калия в почве сильно влияют такие факторы как влажность и кислотность почв. По мнению Петербургского [25], подщелачивание почвенной среды снижает

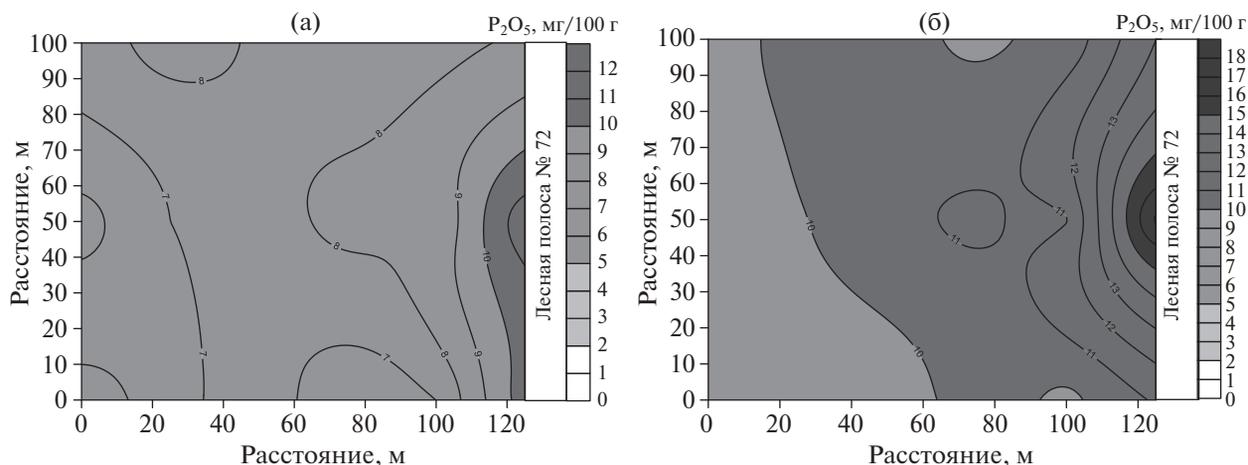


Рис. 5. Изоплеты пространственного распределения содержания подвижного фосфора на склоне возле прибалочной лесной полосы № 72 (среднее за 2021–2022 гг.): (а) – начало вегетации, (б) – конец вегетации.

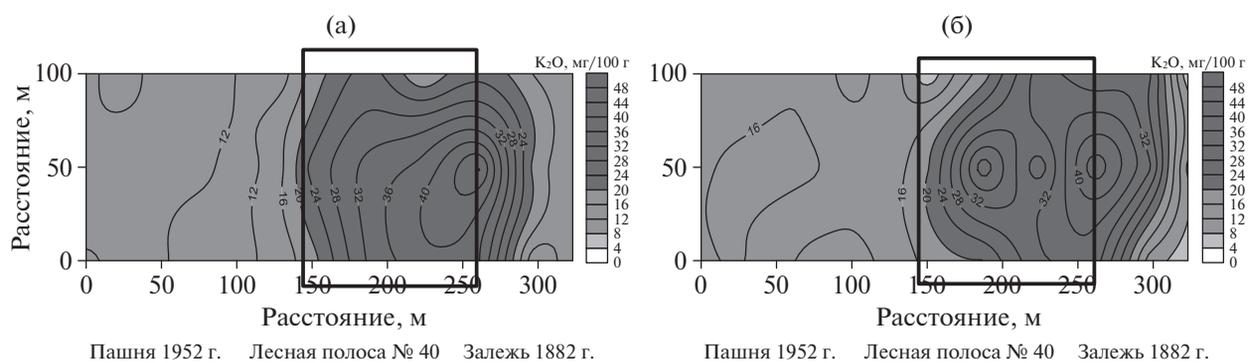


Рис. 6. Изоплета пространственного распределения содержания обменного калия в лесной полосе № 40 и смежно расположенных с ней пашне и залежи, среднее за 2021–2022 гг.: (а) – начало вегетации, (б) – конец вегетации.

подвижность калия и, как следствие, доступность его растениями, подкисление оказывает обратное влияние.

Максимальное содержание обменного калия на начало вегетации отмечено на водораздельном участке черноземов в лесной полосе – 35.9 ± 7.6 мг/100 г, минимальное содержание выявлено в залежи (13.7 ± 0.5 мг/100 г) и на большей части пашни – (11.3 ± 0.3) – (13.1 ± 0.3) мг/100 г, примыкающей к лесной полосе (рис. 6, табл. 1). Анализируя содержание обменного калия на пашне, можно отметить его увеличение при удалении от лесной полосы. Максимальное содержание обменного калия выявлено на пашне на расстоянии 100–150 м от лесной полосы (15.0 ± 1.8 мг/100 г).

К концу вегетации происходило небольшое увеличение содержания обменного калия на водораздельном участке, но общая картина пространственного распределения данного показателя осталась неизменной. Максимум содержания

обменного калия также был характерен для почвы лесной полосы (36.4 ± 5.5 мг/100 г), минимум – для косимой залежи (5.8 ± 0.6 мг/100 г) (рис. 5, табл. 1).

По уровню обеспеченности обменным калием водораздельный участок характеризовался очень высоким содержанием (лесная полоса, прилегающая часть залежи) и высоким (западная опушка, пашня и залежь на максимальном удалении от лесной полосы). Данные на начало и конец вегетации на водораздельном участке были аналогичными (рис. 6).

Рассматривая участок пашни на склоне около прибалочной лесной полосы № 72, можно отметить более низкое содержание обменного калия в течение вегетации по сравнению с водораздельным участком. Максимальное содержание обменного калия выявлено вблизи лесной полосы (16.2 ± 3.6 мг/100 г в начале вегетации и 24.8 ± 2.2 мг/100 г – в конце). При удалении от лесной полосы № 72 происходило уменьшение содержа-

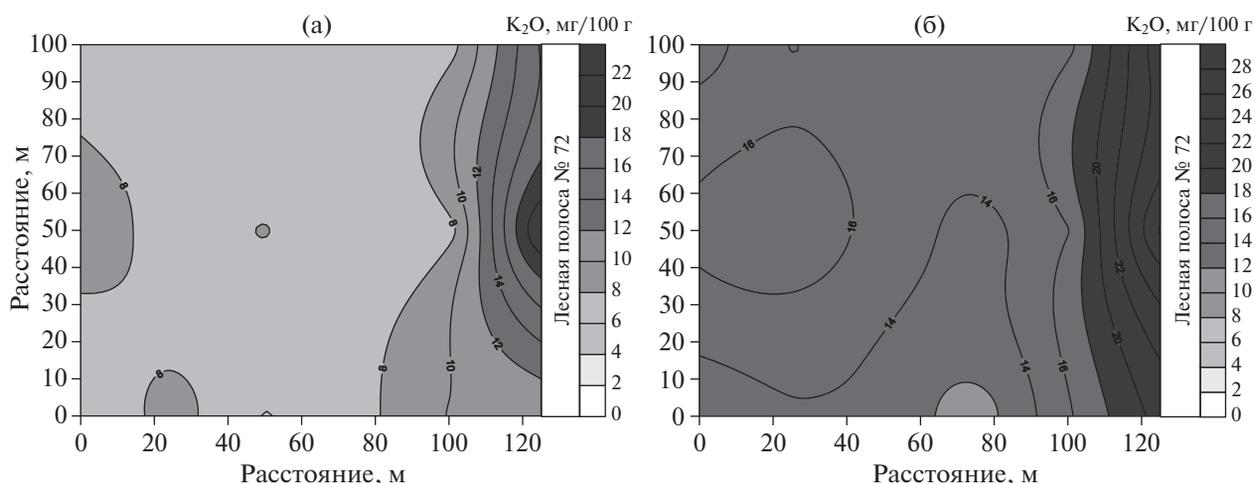


Рис. 7. Изоплеты пространственного распределения содержания обменного калия на склоне возле прибалочной лесной полосы № 72 (среднее за 2021–2022 гг.): (а) – начало вегетации; (б) – конец вегетации.

ния обменного калия в почве (рис. 7, табл. 2). Минимальное содержание обменного калия и в начале, и в конце вегетационного периода выявлено в почве пашни в 50 м от лесной полосы № 72 (6.9 ± 0.3 и 13.0 ± 1.1 мг/100 г соответственно).

Очень высоким уровнем обеспеченности обменным калием в начале вегетации характеризовалась пашня вблизи лесной полосы. По мере удаления от нее уровень обеспеченности снижался до высокого, среднего и низкого. К концу вегетации площадь пашни вдоль лесной полосы с очень высоким уровнем обеспеченности обменным калием возросла. Уровень обеспеченности остальной площади пашни при удалении от лесной полосы характеризовался как высокий.

Более высокие показатели обеспеченности почв лесных ценозов доступными формами калия обусловлены многолетним влиянием богатого зольными элементами листового опада. Как показали наши исследования, запасы подстилки под старовозрастной лесной полосой составляли порядка 20.0–25.0 т/га, в то время как степной ценоз и культуры на пашне формировали существенно меньшую остаточную наземную биомассу, не превышавшую соответственно 3.0–4.5 и 6.0–8.0 т/га. При этом, как указано в работе [21], зольность лесной подстилки в 8 раз превышает степную. Еще одним моментом, способствующим повышению обеспеченности почв лесных ценозов подвижным калием, могло быть смещение реакции среды в кислую сторону. Это подтвердили наши исследования [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, определение показателей эффективного плодородия в почвах под влиянием различного характера антропогенного воздействия, использования угодий и лесных полос на различных элементах рельефа (водораздел и склон) позволило выявить определенную закономерность. Распашка черноземов активизировала биологические почвенные процессы, способствующие увеличению обеспеченности почв нитратным азотом. Не установлено существенных различий влияния ландшафтной принадлежности пахотного участка на количество доступного азота. Обеспеченность почв нитратным азотом в течение вегетации на водораздельном и склоновом участках была на одном уровне.

В почвах залежи величина содержания минеральных элементов в течение всего периода наблюдений характеризовалась низким уровнем обеспеченности.

Наибольшей обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием характеризовались почвы водораздельного участка. В зоне влияния прибалочной лесной полосы их доступность растениям была заметно меньше.

Количество подвижного фосфора и обменного калия на склоновом участке возле лесной полосы № 72 уменьшалось при удалении от лесной полосы, в то время как на водораздельном участке — увеличивалось. Количество нитратного азота и на склоновом, и на водораздельном участках увеличивалось при удалении от лесной полосы.

Анализируя данные изменения показателей эффективного плодородия во времени, пришли к выводу, что на водораздельном участке к концу

вегетации за 2 года исследования содержание нитратного азота и обменного калия увеличивалось, подвижного фосфора — уменьшалось. На склоновом участке к концу вегетации происходило увеличение всех исследованных показателей плодородия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рудаков П.Б.* Роль защитных лесных полос в сохранении плодородия почв Республики Башкортостан // Современные проблемы агропромышленного комплекса. Сб. научн. тр. 71-й Международ. научн.-практ. конф. 2018. С. 124–126.
2. *Куулар Ч.И., Сорокина О.А.* Изменение показателей плодородия почв под воздействием искусственных лесных насаждений в Ширинской степи // Вестн. КрасГАУ. 2014. № 5 (92). С. 73–77.
3. *Ардаширов А.И., Хаматдинов А.Р.* Полезащитные лесные полосы и плодородие почв // Студент и аграрная наука. Мат-лы X Всерос. студ. научн. конф. 2016. С. 11–14.
4. *Белолубцев А.И., Осипов В.Н., Савоськина О.А., Манишкин С.Г., Копылов Е.В.* Действие противоэрозионных обработок на изменение показателей плодородия почвы // Докл. ТСХА. 2004. С. 89–94.
5. *Проездов П.Н., Маштаков Д.А.* Агролесомелиорация. (Изд-е 2-е перераб., доп.). Монография. Саратов: Амирит, 2016. 472 с.
6. *Каргин В.И., Брагин Г.Г., Салкова М.В.* Изменение показателей плодородия почв Республики Мордовия при их длительном сельскохозяйственном использовании // Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах. Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. Н. Новгород: Нижегород. ГСХА, 2014. С. 164–167.
7. *Антоненко Е.В., Сибилева Т.А.* Динамика изменения показателей плодородия почв Центральной и Северной сельскохозяйственных зон Амурской области // Достиж. науки и техн. АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 17–21.
8. *Обезинская Э.В., Либрик А.А., Крижановская Е.И.* Влияние полезащитных лесных полос на основные показатели плодородия почв Павлодарской степи // Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона. 2017. С. 97–99.
9. *Громовик А.И., Королев В.А., Йонко О.А.* Влияние полезащитных лесных полос на основные показатели плодородия почв Каменной Степи // Вестн. ВоронежГУ. Сер.: Химия. Биология. Фармация. 2013. № 1. С. 105–114.
10. *Троц В.Б.* Агроэкологическое влияние полезащитных лесных полос // Изв. Оренбург. ГАУ. 2016. № 4. С. 189–192.
11. *Васильченко Н.И., Звягин Г.А., Петрова А.А.* Влияние полезащитных лесополос на основные показатели плодородия черноземов южных Северного Казахстана // Вестн. Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева. 2020. № 1 (45). С. 9–15.
12. *Троц В.Б.* Влияние полезащитных лесных полос на состояние и продуктивность агроландшафта // Аграрн. Россия. 2017. № 11. С. 19–22.
13. *Подлесных И.В., Зарудная Т.Я.* Изменения плодородия почвы под влиянием лесной полосы // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации. Мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 85-летию создания ВНИИ агролесомелиорат. ин-та. 2016. С. 490–494.
14. *Хусаинов А.Т., Сейдалина К.Х.* Содержание нитратного азота в черноземных почвах Северного Казахстана // Вестн. Алтай. ГАУ. 2009. № 3 (53). С. 27–30.
15. *Рабданов Г.Г., Рабданов Р.Г.* Влияние уровня залегания грунтовых вод на основные показатели плодородия светло-каштановых почв // Агрохимия. 2018. № 4. С. 27–35.
16. *Желтякова М.Г.* Влияние эрозионных процессов на плодородие пахотных светло-серых лесных почв // Научн. журн. мол. ученых. 2020. № 1 (18). С. 16–20.
17. *Филиппова Т.Е., Соколов Ю.П., Рабинович Г.Ю., Кузьмин Е.А., Корнеева О.В., Шахпаронян Л.А.* Влияние рельефа на пространственное изменение показателей плодородия почв мелиорированного конечно-моренного агроландшафта // Почвоведение. 2006. № 6. С. 741–750.
18. *Тарасов С.А.* Лесные полосы как фактор повышения эффективного плодородия почв на склонах ЦЧР // Плодородие почв — основа продовольственной безопасности государства. Мат-лы VI съезда Белорус. общ-ва почвоведов и агрохимиков. 2022. С. 280–284.
19. *Вавин В.С., Рымарь В.Т., Ахтямов А.Г., Свиридов Л.Т.* Создание долговечных защитных лесных насаждений в условиях юго-востока ЦЧП. Воронеж, 2007. 240 с.
20. *Мильков Ф.Н., Нестеров А.И., Петров Н.Г., Гончаров М.В.* Каменная степь (Опыт ландшафтно-типологической характеристики). Воронеж: Изд-во ВГУ, 1971. 176 с.
21. *Брук М.С.* Изменение обыкновенных черноземов под влиянием распашки лесных полос // Почвоведение. 1977. № 1. С. 31–41.
22. *Чеве́рдин Ю.И.* Закономерности изменения и состояние почв Докучаевского стационара в современных условиях // Актуальные вопросы развития идей В.В. Докучаева в XXI веке. Развитие аграрной науки на современном этапе: мат-лы Международ. научн.-практ. конф. и Всерос. школы мол. ученых и специалистов, посвящ. 130-летию организации "Особой экспедиции Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной Рос-

- сии”, 14–16 июня 2022 г. Ч. 1. М.: Изд-во “РИТМ: изд-во, технол., медицина”, 2022. С. 45–49.
23. Шконде Э.И. Агрохимические свойства и плодородие черноземов европейской части СССР // Агрохимическая характеристика основных типов почв СССР. М.: Наука, 1974. С. 203–260.
24. Кореньков Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях. М.: Росагропромиздат, 1990. 192 с.
25. Петербургский А.В. Усвоение растениями калия и других обменно-поглощенных почвой катионов в свете учения К.К. Гедройца // Почвоведение. 1973. № 6. С. 50–59.

Changes in the Indicators of Effective Soil Fertility of the Stone Steppe under the Influence of Forest Strips of Various Landscape Accessories

Yu. I. Cheverdin^{a,#}, V. A. Besspalov^a, and T. V. Titova^a

^aVoronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev

POS 2 division of the Institute Dokuchaev, quart. 5, d. 81, Voronezh region, Talovskiy district 397463, Russia

[#]E-mail: cheverdin62@mail.ru

Within the framework of the program on the subject of the state task in 2021–2022, studies were conducted on changes in the indicators of effective fertility in space and time under the influence of forest strips of various landscape accessories (forest strip No. 40 on the watershed, forest strip No. 72 on the slope). All works were performed in the Voronezh FASC named after V.V. Dokuchaev. It was found that the soils of the watershed area were characterized by the greatest availability of mobile phosphorus and exchangeable potassium. The provision of soils with nitrate nitrogen during the growing season in the watershed and slope areas was at the same level. The watershed area was characterized by a decrease in the amount of mineral elements on the soils of the deposit and the edges of the forest strip No. 40. As for the forest strip itself, the maximum indicators were noted in the center of the forest strip, gradually decreasing in the direction of the edges. Considering the indicators of fertility of arable land, it was noted that they increase at a distance from the forest strip, their maximum was detected at a distance of 75–150 m from the forest strip. On the arable land adjacent to the Baltic forest strip No. 72, an increase in the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium was noted when approaching the forest strip. The content of nitrate nitrogen, on the contrary, decreased downhill, reaching a minimum near the forest strip. It is proved that by the end of the growing season, the content of nitrate nitrogen and exchangeable potassium increased in the watershed, and the content of mobile phosphorus decreased. At the slope site, by the end of the growing season, there was an increase in all the studied fertility indicators.

Keywords: forest strip, watershed, slope, nitrate nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium, fertility.