

Санкт-Петербургский государственный университет

ИСКАНДИРОВА Юлия Ринадовна

Выпускная квалификационная работа

***Пространственная вариабельность свойств постагроенных почв
южно-тайёжной подзоны (Ярославская область)***

Уровень образования:

Направление *06.04.02 «Почвоведение»*

Основная образовательная программа *ВМ.5522.2020 «Почвоведение»*

Научный руководитель:

профессор, д.г.н. Русаков Алексей
Валентинович

Рецензент:

доцент, канд. геогр. наук Коркина Елена
Александровна

Санкт-Петербург

2022

Оглавление

Введение	3
1. Обзор литературы	4
1.1. Современное состояние проблемы	4
1.2. Факторы почвообразования исследуемой территории	8
1.2.1. Климат	8
1.2.2. Растительность.....	8
1.2.3. Почвообразующие породы	9
1.2.4. Рельеф.....	10
2. Объекты и методы исследования.....	10
3. Результаты и обсуждение	15
Выводы	62
Список литературы.....	64
Приложение	66

ВВЕДЕНИЕ

Значительное сокращение площадей сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации повысило внимание исследователей к почвам постагрогенных ценозов.

Выбивание пахотного клина из сельскохозяйственного оборота в результате самозаращения привело к изменениям морфологических, физических, физико-химических и химических свойств почв, которые в основном затрагивают верхнюю толщу их профилей, прежде всего, постагрогенные пахотные горизонты.

В литературе представлены многочисленные примеры постагрогенной трансформации пахотных почв, которая обычно изучается с помощью различных хронорядов постагрогенных биогеоценозов. При этом оценку временной динамики может сильно усложнить пространственное варьирование свойств почв, которое будет создавать значительные шумовые колебания, так что пространственную изменчивость можно будет принять, как временную. Кроме того, все ранее существующие данные по разрезам, принимаемые за исходное состояние почвы в хроноряде, получены на основании изучения одного разреза. В данной работе исследование проводилось на основании изучения мониторинговых площадок, площадью 20×20 м, на которых закладывался опорный полнопрофильный разрез с сетью из 8-ми прикопок на месте исходного разреза пахотной почвы с максимальной точностью заложения на прежнем месте.

Таким образом, оценка пространственной изменчивости ряда почвенных свойств (горизонтальной по площади сайта и вертикальной вглубь толщи почвенного профиля) на уровне мониторинговых площадок, может помочь увеличить достоверность получаемых данных для дальнейших обобщений более глобального масштаба.

Цель работы – оценка локальной пространственной изменчивости свойств гумусовых горизонтов постагрогенных и пахотных почв центра Ярославской области.

В задачи исследования входило:

1. Оценить пространственную дифференциацию пахотных и залежных почв в отношении показателей морфометрии строения верхней части профиля на уровне пробной площадки (далее – сайт);
2. Выявить тренд трансформации пахотных горизонтов, находящихся в обработке, а также после перевода пашни в залежь по степени дифференциации гумусовой толщи в отношении запасов гумуса, минерального азота и подвижных элементов минерального питания растений.

3. Верифицировать правильность заложения основного почвенного разреза в сайте в системе прикопок на основании обобщения фактического материала по мофрологии и свойствам как объекта мониторинговых исследований.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ (Российский фонд фундаментальных исследований) №19-29-05243 мк «Эволюционные процессы в постагрогенных почвах Ярославского Поволжья на фоне современных изменений климата».

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Современное состояние проблемы

Изменчивость свойств гумусовых горизонтов постагрогенных и пахотных почв на протяжении последних лет активно исследуется как российскими, так и зарубежными учёными (Kalinina et al., 2010; Рыжова и др., 2014; Dai et al., 2018; Simonova et al., 2021).

Важность изучения изменения запасов углерода в ходе естественного восстановления залежей подчеркивается Д.И. Люри с соавторами (2010) тем, что они являются «интегральным» показателем развития экосистемы, связанным с динамикой почвенного и растительного покровов. Кроме того, залежи являются крупными аккумуляторами углерода, играя важную роль в процессах глобального изменения климата.

Так, например, было проведено исследование почвенной хронологии, охватывающее экосистемы 3-х, 20-ти, 55-ти, 100-ти и 170-летнего самовосстановления южнотаежной позоны Русской равнины, в котором показано, что состав углерода органических соединений почвенных минеральных горизонтов остается относительно стабильным в процессе самовосстановления (Kalinina et al., 2010). Однако пулы почвенного органического вещества (ПОВ) изменяются. Отношение C/N активного ПОВ достигало устойчивого состояния через 55 лет и было увеличено вдвое (с 12,5–15,6 до 32,2–33,8). Что касается отношения C/N пассивного ПОВ, то оно непрерывно возрастало (с 11,8–12,7 до 19,0–22,8) на протяжении 170 лет и не достигло устойчивого состояния. Авторы работы приходят к выводу, что восстановление почвы на заброшенных пахотных песчаных землях тайги происходит невероятно медленно, так как сохраняются не только морфологические признаки почвы бывшей распашки, но и баланс поступления органического вещества и минерализации почвы остаётся неустойчивым после 170 лет самовосстановления.

Изучены свойства супесчаных постагрогенных почв в процессе их естественного зарастания на юго-востоке Костромской области (Telesnina et al., 2016). Микроморфологические признаки обработки почвы сохранялись в этих почвах не менее 35–

40 лет после прекращения их сельскохозяйственного использования. В процессе зарастания почвы лесной растительностью уменьшилась объёмная плотность верхней части бывшего пахотного горизонта, несколько снизились величины рН и зольность подстилочного горизонта при одновременном увеличении кислотности верхнего минерального горизонта, особенно в начале формирования древостоя. Через 5–7 лет после прекращения обработки почвы прежний пахотный горизонт был дифференцирован по содержанию органического углерода. Общий пул органического углерода в верхних 30 см увеличился.

И.М. Рыжовой с соавторами (2014) рассмотрена динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного зарастания лесом агродерново-подзолистых почв южной тайги европейской территории России. Показано, что, несмотря на возможное в некоторых случаях уменьшение запасов почвенного углерода, общие запасы углерода в экосистемах в ходе постагрогенной сукцессии всегда увеличиваются за счет многократного роста запасов фитомассы и накопления углерода в подстилке.

В зарубежной литературе также проводятся исследования по выявлению пространственной вариабельности (Dai et al., 2018). Авторы подчеркивают, что почвенный азот (N), фосфор (P), калий (K) и величины рН являются важными показателями плодородия и качества почвы. Особенно в лесу эти свойства почвы сильно меняются в пространстве и во времени. Содержание азота, фосфора и калия в почве положительно коррелировало с органическим углеродом почвы, тогда как значение рН – коррелировало отрицательно. Карты распределения показали, что азот и калий в почве имеют сходные модели пространственного распределения: область с низким значением, окруженная полосами с более высоким значением. На карте пространственного распределения почвенного фосфора наблюдалась крупномасштабная область низкого содержания. Для пространственного характера рН почв обнаружена противоположная тенденция.

В работе О. Калининой с соавторами (2018) показана динамика углерода во время пост-сельскохозяйственного восстановления в умеренном широколиственном лесу европейской части России. Выявлено, что при восстановлении в бывших пахотных горизонтах произошли незначительные изменения рН 5,4–5,6 (CaCl_2). Однако несколько повышенное значение рН в пределах вновь освоенных горизонтов Ah и O вызвало новую стратификацию по величинам рН прежнего пахотного горизонта, приближающуюся к естественным почвам. По сравнению с предыдущими пахотными горизонтами ниже, в недавно разработанных горизонтах Ah наблюдалось обогащение почвы органическим углеродом (ПОУ) и доступными для растений питательными веществами (P, K). Запасы ПОУ в 5-сантиметровом минеральном пахотном слое в процессе восстановления увеличились с 0,8 до 1,7 кг/м^2 (север), с 1,3 до 1,7 кг/м^2

(средний) и с 1,4 до 2,3 кг/м² (юг). В поверхностных органических слоях запасы ПОУ составляли 0,1–0,2 кг/м². Однако за 37 лет (север) и 42 года (юг) восстановительных работ уровни близких к естественным почвам, не были достигнуты. Модель, по данным авторов (Kalinina et al., 2018) предсказала время восстановления около 150 лет для достижения сравнительно устойчивого состояния. Несмотря на все эти изменения, исследование не показало полного восстановления многих параметров в хронопоследовательном масштабе времени в 120 лет.

Выводы были сделаны следующие: в верхних слоях бывшего пахотного горизонта за 45 лет постагрогенной сукцессии наблюдаются следующие изменения: 1) статистически значимое снижение рН_{KCl} и индекса гумификации растворимого органического вещества; 2) увеличение содержания органического вещества, общего азота, микробного углерода и скорости базального дыхания (Kurganova et al., 2021).

Изменения возможны не только в количественном, но и в качественном составе органического вещества (Kurganova et al., 2019). Увеличение почвенного органического вещества было зафиксировано во всех классах органических соединений, выявленных с помощью ЯМР и термического анализа. В то же время постагрогенные черноземы характеризовались более высокими алифатичностью и ароматичностью ПОВ, чем Фаеоземы (Phaeozems). Микробная активность и биоразлагаемые соединения углерода постепенно увеличивались во время пост-сельскохозяйственного восстановления. Будучи в основном функцией климата и растительности, тип почвы был основным фактором, объясняющим наибольшую часть (54–88%) общей дисперсии большинства почвенных и микробных параметров, по мнению авторов.

Помимо органического вещества и элементов минерального питания изучаются и иные явления. Также была проведена оценка состояния заброшенных 30 лет назад пахотных почв на севере Ярославской области (Simonova, J.V. et al., 2021). Было показано появление поверхностного оглеения. Причем нарастание оглеения и признаки длительного застоя воды в пределах профиля были особенно заметны в почвах, развитых на суглинистых, литологически сплошных или вертикально прерывистых породах. В этих почвах наблюдалось увеличение количества различных Fe-Mn педоформ, что связано с большей амплитудой окислительно-восстановительных колебаний, появлением зон оглеения и пятен, изменением карбонатного состояния. Авторы делают вывод о том, что климатические изменения привели к небольшому подъему лабильных форм карбонатов за счет растворения и перекристаллизации первичных известковых зерен в морене, что наиболее характерно для почв субаридных районов.

Таким образом, повсеместно разными авторами изучаются изменения различных параметров почв залежей. Полученные и предложенные механизмы несколько различаются, что обуславливает необходимость дальнейшего исследования залежных почв.

1.2. Факторы почвообразования исследуемой территории

1.2.1. Климат

Территория, на которой проводилось исследование, находится в таёжной зоне. В целом, климат можно оценить, как умеренно-континентальный с умеренной зимой, умеренно теплым летом и четко выраженными осенними и весенними сезонами. Характерна среднегодовая температура +3,4, температура января -10,8, июля +18,0 (Справочник по климату СССР..., 1984). Сумма среднесуточных температур за период активной вегетации порядка 1880-1970 (Справочник по климату СССР..., 1984). Датой первого заморозка считается в среднем 25 сентября, а последнего – 12 мая. Безморозный период составляет 135 дней, а период устойчивых морозов продолжается 111 дней.

Годовое количество осадков составляет примерно 523 мм (Справочник по климату СССР..., 1967). Большая часть осадков (около 71%) выпадает в теплое время года в течение вегетационного периода. Максимальное их количество (73 мм) приходится на июль, в виде кратковременных, но интенсивных ливней. Влагообеспеченность, характеризуемая коэффициентом увлажнения (отношение количества осадков к испаряемости), оказывает заметное влияние на формирование почвообразующих пород. Величина данного коэффициента на рассматриваемой территории составляет 1,5. Это обеспечивает промывной режим в почвах, сформированных на дренированных водоразделах, формируя там почвы подзолистого типа. В понижениях, как правило, отмечается превышение осадков над испаряемостью, поэтому в них образуются полугидроморфные и гидроморфные почвы.

1.2.2. Растительность

Исследуемая территория находится в лесной зоне. Стоит отметить, что весь растительный покров подвергнут антропогенному воздействию: первичные леса практически полностью отсутствуют, преобладают вторичные мелколиственные леса (Биологическая продуктивность ..., 1982).

На территории Ростовской низины проходит южный ареал распространения северных видов: морошки, княженики, жимолости голубой, нарциссии холодной (Петровский, 1868, 1880; Богачев, 1964). Имеются данные о том, что наиболее характерные черты зональной растительности приурочены к участкам дренированных водоразделов с почвами тяжелого гранулометрического состава (Высоцкий, 1925). Отмечено преобладание ельников (73%) в составе плакорных растительных групп на исследуемой территории с равномерным распределением среди них кисличных, черничных, неморальных и сложных ельников, а также

осинников и березняков, кроме того, заметно участие елово-дубовых лесов (17%) и дубрав (10%) (Богачев, 1964).

Состав господствующего яруса неморальных и сложных ельников представлен елью, березой, осиной, реже – кленом и дубом. В древостое ельников кисличных и черничных практически полностью отсутствуют широколиственные породы. Подлесок ельников состоит из орешника, черемухи, рябины, жимолости лесной, малины. В травянисто-кустарничковом ярусе присутствуют сочетания спутников ели и широколиственных пород: копытень европейский, сныть обыкновенная, купырь лесной, ландыш майский, майник двулистный, медуника, костяника, ветреница дубравная и др.

1.2.3. Почвообразующие породы

Ярославское Поволжье находится в глубокой, тектонически активной части Московской синеклизы, для которой характерно прогибание земной коры. От соседних территорий центра Русской равнины изучаемая территория заметно отличается большей непрерывностью седиментации, полнотой и мощностью отложений (в том числе и четвертичных) (Новский, 1975).

Коренные породы, как правило, залегают на большой глубине и не выходят на поверхность. Отложения верхней перми и нижнего триаса залегают в центральной части озерной котловины (Атлас Ярославской области, 1964). Данные породы представлены пестроцветной толщей песков, глин и мергелей. В центре котловины отсутствуют юрские отложения, они лежат в основании её бортов. Продолжающиеся эрозионные процессы уничтожили в Ростовской впадине меловые осадочные толщи.

Кроме того, изучаемая территория является областью распространения трех оледенений: окского, днепровского и московского. Это обуславливает большое разнообразие генетических типов четвертичных отложений. Нижнечетвертичные отложения представлены окской тяжелосуглинистой мореной, среднечетвертичные – мореной днепровского и московского оледенений, а также межморенными осадками. Стоит отметить, что морена днепровского оледенения распространена повсеместно и сложена коричневыми тяжелыми суглинками с гравием и валунами, мощностью 0,5-56 м (Четвертичные отложения ..., 1984). Отложения московского ледника представлены красно-бурыми суглинками с линзами песка.

Водно-ледниковые отложения включают флювиогляциальные, зандровые и озерно-ледниковые образования. Мощность первых двух составляет около 5 м. Озерно-ледниковые отложения представлены ленточными глинами, полностью выстилающими днище котловины (Новский, 1970).

1.2.4. Рельеф

Ярославское Поволжье по схеме геоморфологического районирования Русской равнины находится в центральной части среднепересеченной равнины с преобладанием стертых ледниковых и свежих эрозионных форм, в Белорусско-Мезенской подобласти (Воскресенский, 1968). Особенностью является то, что формы, созданные среднеплейстоценовым (московским) оледенением существенно переработаны флювиальными процессами и склоновой денудацией.

В целом, рельеф Ярославского Поволжья представляет собой холмисто-пологоволнистую равнину с абсолютными отметками 90-250 м. Четко выделяются Борисоглебская возвышенность и восточная окраина Клинско-Дмитровской гряды, сложенные конечной мореной. Их разделяет плоско-слабоволнистая поверхность Волжско-Нерльской низины, сложенная конечно-моренными образованиями (Новский, 1959).

Большую часть Ярославского Поволжья занимает поголо-волнистая равнина, сложенная основной мореной (Новский, 1958). По геоморфологическим особенностям её можно разделить на 4 района. Исследуемая территория находится в северной части пологоволнистой равнины на Шекснинско-Костромском междуречье и характеризуется слабой и средней расчлененностью рельефа.

Уникальностью геоморфологического строения центра Ярославского Поволжья является то, что на относительно небольшой территории выделяется 3 основных типа рельефа, характерные для всего региона и ярусность строения, выраженная в чередовании четырех геоморфологических уровней, которые находятся в непосредственной близости друг от друга. Именно поэтому центр Ярославского Поволжья рассматривают как ключевой район для познания особенностей строения почвенного покрова и закономерностей его формирования применительно к центру Русской равнины.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- **Объекты исследования**

Объектом исследования служили почвы Шекснинско-Костромского междуречья в пределах Пошехонского района Ярославской области.

На рисунке 1 представлено расположение основных разрезов, заложенных на территории Пошехонского района. В таблице 1 указаны координаты исследуемых разрезов.

Расположение основных разрезв

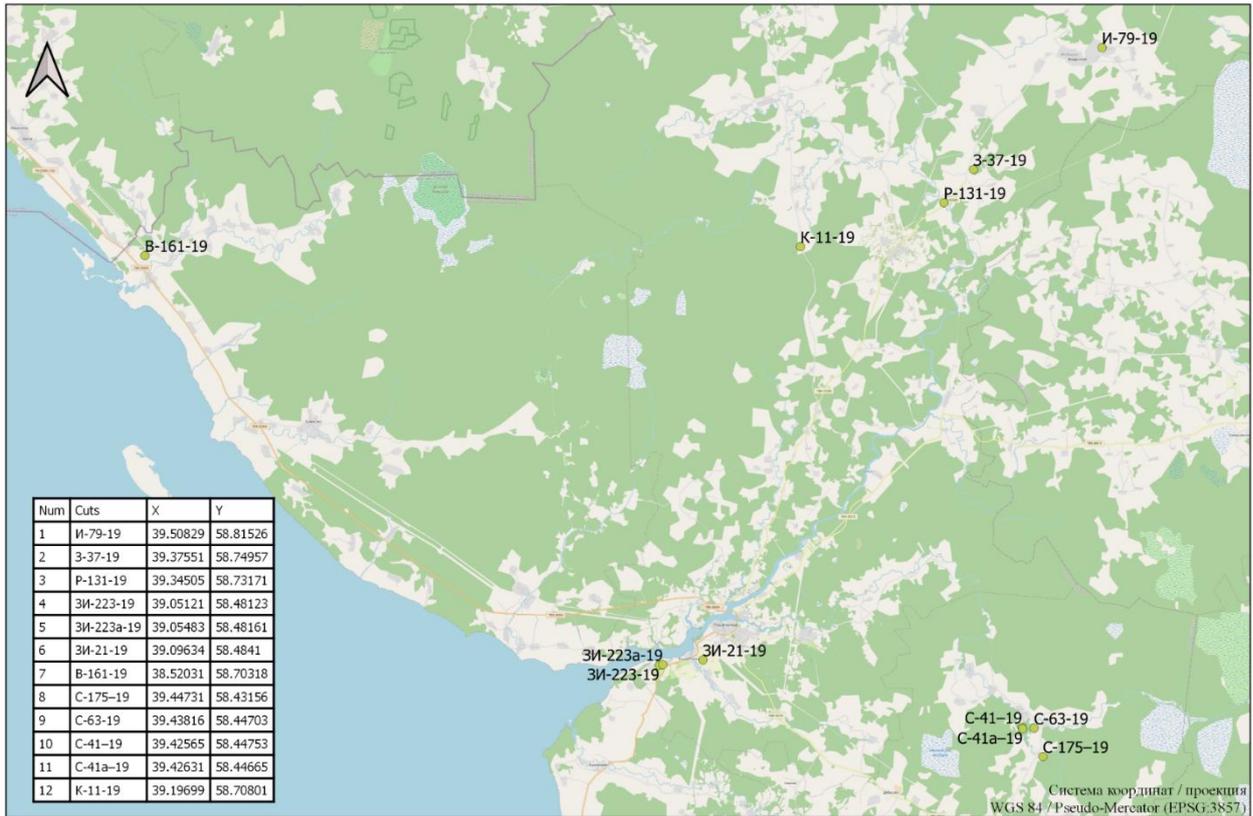


Рисунок 1. Расположение основных разрезв Пoshонского района Ярославской области

Таблица 1. Координаты разрезов

№	Разрез	X	Y
1	ЗИ-223-19	39,05121	58,48123
2	ЗИ-21-19	39,09634	58,48410
3	З-37-19	39,37551	58,74957
4	ЗИ-223а-19	39,05483	58,48161

В ходе проведения полевых работ были заложены 4 мониторинговые площадки площадью 20×20 м. Мониторинговая площадка (сайт) включала в себя опорный полнопрофильный разрез с сетью из 8-ми прикопок до полуметра в глубину, вскрывающие прогумусированную толщу до появления срединных горизонтов. Прикопки закладывались так, что основной разрез находился в центре, а прикопки образовывали прямоугольную площадку 20×20 м вокруг основного разреза.

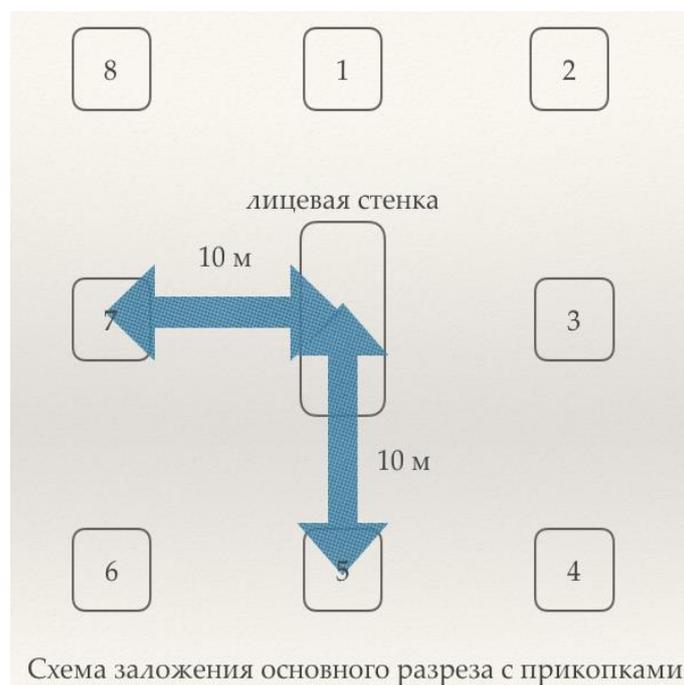


Рисунок 2. Схема сайта

Закладка современных почвенных разрезов предусмотрена на местах разрезов, опробованных во время картографирования почвенного покрова землепользований хозяйств в 1984–1990 гг. Изученные разрезы представлены почвами под пашней, все время находящихся в обработке, и почвами под разновозрастными (от 7–9 до 30–32 лет) залежами. Важным обстоятельством является тот факт, что все разрезы на 1990 г. представляли собой

автоморфные агропочвы, приуроченные к исходно дренированным поверхностям рельефа. Почвы залежей находятся на луговой стадии зарастания, под различными фитоценозами, сформированы на разных породах, имеют различия по возрасту зарастания и растительности. Возраст залежей определялся на основе геоботанического описания пробных площадок. В таблице 1 представлены землепользование и возраст залежи изученных разрезов.

Таблица 2. Изученные разрезы

№	Разрез	Землепользование, возраст залежи, лет
1	ЗИ-21-19	пашня
2	ЗИ-223-19	пашня
3	З-37-19	Залежь, 7-9
4	ЗИ-223а-19	Залежь, 30-32

При поддержке гранта было установлено классификационное положение разрезов, отобраны и проанализированы в среднем по 45 образцов из гумусовых горизонтов на разной глубине на каждой из 4 пробных площадок (сайтов). На основе полученных данных были рассчитаны запасы углерода органических соединений и основных элементов питания: азота, фосфора и калия. В таблице 2 представлено классификационное положение разрезов (Шишов и др., 2004).

Таблица 3. Классификационное положение разрезов

Отдел	Тип	Подтип	Разрезы	Угодье
Текстурно-дифференцированные	Агродерново-подзолистая	на покровных суглинках, подстилаемых мореной	ЗИ-21-19	Пашня
Агрозоёмы	Текстурно-дифференцированная	постагрогенный на покровных суглинках, подстилаемых карбонатной мореной	3-37-19	Залежь, 7-9
Органо-аккумулятивные	Агросерогумусовая	супесчаная на озерных супесях, подстилаемых крупнопылеватыми озерными суглинками	ЗИ-223-19	пашня
	Серогумусовая	постагрогенная супесчаная на озерных супесях, подстилаемых крупнопылеватыми озерными суглинками	ЗИ-223а-19	Залежь, 30-32

Исследуемые разрезы относятся к отделам текстурно-дифференцированных, агрозоёмов и органо-аккумулятивных почв.

Текстурно-дифференцированные представлены разрезом ЗИ-21-19 (пашня), который относится к подтипу агродерново-подзолистых почв на покровных суглинках, подстилаемых мореной.

Агрозоёмы представлены разрезом 3-37-19 (залежь, 7-10 лет), который относится к подтипу текстурно-дифференцированных постагрогенных почв на покровных суглинках, подстилаемых карбонатной мореной.

Органо-аккумулятивные почвы представлены агросерогумусовыми и серогумусовыми почвами. Агросерогумусовые включают в себя разрез ЗИ-223-19 (пашня), который относится к подтипу агросерогумусовых супесчаных почв на озерных супесях, подстилаемых крупнопылеватыми озерными суглинками. Разрез ЗИ-223а-19, как и ЗИ-223-19, относится к супесчаным почвам на озерных супесях, подстилаемых крупнопылеватыми озерными суглинками, однако относится к другому типу серогумусовых почв.

- **Методы исследования**

Картограммы мощности пахотных и постагрогенных горизонтов, запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия построены в программе Surfer.

Элементарные почвенные ареалы (зоны, контуры) внутри картограмм выделены на основании визуальной однородности. Площадные характеристики почвенных ареалов получены через программу Inkscape.

Визуализация динамики варьирования пахотных и постагрогенных горизонтов в пределах сайта выполнены в программе Inkscape.

Математическая обработка проведена в программе Excel с использованием общепринятых формул расчёта.

Запасы углерода органических соединений, азота, фосфора и калия рассчитаны по общепринятой формуле:

$$\text{Запас элемента питания, } \frac{\Gamma}{\text{см}^2} = p * h * c$$

где p – объёмная плотность, $\Gamma/\text{см}^3$; h – мощность исследуемой почвенной толщи, см; c – концентрация исследуемого элемента, %.

Характер пространственных изменений свойств мощности, запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия пахотных и постагрогенных горизонтов почв внутри сайта оценены на основе коэффициента вариации и индекса дробности, величины обратной средней площади ареала (Фридланд, 1972).

Индекс дробности (ИД) рассчитывается:

$$\text{ИД} = \frac{k}{S_{\text{ср}}}$$

где k – число ареалов (зон, контуров), $S_{\text{ср}}$ – средняя величина ареала (зоны, контура).

Морфологическое описание почв по сайтам, данные по содержанию гумуса, подвижных форм фосфора и калия, актуальной кислотности, плотности сложения были предоставлены автору по результатам данных, полученных коллективом участников проекта РФФИ (см. Введение).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки локальной пространственной изменчивости свойств гумусовых горизонтов постагрогенных и пахотных почв севера Ярославской области рассмотрим картограммы

исследуемых пробных площадок, отражающие горизонтальную вариабельность сайта в отношении мощности горизонтов прогумусированной части профиля, запасов углерода органических соединений, азота, подвижных форм фосфора и калия.

Рабочая гипотеза заключается в том, что изначально все исследуемые сайты относились к пахотным почвам, имеющим в своём профиле условно однородный пахотный горизонт. Однако со временем при забрасывании пашни начинает преобладать дифференциация почвенного профиля по горизонтам и по свойствам в сторону увеличения залежности: чем старше залежь, тем более дифференцированная гумусовая толща, а в некоторых случаях диагностируется новообразованный горизонт АУ (сайт ЗИ-223а-19).

При оценке пространственных изменений свойств мощности, запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия пахотных и постагрогенных горизонтов почв будем считать исследуемую гумусовую толщу условно однородной, если 50% вариабельности совпадает с основным разрезом.

Выделение в пределах сайта мощностей 0-20 см и от 20 см до нижней границы пахотных и постагрогенных горизонтов почв основано на том, что минимальная стандартная глубина распашки пахотных почв – 20 см, следовательно, мощность 0-20 см можно принять, как условно стандартизированную.

- **Сайт ЗИ-21-19 (пашня)**

Почвы сайта ЗИ-21-19 приурочены к почвам пашни, представлены агродерново-подзолистыми почвами на покровных суглинках, подстилаемых мореной (Приложение 1). Почвы прикопок соответствуют классификационному положению основного разреза.

На рисунке 3 представлена пространственная вариабельность мощности пахотных горизонтов в пределах сайта ЗИ-21-19.

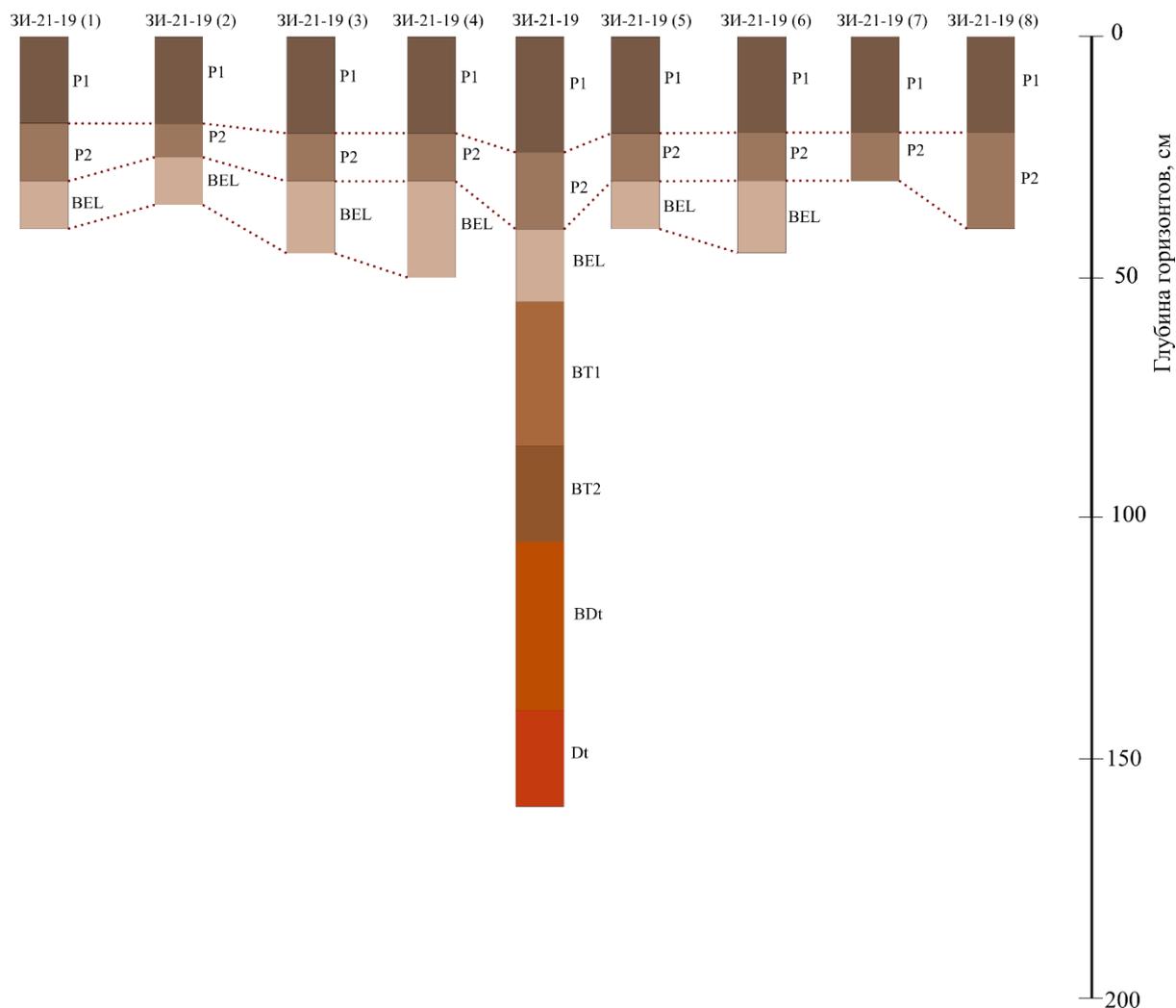


Рисунок 3. Пространственная вариабельность мощности пахотных горизонтов в пределах сайта ЗИ-21-19, см

Как можно видеть, гумусовая толща дифференцируется на 2 горизонта: P1 и P2. Горизонт P1 имеет практически ровную границу, которая проходит на глубине 20 см, немного выбивается нижняя граница горизонта в основном разрезе, достигая 24 см. Горизонт P2 имеет волнистую границу, которая выделяется от 25 см во второй прикопке до 40 см в основном разрезе и восьмой прикопках.

Наглядно в виде картограммы отражена пространственная вариабельность сайта в отношении мощности пахотных горизонтов на рисунке 4.

Сайт ЗИ-21-19. Пространственная вариабельность мощности пахотных горизонтов.

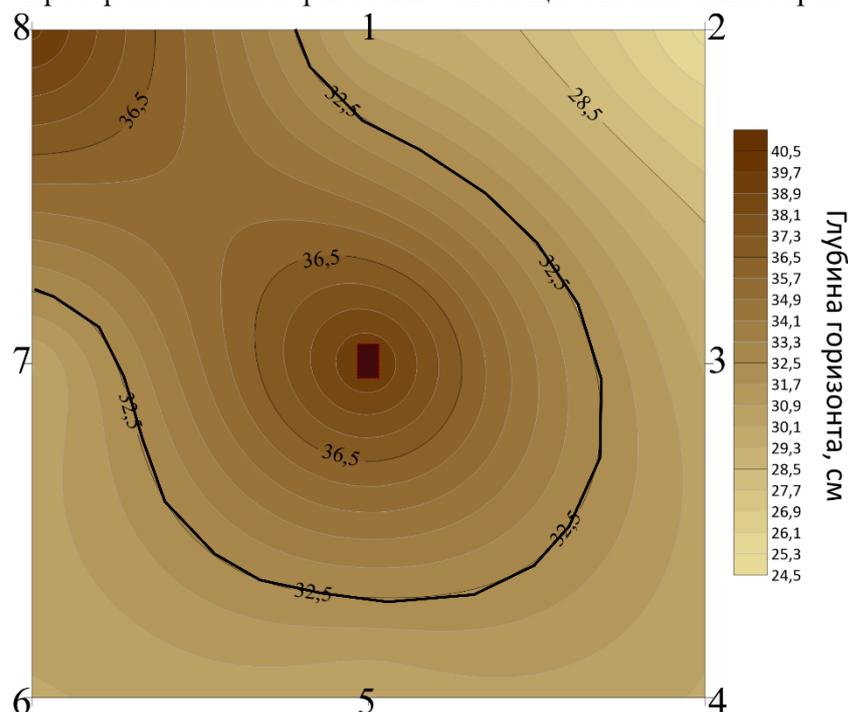


Рисунок 4. Картограмма пространственной вариабельности мощности пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19, см.

Здесь и далее в картограммах: 1–8 – номера прикопок (по периферии площади сайта, квадрат в центре – основной разрез. Чёрная линия – граница выделенных ареалов.

На основе полученных данных в отношении мощности пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 4).

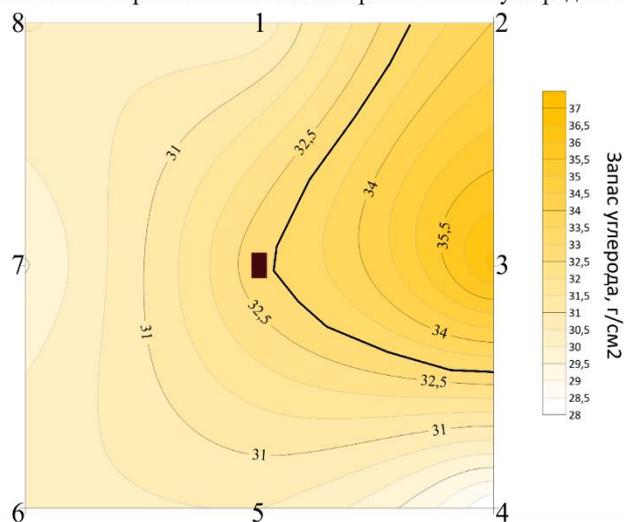
Таблица 4. Характеристики пространственной вариабельности в отношении мощности пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19.

Мощность, см	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, см	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
31,7 ± 5,0	15,8	1	1	24,5-32,5	49	0,005
		2	2	32,5-41,3	51	

Картограмма пространственной variability мощности пахотных горизонтов демонстрирует, что внутри сайта выделяются 2 градации, представленные 2 элементарными почвенными ареалами (зонами). Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (51%), выделяется от 32,5-41,3 см. Мощность гумусовой толщи пахотных горизонтов основного разреза равна 40 см. Поскольку больше 50 % variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение мощности пахотных горизонтов внутри сайта условно однородным.

Также в качестве визуализации данных были построены картограммы запасов углерода органических соединений (рис. 5), азота (рис. 6), фосфора (рис. 7) и калия (рис. 8) пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19.

Сайт ЗИ-21-19. Пространственная variability запаса органического углерода в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-21-19. Пространственная variability запаса органического углерода в толще 20-25 (40) см.

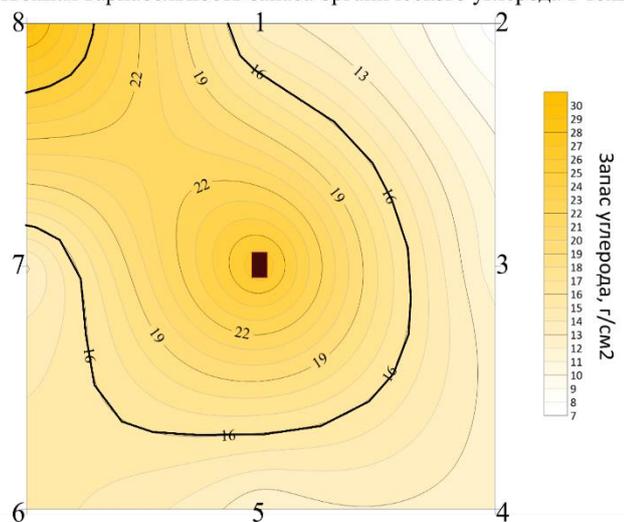


Рисунок 5. Картограммы пространственной variability запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 5).

Таблица 5. Характеристики пространственной вариабельности в отношении запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19

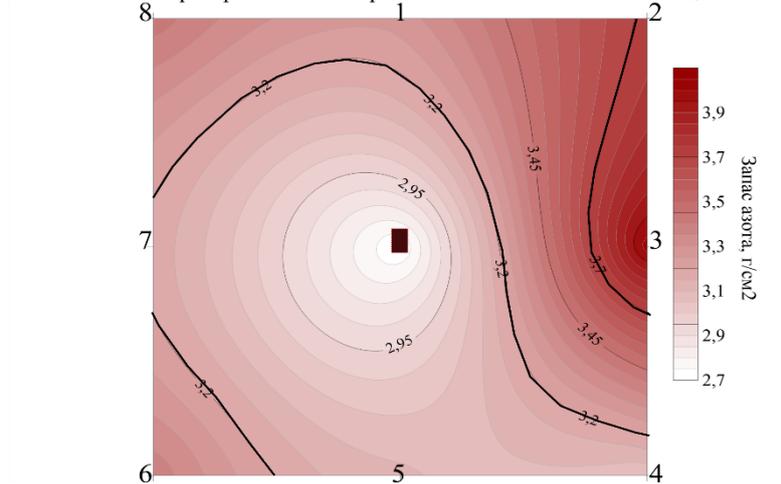
Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса углерода, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	31,4±2,7	8,5	1	1	28,0-33,0	76	0,0050
			2	2	33,0-37,5	24	
20-25(40)	15,7±7,5	47,7	1	1	7,0-16,0	43	0,0075
			2	2	16,0-25,0	52	
			3	3	25,0-31,0	5	

Картограмма пространственной вариабельности запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 2 градации, представленные 2 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (76%), выделяется в диапазоне 28,0-33,0 г/см². Запас углерода органических соединений пахотных горизонтов основного разреза равен 32,9 г/см². Поскольку больше 50 % вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной вариабельности запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов в толще 20-25(40) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 3 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (52%), выделяется в диапазоне 16,0-25,0 г/см². Запас углерода органических соединений пахотных горизонтов основного разреза равен 27,1 г/см². Поскольку больше 50 % вариабельности совпадает с

основным разрезом, можно считать распределение запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов в толще 20-25(40) см внутри сайта условно однородным.

Сайт ЗИ-21-19. Пространственная вариабельность запаса азота в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-21-19. Пространственная вариабельность запаса азота в толще 20-25 (40) см.

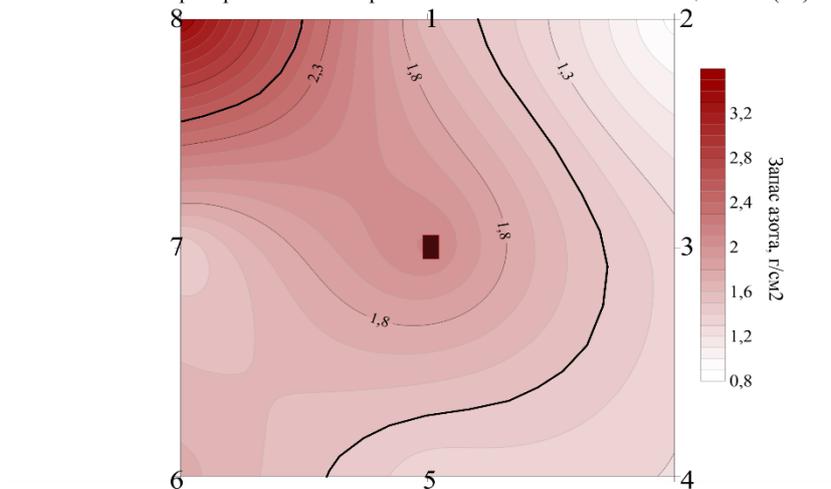


Рисунок 6. Картограммы пространственной вариабельности запаса азота пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса азота пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 6).

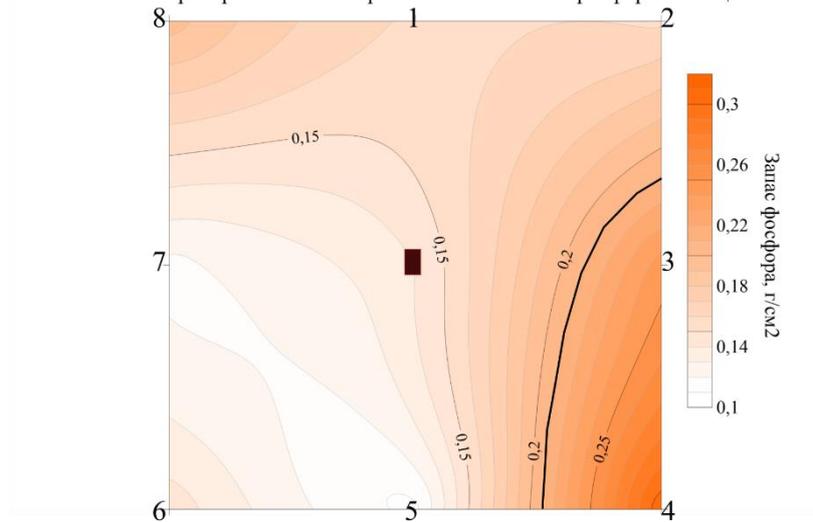
Таблица 6. Характеристики пространственной вариабельности запаса азота пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса азота, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	3,3±0,4	11,6	1	1	2,7-3,2	58	0,0100
			2	2	3,2-3,7	30	
				3	3,2-3,7	7	
			3	4	3,7-4,1	5	
20-25(40)	1,7±0,7	43,8	1	1	0,8-1,5	25	0,0075
			2	2	1,5-2,5	67	
			3	3	2,5-3,6	8	

Картограмма пространственной вариабельности запаса азота пахотных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (58%), выделяется в диапазоне 2,7-3,2 г/см². Запас азота пахотных горизонтов основного разреза равен 2,7 г/см². Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса азота пахотных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной вариабельности запаса азота пахотных горизонтов в толще 20-25(40) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 3 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (67%), выделяется в диапазоне 1,5-2,5 г/см². Запас азота пахотных горизонтов основного разреза равен 2,1 г/см². Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса азота пахотных горизонтов в толще 20-25(40) см внутри сайта условно однородным.

Сайт ЗИ-21-19. Пространственная вариабельность запаса фосфора в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-21-19. Пространственная вариабельность запаса фосфора в толще 20-25 (40) см.

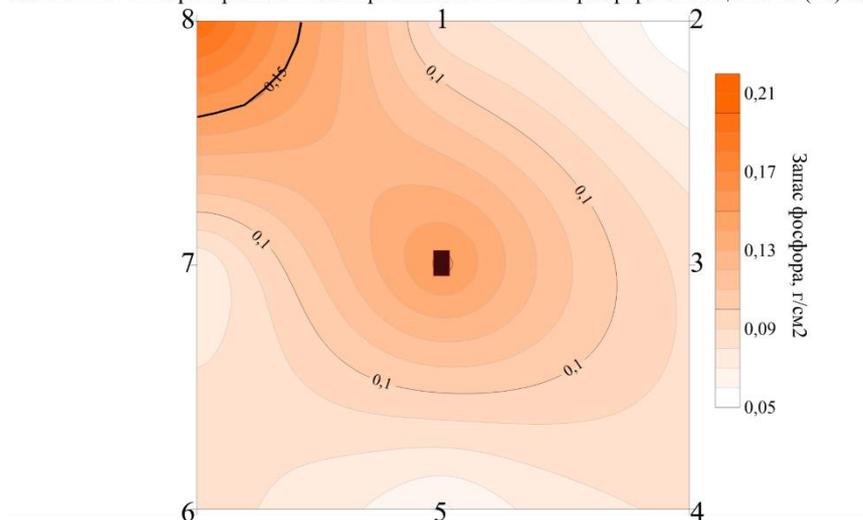


Рисунок 7. Картограммы пространственной вариабельности запаса фосфора пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса фосфора пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 7).

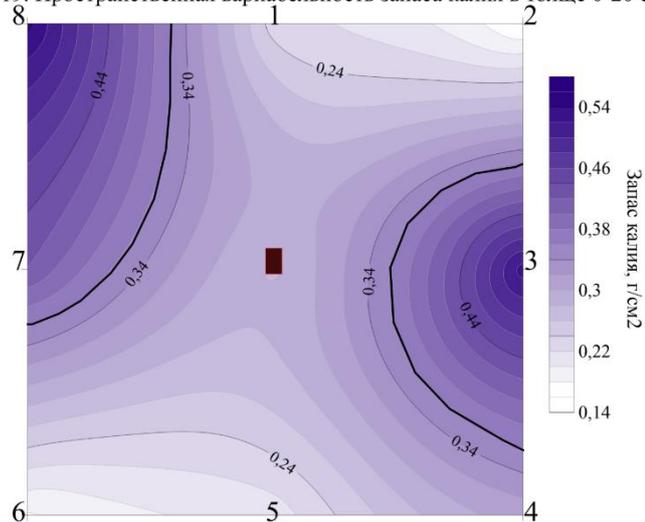
Таблица 7. Характеристики пространственной variability в отношении запаса фосфора пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса фосфора, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	0,18±0,06	37,0	1	1	0,10-0,21	88	0,0050
			2	2	0,21-0,32	12	
20-25(40)	0,10±0,05	50,5	1	1	0,05-0,15	97	0,0050
			2	2	0,15-0,22	3	

Картограмма пространственной variability запаса фосфора пахотных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 2 градации, представленные 2 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (88%), выделяется в диапазоне 0,10-0,21 г/см². Запас фосфора пахотных горизонтов основного разреза равен 0,14 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса фосфора пахотных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной variability запаса фосфора пахотных горизонтов в толще 20-25(40) см показывает, что внутри сайта выделяются 2 градации, представленные 2 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (97%), выделяется в диапазоне 0,05-0,15 г/см². Запас фосфора пахотных горизонтов основного разреза равен 0,15 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса фосфора пахотных горизонтов внутри сайта условно однородным.

Сайт ЗИ-21-19. Пространственная вариабельность запаса калия в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-21-19. Пространственная вариабельность запаса калия в толще 20-25 (40) см.

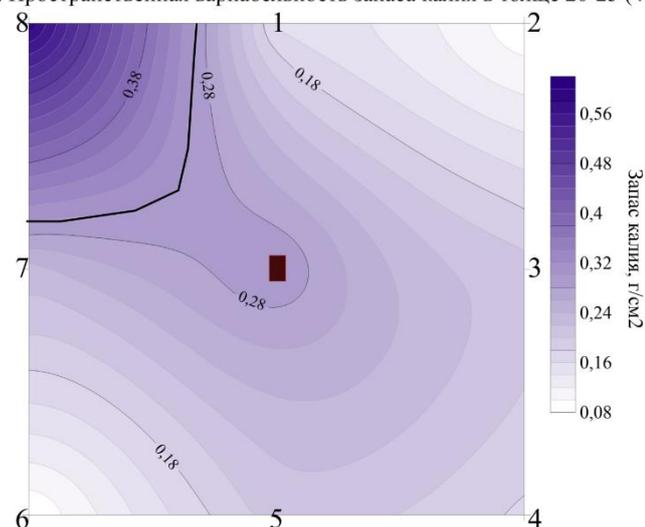


Рисунок 8. Картограммы пространственной вариабельности запаса калия пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса калия пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 8).

Таблица 8. Характеристики пространственной вариабельности в отношении запаса калия пахотных горизонтов сайта ЗИ-21-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса калия, г/см ²	Коэффициент вариации, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	0,32±0,15	46,5	1	1	0,14-0,36	74	0,0075
			2	2	0,36-0,58	12	
				3	0,36-0,58	14	
20-25(40)	0,23±0,15	67,7	1	1	0,08-0,30	88	0,0050
			2	2	0,30-0,62	12	

Картограмма пространственной вариабельности запаса калия пахотных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 2 градации, представленные 3 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (74%), выделяется в диапазоне 0,14-0,36 г/см². Запас калия пахотных горизонтов основного разреза равен 0,28 г/см². Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса калия пахотных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной вариабельности запаса калия пахотных горизонтов в толще 20-25(40) см показывает, что внутри сайта выделяются 2 градации, представленные 2 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (88%), выделяется в диапазоне 0,08-0,30 г/см². Запас калия пахотных горизонтов основного разреза равен 0,30 г/см². Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса калия пахотных горизонтов внутри сайта условно однородным.

Таким образом, по сайту ЗИ-21-19 заметно визуальное сходство картограммы мощности пахотных горизонтов и картограмм нижней гумусовой толщи 20-25(40) см в отношении запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия.

Также по картограммам верхней гумусовой толщи мощностью 0-20 см наблюдается перераспределение и увеличение запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия в 8 и 3 прикопках.

Такое перераспределение запасов элементов питания связано с тем, что верхняя гумусовая толща сайта ЗИ-21-19 мощностью 0-20 см представлена горизонтом P1, нижележащая гумусовая толща 20-25(40) см слагается горизонтом P2, однако в основном разрезе в толщу 20-25(40) см частично попадает горизонт P1. В среднем граница нижней толщи сайта 20-25(40) см достигает $31,7 \pm 5,0$ см, мощность нижней границы горизонта P2 8 и 3 прикопок сильно выбивается, достигая в глубину в 8 прикопке – 40 см, а в 3 прикопке – 35 см.

Основываясь на представленных данных, стоит отметить, что для верхней гумусовой толщи мощностью 0-20 см характерен достаточно низкий коэффициент вариации в отношении запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия, индекс дробности в этой толще в отношении запасов углерода органических соединений и фосфора равен 0,5, по запасам азота и калий – 1 и 0,75 соответственно, что ожидаемо для почв пашни.

- **Сайт ЗИ-223-19 (пашня)**

Почвы сайта ЗИ-223-19 приурочены к почвам пашни, представлены агросерогумусовыми супесчаными почвами на озерных супесях, подстилаемых крупнопылеватыми озерными суглинками (Приложение 2). Прикопки соответствуют классификационному положению основного разреза.

На рисунке 9 представлена пространственная вариабельность мощности пахотных горизонтов в пределах сайта ЗИ-223-19.

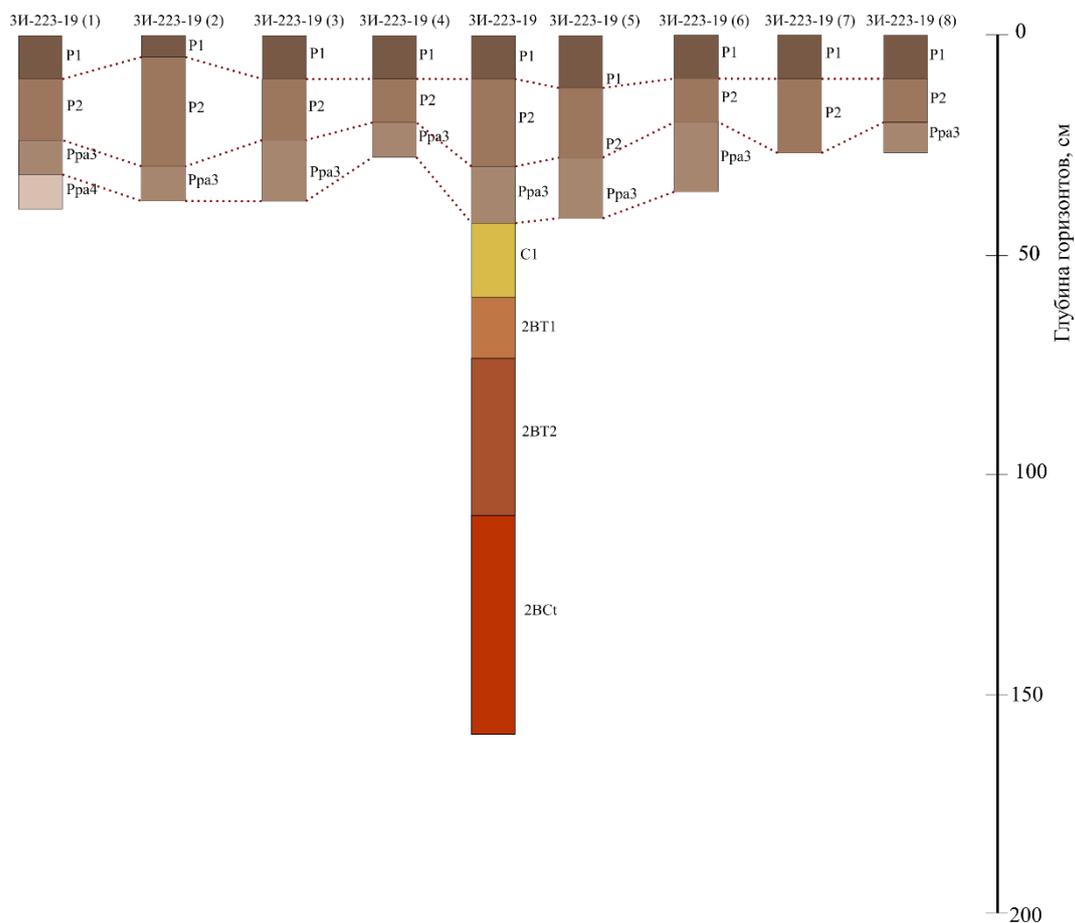


Рисунок 9. Пространственная вариабельность мощности пахотных горизонтов в пределах сайта ЗИ-223-19, см

Как можно видеть, гумусовая толща дифференцируется на 3 горизонта: P1, P2 и Ppa3. Горизонт P1 имеет достаточно ровную границу, которая проходит на глубине 10 см, немного выбивается 2 прикопка с мощностью P1 равной 5 см. Нижние границы горизонтов P2 и Ppa3 сильно волнистые, в 7 прикопке Ppa3 не диагностируется, а в прикопке 1 выделяется Ppa4, в основном разрезе Ppa3 достигает глубины 43 см.

Таким образом, верхняя гумусовая толща сайта ЗИ-223-19 мощностью 0-20 см представлена горизонтом P1 и P2, нижележащая гумусовая толща 20-25(45) см слагается горизонтом P2, Ppa3 и в 1 прикопке Ppa4.

Наглядно в виде картограммы отражена пространственная вариабельность сайта в отношении мощности пахотных горизонтов на рисунке 10.

Сайт ЗИ-223-19. Пространственная вариабельность мощности пахотных горизонтов.

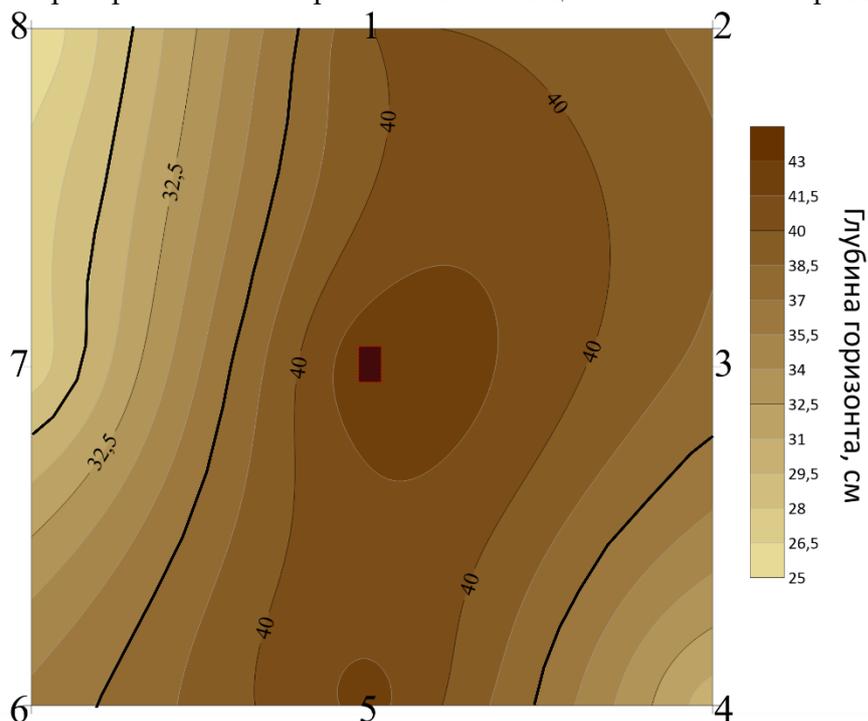


Рисунок 10. Картограмма пространственной вариабельности мощности пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19, см

На основе полученных данных в отношении мощности пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V , %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 9).

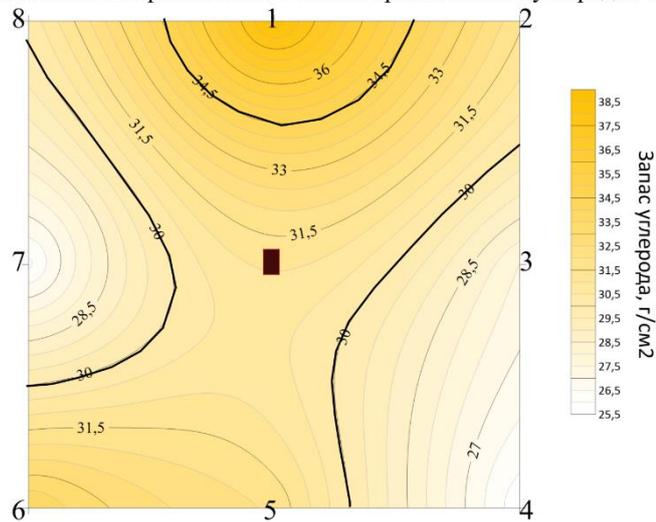
Таблица 9. Характеристики пространственной вариабельности в отношении мощности пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19

Мощность, см	V , %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, см	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
35,4 ± 6,6	18,5	1	1	25,0-29,5	6	0,0100
		2	2	29,5-37,0	22	
			3	29,5-37,0	6	
		3	4	37,0-44,5	66	

Картограмма пространственной variability мощности пахотных горизонтов демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами (зонами). Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (66%), выделяется от 29,5-37,0 см. Мощность гумусовой толщи пахотных горизонтов основного разреза равна 43 см. Поскольку больше 50 % variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение мощности пахотных горизонтов внутри сайта условно однородным.

Также в качестве визуализации данных были построены картограммы запасов углерода органических соединений (рис. 11), азота (рис. 12), фосфора (рис. 13) и калия (рис. 14) пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19.

Сайт ЗИ-223-19. Пространственная variability запаса органического углерода в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-223-19. Пространственная variability запаса органического углерода в толще 20-25(45) см.

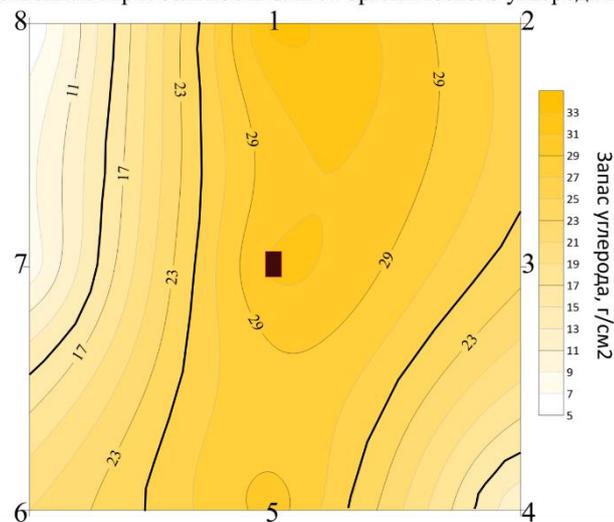


Рисунок 11. Картограммы пространственной variability запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 10).

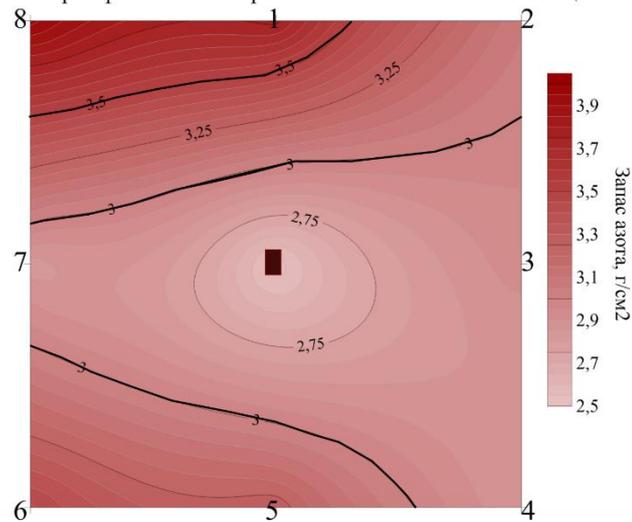
Таблица 10. Характеристики пространственной variability в отношении запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса углерода, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	30,7±4,2	13,6	1	1	25,5-30,0	21	0,0100
				2	25,5-30,0	13	
			2	3	30,0-34,5	58	
			3	4	34,5-39,0	8	
20-25(43)	21,0±10,7	50,9	1	1	5,0-15,0	1	0,0125
				2	5,0-15,0	10	
			2	3	15,0-25,0	12	
				4	15,0-25,0	22	
			3	5	25,0-35,0	55	

Картограмма пространственной variability запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (58%), выделяется в диапазоне 30,0-34,5 г/см². Запас углерода органических соединений пахотных горизонтов основного разреза равен 31,1 г/см². Поскольку больше 50 % variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной variability запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов в толще 20-25(45) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 5 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (55%), выделяется в диапазоне 25,0-35,0 г/см². Запас углерода органических соединений пахотных горизонтов основного разреза равен 31,6 г/см². Поскольку больше 50 % variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса углерода органических соединений пахотных горизонтов в толще 20-25(43) см внутри сайта условно однородным.

Сайт ЗИ-223-19. Пространственная variability запаса азота в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-223-19. Пространственная variability запаса азота в толще 20-27(45) см.

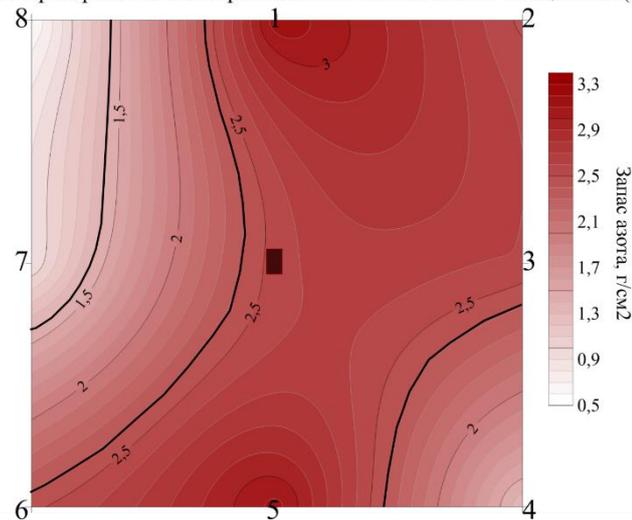


Рисунок 12. Картограммы пространственной variability запаса азота пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса азота пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 11).

Таблица 11. Характеристики пространственной variability в отношении запаса азота пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19

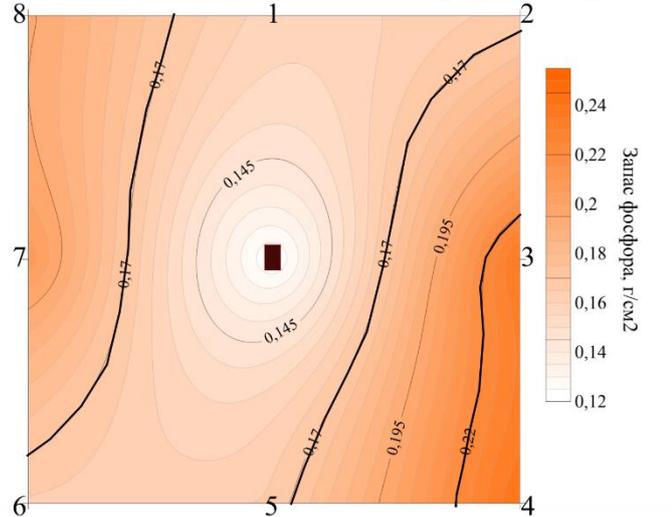
Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса азота, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	3,2±0,5	14,8	1	1	2,5-3,0	53	0,0100
			2	2	3,0-3,5	23	
				3	3,0-3,5	15	
			3	4	3,5-4,05	8	
20-25(43)	2,1±0,9	44,7	1	1	2,4-3,4	59	0,0100
			2	2	1,4-2,4	24	
				3	1,4-2,4	9	
			3	4	0,5-1,4	8	

Картограмма пространственной variability запаса азота пахотных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (53%), выделяется в диапазоне 2,5-3,0 г/см². Запас азота пахотных горизонтов основного разреза равен 2,5 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса азота пахотных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной variability запаса азота пахотных горизонтов в толще 20-25(45) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (59%), выделяется в диапазоне 2,4-3,4 г/см². Запас азота пахотных

горизонтов основного разреза равен $2,5 \text{ г/см}^2$. Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса азота пахотных горизонтов в толще 20-25(45) см внутри сайта условно однородным.

Сайт ЗИ-223-19. Пространственная вариабельность запаса фосфора в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-223-19. Пространственная вариабельность запаса фосфора в толще 20-25 (43) см.

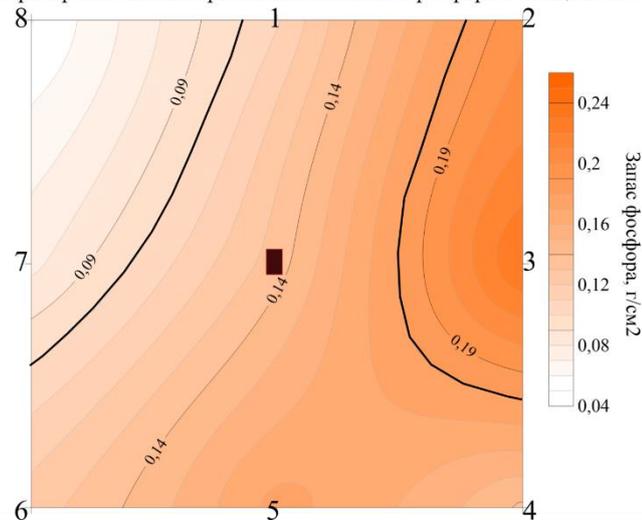


Рисунок 13. Картограммы пространственной вариабельности запаса фосфора пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19, г/см^2

На основе полученных данных в отношении запаса фосфора пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V , %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 12).

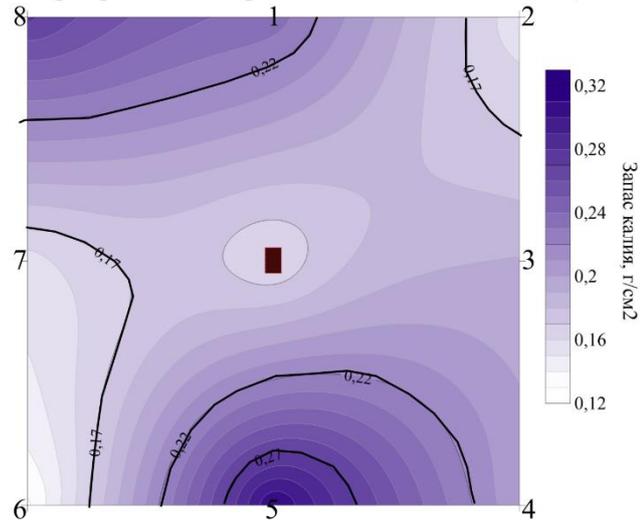
Таблица 12. Характеристики пространственной variability в отношении запаса фосфора пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса фосфора, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	0,18±0,04	21,6	1	1	0,12-0,17	55	0,0100
			2	2	0,17-0,22	19	
				3	0,17-0,22	18	
			3	4	0,22-0,25	8	
20-25(43)	0,14±0,06	41,6	1	1	0,04-0,10	18	0,0075
			2	2	0,10-0,18	66	
			3	3	0,18-0,26	16	

Картограмма пространственной variability запаса фосфора пахотных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (55%), выделяется в диапазоне 0,12-0,17 г/см². Запас фосфора пахотных горизонтов основного разреза равен 0,12 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса фосфора пахотных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной variability запаса фосфора пахотных горизонтов в толще 20-25(43) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 3 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (66%), выделяется в диапазоне 0,10-0,18 г/см². Запас фосфора пахотных горизонтов основного разреза равен 0,14 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса фосфора пахотных горизонтов в толще 20-25(43) см внутри сайта условно однородным.

Сайт ЗИ-223-19. Пространственная вариабельность запаса калия в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-223-19. Пространственная вариабельность запаса калия в толще 20-25 (43) см.

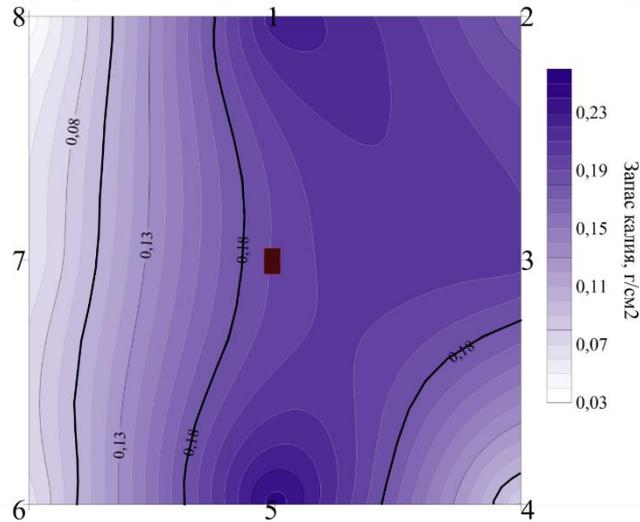


Рисунок 14. Картограммы пространственной вариабельности запаса калия пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса калия пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 13).

Таблица 13. Характеристики пространственной variability в отношении запаса калия пахотных горизонтов сайта ЗИ-223-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса калия, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	0,20±0,06	30,6	1	1	0,12-0,17	9	0,0150
				2	0,12-0,17	2	
			2	3	0,17-0,22	67	
			3	4	0,22-0,27	9	
				5	0,22-0,27	11	
			4	6	0,27-0,33	2	
20-25(43)	0,14±0,08	58,0	1	1	0,03-0,10	13	0,0125
				2	0,03-0,10	меньше 1	
			2	3	0,10-0,18	7	
				4	0,10-0,18	26	
			3	5	0,18-0,26	54	

Картограмма пространственной variability запаса калия пахотных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 4 градации, представленные 6 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (67%), выделяется в диапазоне 0,17-0,22 г/см². Запас калия пахотных горизонтов основного разреза равен 0,16 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса калия пахотных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной variability запаса калия пахотных горизонтов в толще 20-25(43) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 5

элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (54%), выделяется в диапазоне 0,18-0,26 г/см². Запас калия пахотных горизонтов основного разреза равен 0,19 г/см². Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса калия пахотных горизонтов в толще 20-25(43) см внутри сайта условно однородным.

Таким образом, по сайту ЗИ-223-19 заметно визуальное сходство картограммы мощности пахотных горизонтов и картограмм нижней гумусовой толщи 20-25(43) см в отношении запасов углерода органических соединений, азота и калия. Данная закономерность объясняется тем, что самое высокое количество запасов углерода органических соединений, азота и калия приходится на основной разрез, 1 и 5 прикопку, где нижняя граница гумусовой толщи мощностью 20-25(43) достигает глубины 43 см, 40 см и 42 см соответственно, тогда как в среднем граница нижней толщи сайта 20-25(43) см достигает 35 см.

По картограммам нижней гумусовой толщи 20-25(43) см в отношении запасов углерода органических соединений, азота, фосфора, калия заметно, что наименьшее количество запасов элементов питания отмечается в районе 1 прикопки, что связано с диагностированным горизонтом Ppa4 в этой прикопке.

Также перераспределение запасов углерода органических соединений, азота, фосфора, калия частично связано с микрорельефом, формирующимся за счет залегания почвы на почвообразующей породе легкого гранулометрического состава, представленной озерными супесями, подстилаемыми крупнопылеватыми озерными суглинками.

Основываясь на представленных данных, стоит отметить, что для верхней гумусовой толщи сайта ЗИ-223-19 мощностью 0-20 см характерны достаточно высокие коэффициент вариации запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия, индекс дробности относительно сайта пашни ЗИ-21-19, в профиле основного разреза и прикопок диагностируются, помимо горизонтов P1 и P2, горизонты Ppa3 и Ppa4, что в совокупности указывает на частичное забрасывание пашни.

- **Сайт 3-37-19 (залежь, 7-9 лет)**

Почвы сайта 3-37-19 приурочены к почвам залежи. Возраст залежи – 7-9 лет, в настоящий момент на данной территории на месте пахотной почвы сформировался агрозём текстурно-дифференцированный постагрогенный на покровных суглинках, подстилаемых карбонатной мореной (Приложение 3). Прикопки соответствуют классификационному положению основного разреза.

На рисунке 15 представлена пространственная вариабельность мощности постагрогенных горизонтов в пределах сайта 3-37-19.

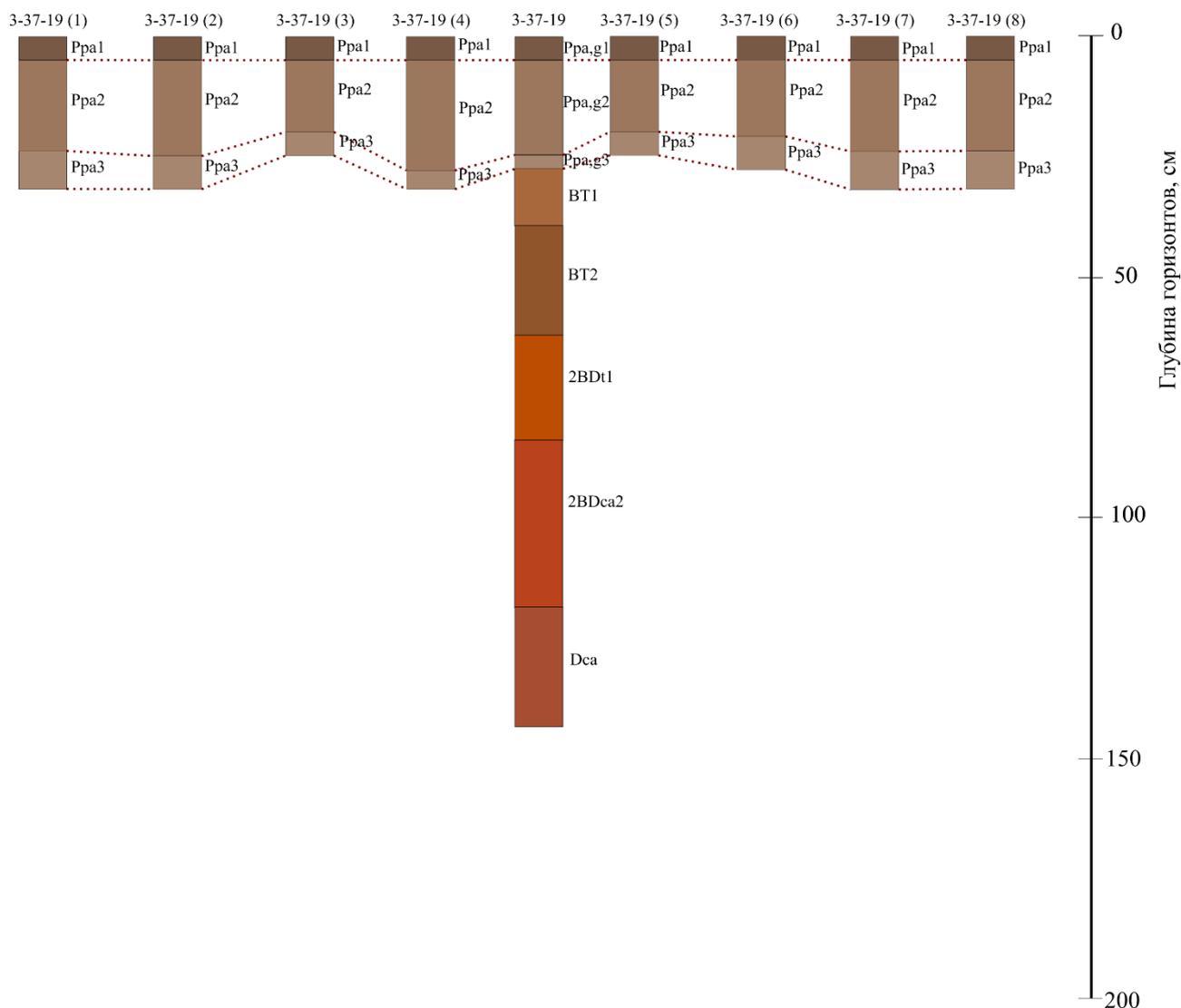


Рисунок 15. Пространственная вариабельность мощности постагрогенных горизонтов в пределах сайта 3-37-19, см

Как можно видеть, гумусовая толща дифференцируется на 3 горизонта: Ppa1, Ppa2 и Ppa3. Горизонт Ppa1 имеет ровную границу, которая проходит на глубине 5 см. Нижние границы горизонтов Ppa2 и Ppa3 слабоволнистые, немного выбиваются 3 и 5 прикопки, нижняя граница Ppa3 которых достигает глубины 25 см, тогда как в среднем по сайту Ppa3 выделяется до глубины $29,5 \pm 3,1$ см.

Таким образом, верхняя гумусовая толща сайта 3-37-19 мощностью 0-20 см представлена горизонтом Ppa1 и Ppa2, нижележащая гумусовая толща 20-25(32) см слагается горизонтом Ppa2 и Ppa3.

Наглядно в виде картограммы отражена пространственная вариабельность сайта в отношении мощности постагрогенных горизонтов на рисунке 16.

Сайт 3-37-19. Пространственная вариабельность мощности пахотных горизонтов.

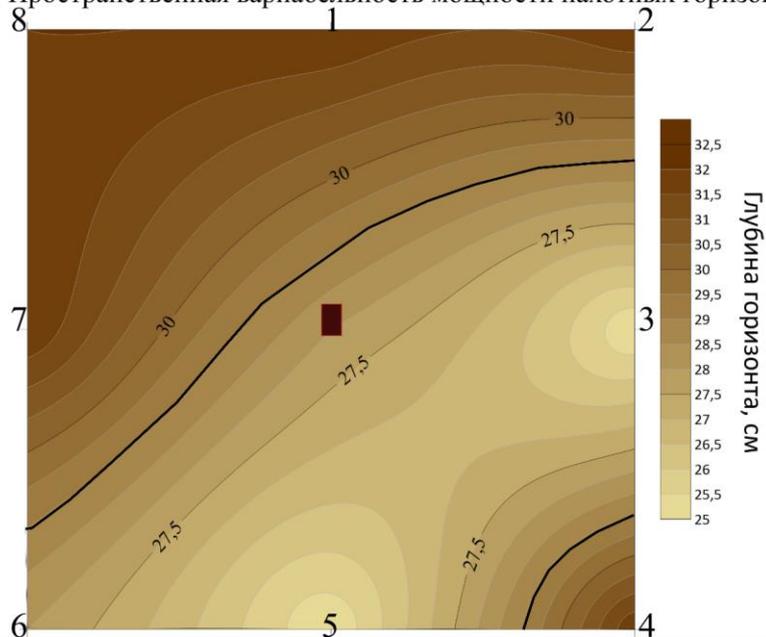


Рисунок 16. Картограмма пространственной вариабельности мощности постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19, см

На основе полученных данных в отношении мощности постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 14).

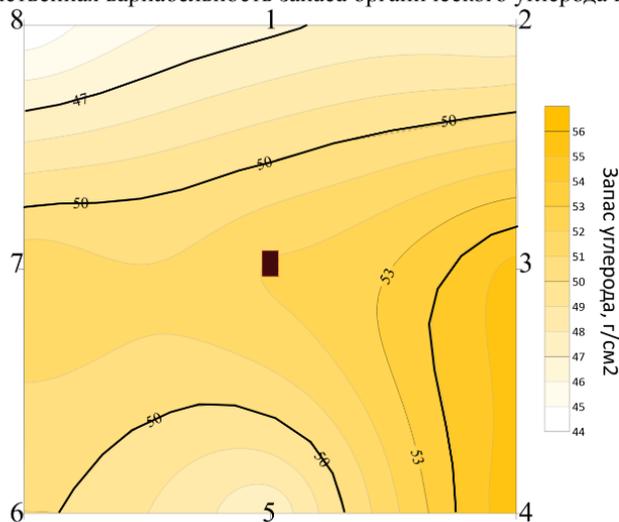
Таблица 14. Характеристики пространственной вариабельности в отношении мощности постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19

Мощность, см	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, см	Доля, занимаема я ареалом, %	ИД
29,5 ± 3,1	10,4	1	1	25-29	54	0,0075
		2	2	29-33	44	
			3	29-33	2	

Картограмма пространственной variability мощности постагрогенных горизонтов демонстрирует, что внутри сайта выделяются 2 градации, представленные 3 элементарными почвенными ареалами (зонами). Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (54%), выделяется от 25,0 до 29,0 см. Мощность гумусовой толщи постагрогенных горизонтов основного разреза равна 28,0 см. Поскольку больше 50 % variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение мощности постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Также в качестве визуализации данных были построены картограммы запасов углерода органических соединений (рис. 17), азота (рис. 18), фосфора (рис. 19) и калия (рис. 20) постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19.

Сайт 3-37-19. Пространственная variability запаса органического углерода в толще 0-20 см.



Сайт 3-37-19. Пространственная variability запаса органического углерода в толще 20-25(32) см.

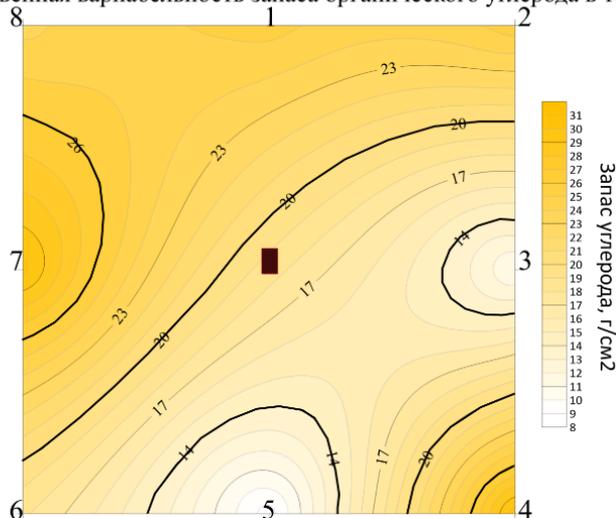


Рисунок 17. Картограммы пространственной variability запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 15).

Таблица 15. Характеристики пространственной вариабельности в отношении запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19

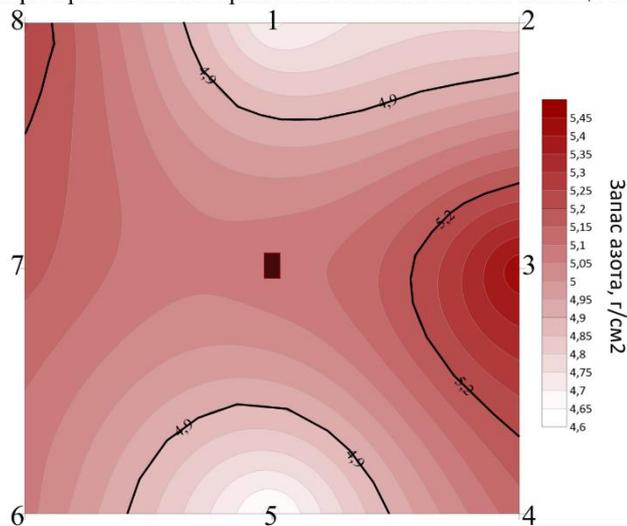
Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса углерода, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	50,0±4,1	8,2	1	1	44,0-47,0	5	0,0125
			2	2	47,0-50,0	23	
				3	47,0-50,0	9	
			3	4	50,0-53,0	55	
			4	5	53,0-57,0	8	
20-25(32)	21,3±7,9	37,2	1	1	8,0-14,0	6	0,0175
				2	8,0-14,0	2	
			2	3	14,0-20,0	50	
			3	4	20,0-26,0	4	
				5	20,0-26,0	31	
			4	6	26,0-32,0	1	
				7	26,0-32,0	6	

Картограмма пространственной вариабельности запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 4 градации, представленные 5 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (55%), выделяется в

диапазоне 50,0-53,0 г/см². Запас углерода органических соединений постагрогенных горизонтов основного разреза равен 52,2 г/см². Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной вариабельности запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов в толще 20-25(32) см показывает, что внутри сайта выделяются 4 градации, представленные 7 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (50%), выделяется в диапазоне 14,0-20,0 г/см². Запас углерода органических соединений постагрогенных горизонтов основного разреза равен 18,5 г/см². Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов в толще 20-25(32) см внутри сайта условно однородным.

Сайт 3-37-19. Пространственная вариабельность запаса азота в толще 0-20 см.



Сайт 3-37-19. Пространственная вариабельность запаса азота в толще 20-25(32) см.

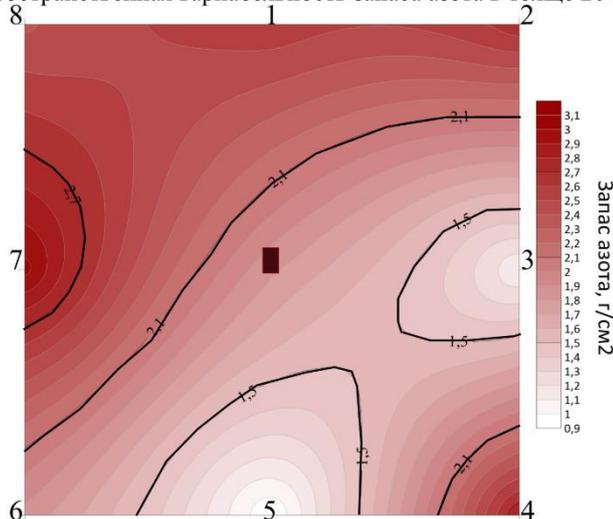


Рисунок 18. Картограммы пространственной вариабельности запаса азота постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса азота постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 16).

Таблица 16. Характеристики пространственной вариабельности в отношении запаса азота постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19

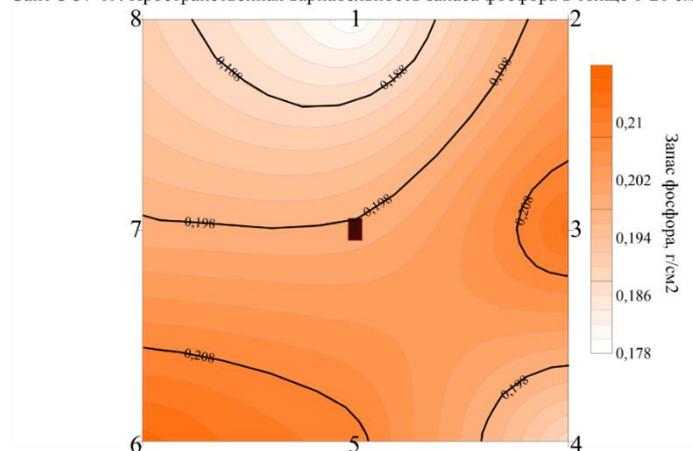
Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса азота, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	4,9±0,3	6,4	1	1	4,6-4,9	10	0,0125
				2	4,6-4,9	8	
			2	3	4,9-5,2	73	
			3	4	5,2-5,5	8	
				5	5,2-5,5	1	
20-25(32)	2,3±0,8	35,5	1	1	0,9-1,5	5	0,0150
				2	0,9-1,5	10	
			2	3	1,5-2,1	41	
			3	4	2,1-2,7	2	
				5	2,1-2,7	39	
			4	6	2,7-3,2	3	

Картограмма пространственной вариабельности запаса азота постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 5 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (73%), выделяется в диапазоне 4,9-5,2 г/см². Запас

азота постагрогенных горизонтов основного разреза равен $5,1 \text{ г/см}^2$. Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса азота постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной вариабельности запаса азота постагрогенных горизонтов в толще 20-25(32) см показывает, что внутри сайта выделяются 4 градации, представленные 6 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (41%), выделяется в диапазоне $1,5-2,1 \text{ г/см}^2$. Запас азота постагрогенных горизонтов основного разреза равен $1,8 \text{ г/см}^2$. Общая вариабельности не совпадает с основным разрезом, и не выделяется ареал, занимающий больше 50% сайта, следовательно, распределение запаса азота в толще 20-25(32) см внутри сайта 3-37-19 нельзя назвать однородным.

Сайт 3-37-19. Пространственная вариабельность запаса фосфора в толще 0-20 см.



Сайт 3-37-19. Пространственная вариабельность запаса фосфора в толще 20-25 (32) см.

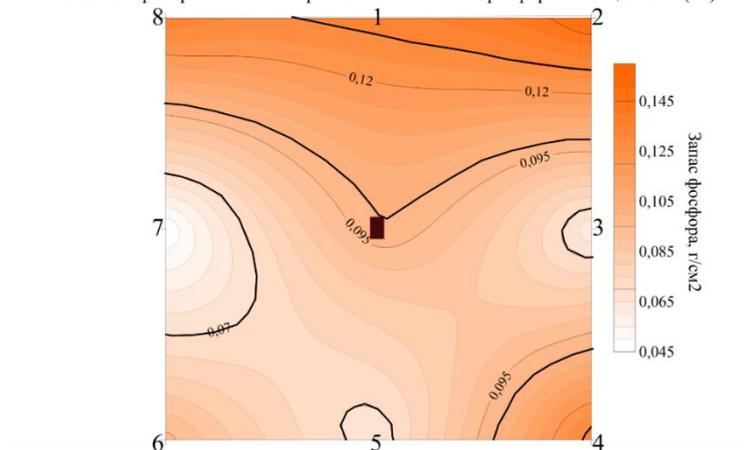


Рисунок 19. Картограммы пространственной вариабельности запаса фосфора постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19, г/см^2

На основе полученных данных в отношении запаса фосфора постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 17).

Таблица 17. Характеристики пространственной вариабельности в отношении запаса фосфора постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса фосфора, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	0,20±0,01	6,0	1	1	0,178-0,188	8	0,0150
			2	2	0,188-0,198	27	
				3	0,188-0,198	3	
			3	4	0,198-0,208	51	
			4	5	0,208-0,218	8	
				6	0,208-0,218	2	
20-25(32)	0,10±0,04	37,5	1	1	0,045-0,070	7	0,0175
				2	0,045-0,070	1	
				3	0,045-0,070	1	
			2	4	0,070-0,100	56	
			3	5	0,100-0,130	3	
				6	0,100-0,130	27	
				7	0,130-0,160	5	

Картограмма пространственной вариабельности запаса фосфора постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 4 градации,

представленные 6 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (51%), выделяется в диапазоне 0,198-0,208 г/см². Запас фосфора постагрогенных горизонтов основного разреза равен 0,20 г/см². Поскольку больше 50% варибельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса фосфора постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной варибельности запаса фосфора постагрогенных горизонтов в толще 20-25(32) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 7 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (56%), выделяется в диапазоне 0,070-0,100 г/см². Запас фосфора постагрогенных горизонтов основного разреза равен 0,10 г/см². Поскольку больше 50% варибельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса фосфора постагрогенных горизонтов в толще 20-25(32) см внутри сайта условно однородным.

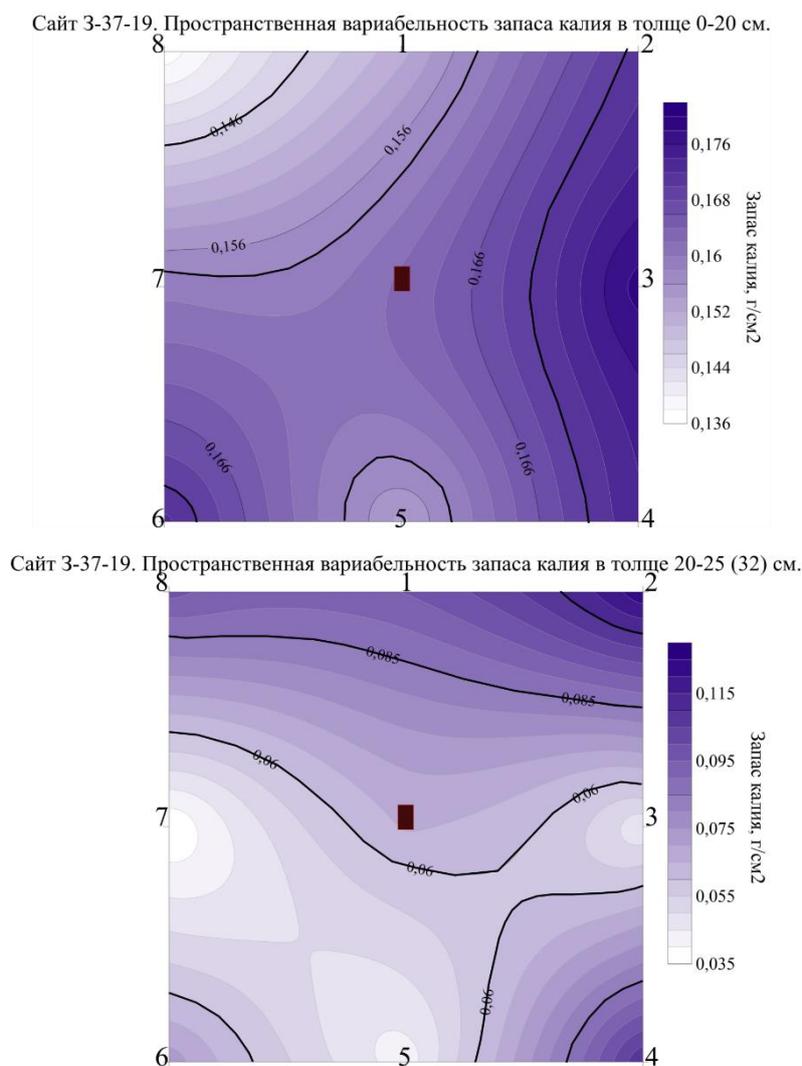


Рисунок 20. Картограммы пространственной варибельности запаса калия постагрогенных горизонтов сайта 3-37-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса калия постагrogenных горизонтов сайта 3-37-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 18).

Таблица 18. Характеристики пространственной вариабельности в отношении запаса калия постагrogenных горизонтов сайта 3-37-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса калия, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	0,16±0,01	8,3	1	1	0,136-0,146	4	0,0150
			2	2	0,146-0,158	20	
				3	0,146-0,158	2	
			3	4	0,158-0,170	58	
			4	5	0,170-0,182	16	
				6	0,170-0,182	меньше 1	
20-25(32)	0,08±0,03	41,7	1	1	0,035-0,060	42	0,0175
			2	2	0,060-0,085	31	
				3	0,060-0,085	9	
				4	0,060-0,085	2	
			3	5	0,085-0,110	2	
				6	0,085-0,110	13	
			4	7	0,110-0,130	1	

Картограмма пространственной вариабельности запаса калия постагrogenных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 4 градации,

представленные 6 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (58%), выделяется в диапазоне 0,158-0,170 г/см². Запас калия постагрогенных горизонтов основного разреза равен 0,16 г/см². Поскольку больше 50% варибельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса калия постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной варибельности запаса калия постагрогенных горизонтов в толще 20-25(32) см показывает, что внутри сайта выделяются 4 градации, представленные 7 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает 31% сайта, выделяется в диапазоне 0,060-0,085 г/см². Запас калия постагрогенных горизонтов основного разреза равен 0,065 г/см². Общая варибельности не совпадает с основным разрезом, и не выделяется ареал, занимающий больше 50% сайта, следовательно, распределение запаса азота в толще 20-25(32) см внутри сайта 3-37-19 нельзя назвать однородным.

Основываясь на представленных данных, стоит отметить, что для верхней части гумусовых толщ мощностью 0-20 см сайта 3-37-19 характерны невысокие коэффициенты вариации, сопоставимые с данными по сайту ЗИ-21-19, относящемуся к пашне, а для нижележащей толщи сайта мощностью 20-25(30) см – достаточно высокие значения индекса дробности, что связано с большим количеством ареалов, выделяемых в пределах сайта. По запасам калия и азота в нижней части гумусовой толщи 20-25(32) см пробная площадка характеризуется, как неоднородная, поскольку на сайте не выделяется один ареал, занимающий более 50% сайта.

По картограммам сайта 3-37-19 заметно, что в нижней части гумусовой толщи 20-25(32) см неизменно наблюдается понижение запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия в районе 3 и 5 прикопок, связанное с малой мощностью гумусовых горизонтов этих прикопок.

Перераспределение запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия частично связано с деятельностью почвенной мезофауны, поскольку на территории сайта встречались муравейники и мышьиные городки.

- **Сайт ЗИ-223а-19 (залежь, 30 лет)**

Почвы сайта ЗИ-223а-19 приурочены к почвам залежи. Возраст залежи – 30 лет, в настоящий момент на данной территории на месте пахотной почвы сформировалась серогумусовая постагрогенная супесчаная почва на озерных супесях, подстилаемых

крупнопылеватыми озерными суглинками (Приложение 4). Прикопки соответствуют классификационному положению основного разреза.

На рисунке 21 представлена пространственная вариабельность мощности постагрогенных горизонтов в пределах сайта ЗИ-223а-19.

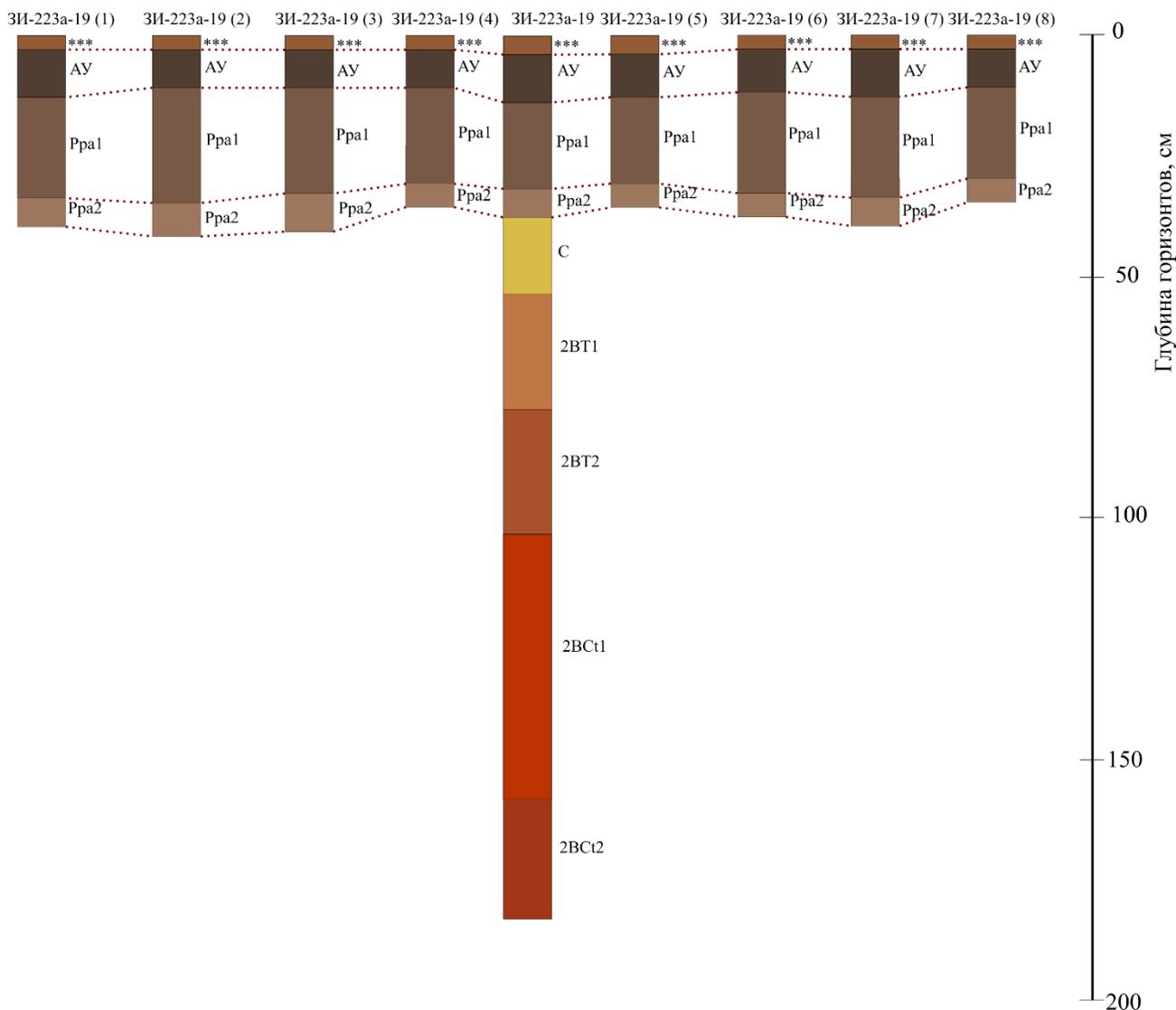


Рисунок 21. Пространственная вариабельность мощности постагрогенных горизонтов в пределах сайта ЗИ-223а-19, см

Как можно видеть, гумусовая толща дифференцируется на 3 горизонта: АУ, Ppa1, Ppa2. Новообразованный горизонт АУ имеет достаточно ровную границу, которая проходит на глубине 8 см, немного выбиваются основной разрез, 1 и 7 прикопки с мощностью АУ равной 10 см. Нижние границы горизонтов Ppa1 и Ppa2 слабоволнистые, немного выбиваются 2, 3 и 7 прикопки, нижняя граница Ppa2 которых 39 см, 38 см и 37 см соответственно.

Таким образом, верхняя гумусовая толща сайта ЗИ-223а-19 мощностью 0-20 см представлена горизонтом АУ и Ppa1, нижележащая гумусовая толща 20-32(39) см складывается горизонтом Ppa1 и Ppa2.

Наглядно в виде картограммы отражена пространственная вариабельность сайта в отношении мощности постагрогенных горизонтов на рисунке 16.

Сайт ЗИ-223а-19. Пространственная вариабельность мощности пахотных горизонтов.

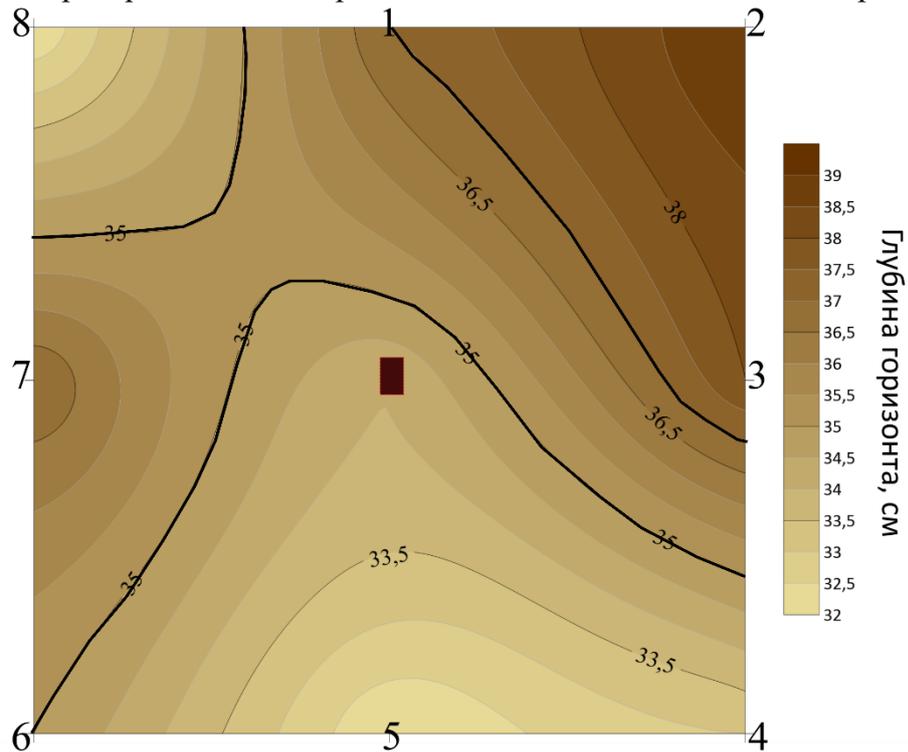


Рисунок 22. Картограмма пространственной вариабельности мощности постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19, см

На основе полученных данных в отношении мощности постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 14).

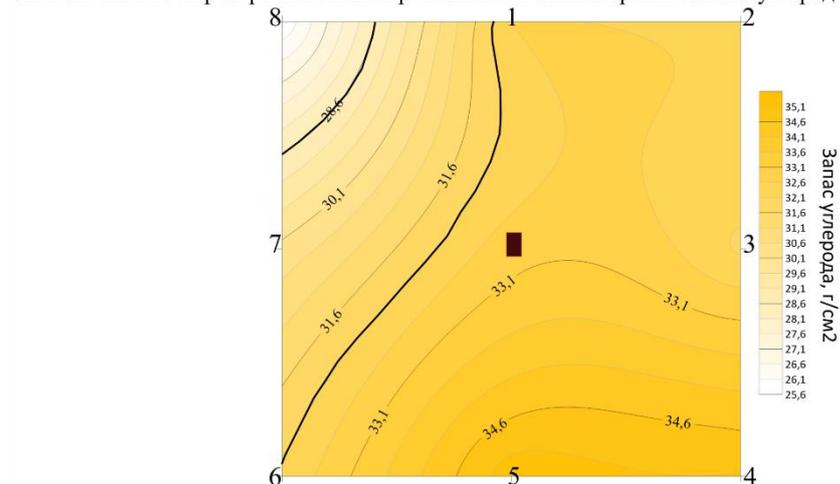
Таблица 19. Характеристики пространственной variability в отношении мощности постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19

Мощность, см	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, см	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
35,2 ± 2,7	7,5	1	1	32-35	46	0,0100
			2	32-35	7	
		2	3	35-37	35	
		3	4	37-39,5	12	

Картограмма пространственной variability мощности постагрогенных горизонтов демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами (зонами). Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (46%), выделяется от 32,0 до 35,0 см. Мощность гумусовой толщи постагрогенных горизонтов основного разреза равна 34 см. Поскольку контура ареалов выделены на основе визуальной оценки, а распределение мощности постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19 гораздо более однородно (коэффициент вариации равен 7,5), чем распределение мощности пахотных горизонтов сайтов ЗИ-21-19 и ЗИ-223а-19, и приравнивается к одной зоне сайтов ЗИ-21-19 и ЗИ-223а-19, приуроченных к пашне, можно считать распределение мощности пахотных горизонтов внутри сайта ЗИ-223а-19 условно однородным.

Также в качестве визуализации данных были построены картограммы запасов углерода органических соединений (рис. 17), азота (рис. 18), фосфора (рис. 19) и калия (рис. 20) постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19.

Сайт ЗИ-223а-19. Пространственная вариабельность запаса органического углерода в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-223а-19. Пространственная вариабельность запаса органического углерода в толще 20-32(39) см.

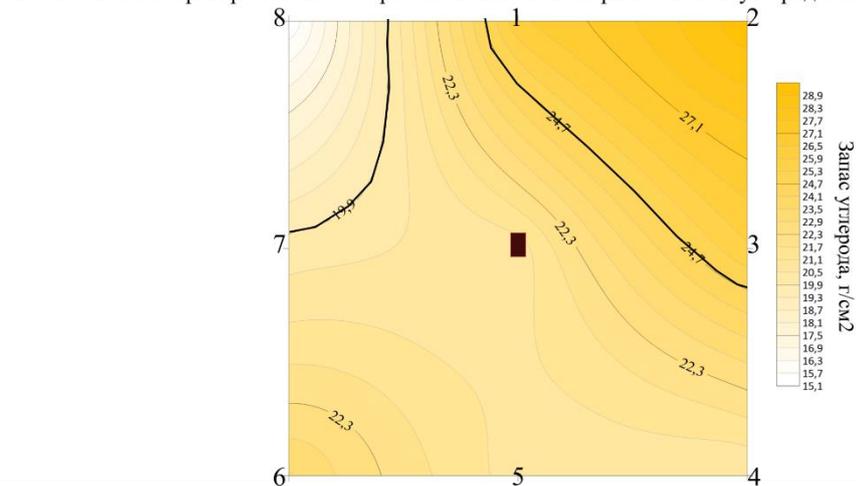


Рисунок 23. Картограммы пространственной вариабельности запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 10).

Таблица 20. Характеристики пространственной variability в отношении запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19

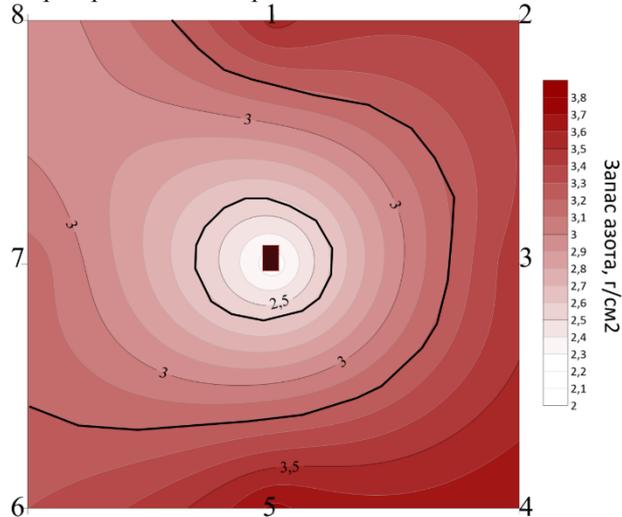
Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса углерода, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	32,1±2,9	19,0	1	1	25,6-28,6	6	0,0075
			2	2	28,6-32,1	24	
			3	3	32,1-35,6	70	
20-32(39)	22,5±4,2	18,8	1	1	15,1-19,9	15	0,0075
			2	2	19,9-24,7	62	
			3	3	24,7-29,5	23	

Картограмма пространственной variability запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 3 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (70%), выделяется в диапазоне 32,1-35,6 г/см². Запас углерода органических соединений постагрогенных горизонтов основного разреза равен 32,9 г/см². Поскольку больше 50 % variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной variability запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов в толще 20-32(39) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 3 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (62%), выделяется в диапазоне 19,9-24,7 г/см². Запас углерода органических соединений постагрогенных горизонтов основного разреза равен 20,8 г/см². Поскольку больше 50 % variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса углерода органических соединений постагрогенных горизонтов в толще 20-32(39) см внутри сайта условно однородным.

соединений постагрогенных горизонтов в толще 20-32(39) см внутри сайта условно однородным.

Сайт ЗИ-223а-19. Пространственная вариабельность запаса азота в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-223а-19. Пространственная вариабельность запаса азота в толще 20-32(39) см.

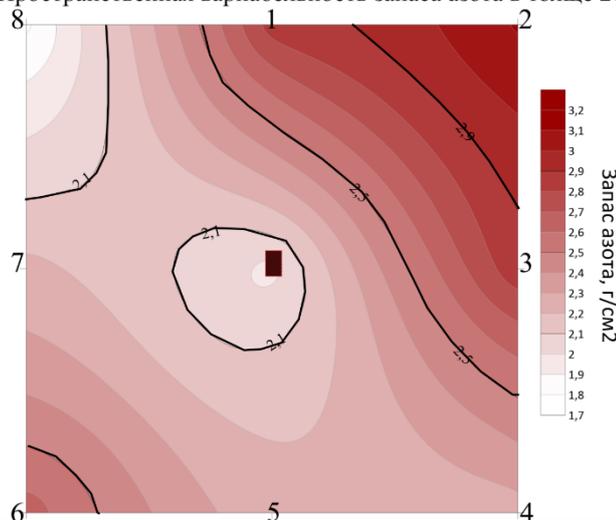


Рисунок 24. Картограммы пространственной вариабельности запаса азота постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса азота постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 11).

Таблица 21. Характеристики пространственной variability в отношении запаса азота постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса азота, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	3,2±0,4	12,9	1	1	2,0-2,6	5	0,0075
			2	2	2,6-3,2	48	
			3	3	3,2-3,9	47	
20-32(39)	2,4±0,4	18,5	1	1	1,7-2,1	5	0,0150
				2	1,7-2,1	5	
			2	3	2,1-2,5	56	
			3	4	2,5-2,9	28	
				5	2,5-2,9	2	
			4	6	2,9-3,3	4	

Картограмма пространственной variability запаса азота постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 3 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает небольшую часть сайта (5%), выделяется в диапазоне 2,0-2,6 г/см². Запас азота постагрогенных горизонтов основного разреза равен 2,4 г/см². Общая variability не совпадает с основным разрезом, возможно основной разрез был выбран не очень удачно для оценки запаса азота постагрогенных горизонтов, однако в целом по сайту коэффициент вариации запаса азота достаточно низкий.

Картограмма пространственной variability запаса азота постагрогенных горизонтов в толще 20-32(39) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 6 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает небольшую часть сайта (5%), выделяется в диапазоне 2,4-3,4 г/см². Запас азота постагрогенных горизонтов основного разреза равен 2,0 г/см². Общая variability не

совпадает с основным разрезом, однако более 50% вариабельности совпадает с зоной 4, 5 и 7 прикопки, в которая выделяется в диапазоне 2,1-2,5 г/см², следовательно, можно считать распределение запаса азота постагrogenных горизонтов в толще 20-32(39) см внутри сайта условно однородным.

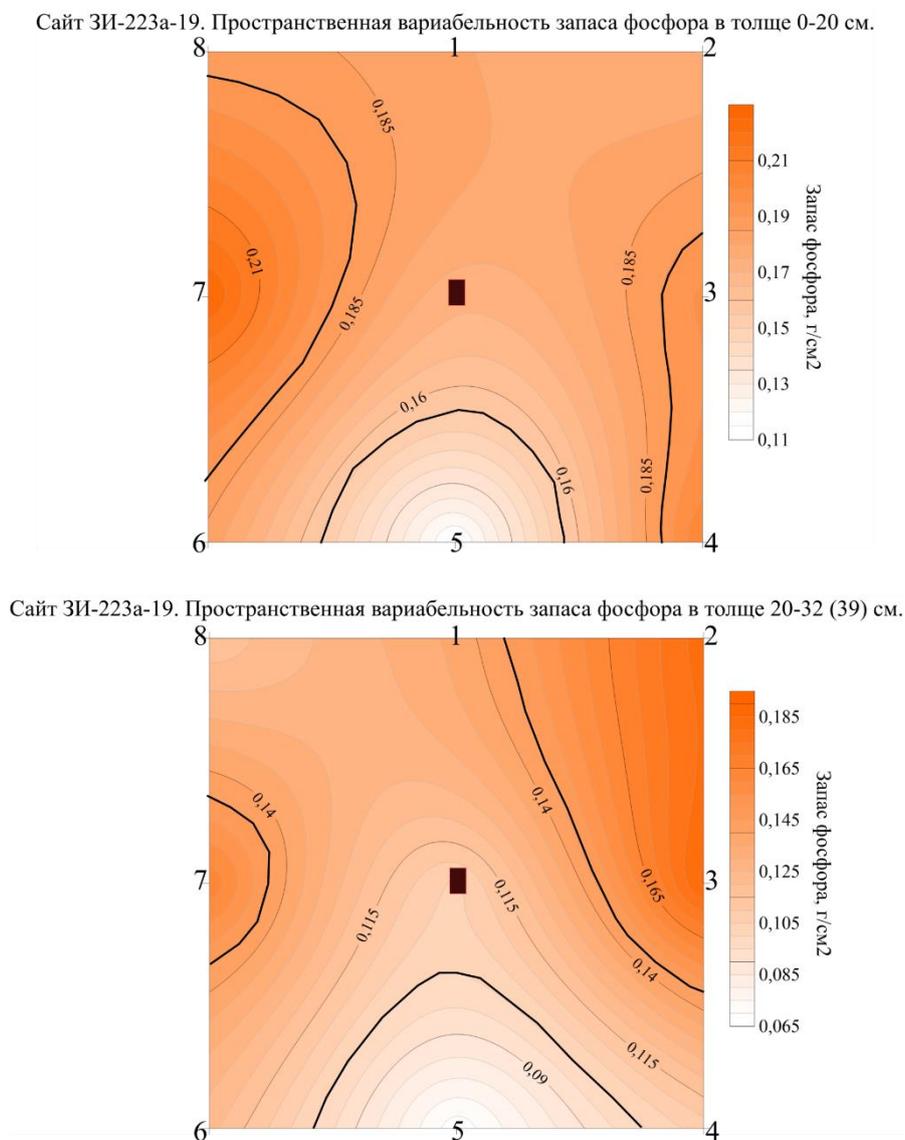


Рисунок 25. Картограммы пространственной вариабельности запаса фосфора постагrogenных горизонтов сайта ЗИ-223а-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса фосфора постагrogenных горизонтов сайта ЗИ-223а-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 12).

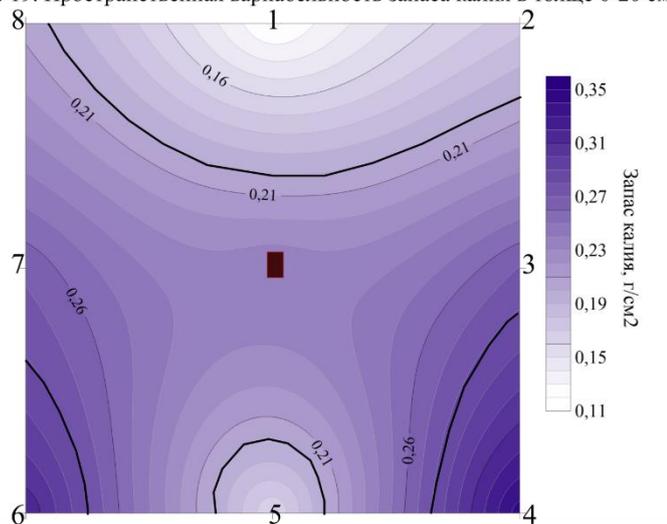
Таблица 22. Характеристики пространственной variability в отношении запаса фосфора постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса фосфора, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	0,18±0,03	16,8	1	1	0,11-0,15	12	0,0100
			2	2	0,15-0,19	61	
			3	3	0,19-2,30	9	
				4	0,19-2,30	18	
20-32(39)	0,13±0,04	30,2	1	1	0,065-0,100	14	0,0100
			2	2	0,100-0,145	65	
			3	3	0,145-0,195	17	
				4	0,145-0,195	4	

Картограмма пространственной variability запаса фосфора постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (61%), выделяется в диапазоне 0,15-0,19 г/см². Запас фосфора постагрогенных горизонтов основного разреза равен 0,17 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса фосфора постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной variability запаса фосфора постагрогенных горизонтов в толще 20-32(39) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 4 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (65%), выделяется в диапазоне 0,100-0,145 г/см². Запас фосфора постагрогенных горизонтов основного разреза равен 0,10 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса фосфора постагрогенных горизонтов в толще 20-32(39) см внутри сайта условно однородным.

Сайт ЗИ-223а-19. Пространственная вариабельность запаса калия в толще 0-20 см.



Сайт ЗИ-223а-19. Пространственная вариабельность запаса калия в толще 20-32 (39) см.

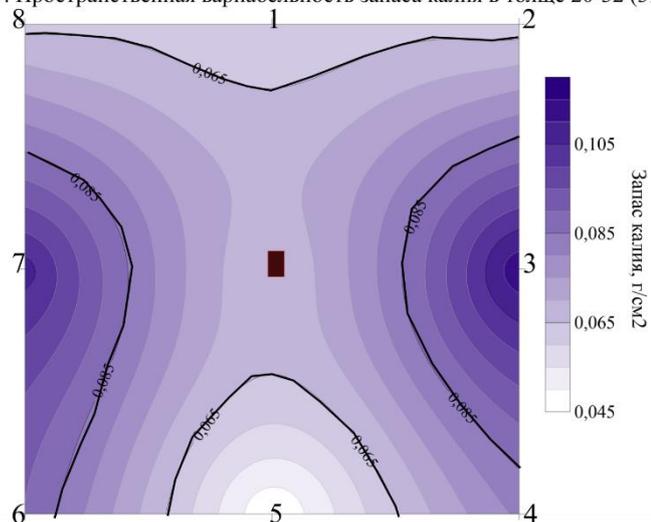


Рисунок 26. Картограммы пространственной вариабельности запаса калия постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19, г/см²

На основе полученных данных в отношении запаса калия постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19 были рассчитаны коэффициент вариации (V, %), индекс дробности (ИД) и доля в %, занимаемая каждой зоной сайта (табл. 13).

Таблица 23. Характеристики пространственной variability в отношении запаса калия постагрогенных горизонтов сайта ЗИ-223а-19

Мощность исследуемой толщи, см	Среднее содержание запаса калия, г/см ²	V, %	Градации	Ареалы	Диапазон выделения ареалов, г/см ²	Доля, занимаемая ареалом, %	ИД
0-20	0,23±0,08	32,3	1	1	0,11-0,20	21	0,0125
				2	0,11-0,20	4	
			2	3	0,20-0,28	67	
			3	4	0,28-0,36	5	
				5	0,28-0,36	3	
20-32(39)	0,08±0,02	34,4	1	1	0,045-0,065	8	0,0125
				2	0,045-0,065	4	
			2	3	0,065-0,085	72	
			3	4	0,085-0,12	7	
				5	0,085-0,12	9	

Картограмма пространственной variability запаса калия постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см демонстрирует, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 5 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (67%), выделяется в диапазоне 0,20-0,28 г/см². Запас калия постагрогенных горизонтов основного разреза равен 0,24 г/см². Поскольку больше 50% variability совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса калия постагрогенных горизонтов в толще 0-20 см внутри сайта условно однородным.

Картограмма пространственной variability запаса калия постагрогенных горизонтов в толще 20-32(39) см показывает, что внутри сайта выделяются 3 градации, представленные 5 элементарными почвенными ареалами. Основной разрез принадлежит зоне, которая занимает большую часть сайта (72%), выделяется в диапазоне 0,065-0,085 г/см². Запас

калия постагрогенных горизонтов основного разреза равен $0,065 \text{ г/см}^2$. Поскольку больше 50% вариабельности совпадает с основным разрезом, можно считать распределение запаса калия постагрогенных горизонтов в толще 20-32(39) см внутри сайта условно однородным.

Таким образом, по сайту ЗИ-223а-19 заметно визуальное сходство картограмм верхней гумусовой толщи мощностью 0-20 см и нижней гумусовой толщи 20-32(39) см в отношении запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия. Данная закономерность объясняется тем, что при отсутствии обработки агротехникой, усредняющей верхнюю гумусовую толщу мощностью 0-20 см, элементы питания постепенно начинают перераспределяться по всей мощности гумусовых горизонтов.

Также перераспределение запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия частично связано с микрорельефом, формирующимся за счет залегания почвы на почвообразующей породе легкого гранулометрического состава, представленной озерными супесями, подстилаемыми крупнопылеватыми озерными суглинками.

Основываясь на представленных данных, стоит отметить, что для верхней и нижней гумусовых толщ сайта ЗИ-223а-19 характерны достаточно низкие значения, схожие с показателями сайтов ЗИ-21-19 и ЗИ-223-19, приуроченных к пашням, коэффициента вариации, запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия, что указывает на незначительное варьирование этих параметров внутри сайта ЗИ-223а-19.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено заметное варьирование строения пахотных горизонтов почв, находящихся в обработке (основной разрез и прикопки) внутри сайтов: для суглинистых разностей выделено два пахотных горизонта, для супесчаных – в основном три. Для суглинистой почвы молодой залежи выделено два постагрогенных горизонта; для почвы зрелой супесчаной залежи, поверх двух постагрогенных горизонтов диагностирован вновь образованный горизонт АУ и дернина. Установлено уменьшение варьирования по мощности постагрогенных горизонтов почв залежей с увеличением их возраста.
2. В слое 0 – 20 см прогумусированной толщи выявлен узкий размах варьирования запасов углерода в пахотных почвах и почвах молодой залежи и более широкий размах варьирования – в почве зрелой залежи. В нижней гумусовой толще в этом ряду низкие величины коэффициента V запасов углерода характерны для почв молодой и зрелой залежей, а высокие величины этого показателя – для пахотных почв. Варьирование запасов углерода верхней 0 – 20 см и нижней 20 – 32(39) см прогумусированных толщ зрелой пашни практически совпадают. Следовательно, с увеличением срока залежности почв варьирование по запасам углерода уменьшается.
3. В слое 0 – 20 см прогумусированной толщи выявлен узкий размах варьирования запасов азота, фосфора и калия в пахотных почвах и почвах молодой залежи и более широкий размах варьирования – в почве зрелой залежи. В нижней гумусовой толще узкий размах варьирования запасов азота, фосфора и калия характерен для почв молодой и зрелой залежей, более широкий – для пахотных почв. Следовательно, с увеличением залежности почв варьирование по запасам азота, фосфора и калия уменьшается.
4. Наименьшее количество выделенных ареалов по мощности, запасам углерода, азота, фосфора и калия характерно для пахотных почв и почв зрелой залежи, наибольшее – для почв молодой залежи, что связано с перераспределением мощности и запасов углерода органических соединений, азота, фосфора и калия под действием почвенной мезофауны.
5. Верифицировано положение основного разреза для каждого из четырех сайтов относительно морфологии и свойств, а именно: для сайтов ЗИ-21-19, представленного агродерново-подзолистыми почвами пашни на двучлене, ЗИ-223-19, представленного агросерогумусовыми супесчаными пахотными почвами на двучлене, и З-37-19, представленного агрозёмами текстурно-

дифференцированными постагрогенными на двучлене, приуроченными к почвам молодой залежи 7-9 лет, больше 50% вариабельности запасов углерода, азота, фосфора и калия совпадает с основными разрезами этих сайтов, следовательно, заложение основных разрезов было верным.

Однако для сайта ЗИ-223а-19, представленного серогумусовыми постагрогенными супесчаными почвами на двучлене, приуроченными к почвам зрелой залежи 30 лет, правильность заложения основного разреза вызывает сомнения, поскольку общая вариабельность сайта в отношении запасов азота не совпадает с основным разрезом, основной разрез принадлежит зоне, которая занимает небольшую часть сайта (5%). Полученные данные должны использоваться при интерпретации мониторинговых исследований почв основных разрезов сайтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / Под редакцией акад. Г. А. Романенко. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. — с.
2. Атлас Ярославской области. — М.: ГУГК, 1964. - 28 с.
3. Биологическая продуктивность лесов Поволжья. — М.: Наука, 1982. — 283 с.
4. Богачев В.К. Зональное положение и ботанико-географическое районирование Ярославского Поволжья// Ботанический журнал. — 1963. — Т. 49. - №12. — с. 1725-1749.
5. Воскресенский С.С. Геоморфология СССР. — М.: Высшая школа, 1986. — 368 с.
6. Высоцкий Г.Н. Покрововедение// Ученые записки Белорусского государственного ин-та сельского и лесного хозяйства. — Минск, 1925.
7. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваяева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности почв. М.: ГЕОС, 2010. — 416 с.
8. Новский В.А. Материалы к геоморфологии и четвертичной геологии Ярославской области// Ученые записки Ярославского гос. пед. ин-та. — Ярославль, 1958. — Вып. 20(30). — Ч.2. — С. 63-69.
9. Новский В.А. Рельеф// Природа и хозяйство Ярославской области. Ч.1. — Ярославль. 1959. — С. 142-173.
10. Новский В.А. Плейстоцен Ярославского Поволжья. — М.: Наука, 1975. — 236 с.
11. Петровский А.С. Очерк Ярославской флоры// Труды Ярославского губернского статистического комитета. — Ярославль, 1868. — вып. 4. — С. 353-379.
12. Петровский А.С. Флора Ярославской губернии// Труды общества для исследования Ярославской губернии в естественно-историческом отношении. — М., 1980. — Вып. 1. — С. 1-77.
13. Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А. Динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги. // Почвоведение, 2014, № 12, с. 1426-1435.
14. Справочник по климату СССР. Вып. 8. Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. — 1967. — 359 с.
15. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. — М.: Мысль, 1972. — 432 с.
16. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова МИ. Классификация и диагностика почв. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.
17. Dai, W.; Li, Y.; Fu, W.; Jiang, P. et al. Spatial variability of soil nutrients in forest areas: A case study from subtropical China. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 2018, vol. 181, pp. 827–835.

18. Kalinina, O.; Goryachkin, S.; Karavaeva, N.A. et al. Research Dynamics of carbon pools in post-agrogenic sandy soils of southern taiga of Russia. *Carbon Balance and Management* 2010, 5: 1.
19. Kalinina, O.; Chertov, O.; Frolov, P.; Goryachkin, S. et al. Alteration process during the post-agricultural restoration of Luvisols of the temperate broad-leaved forest in Russia. *Catena*, 2018, vol. 171, pp. 602-612.
20. Kurganova, I.; Merino, A.; Lopes de Gerenyu, V.O. Barros, N. et al. Mechanisms of carbon sequestration and stabilization by restoration of arable soils after abandonment: A chronosequence study on Phaeozems and Chernozems. *Geoderma*, 2019, vol. 354, 113882.
21. Kurganova, I.N.; Telesnina, V.M.; Lopes de Gerenyu, V.O. et al. The Dynamics of Carbon Pools and Biological Activity of Retic Albic Podzols in Southern Taiga during the Postagrogenic Evolution. *Eurasian Soil Science*, 2021, Vol. 54, No. 3, pp. 337–35.
22. Simonova, J.V.; Rusakov, A.V.; Lebedeva, M.P.; Mirin, D.M. et al. Morphological characteristics and features of soils in connection with post-agrogenic and recent climatic trends (a case-study from Central European Russia). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 862, 012072.
23. Telesnina, V.M.; Vaganov, A.A.; Karlsen, A.A.; Ivanova, A.E. et al. Specific Features of the Morphology and Chemical Properties of Coarse-Textured Postagrogenic Soils of the Southern Taiga, Kostroma Oblast. *Eurasian Soil Science*, 2016, Vol. 49, No. 1, pp. 102–115.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1. Описание основного разреза сайта ЗИ-21-19

<p>27.08.2019. Разрез ЗИ-21-19 Пошехонский район, Ярославская область, Рождественно бывшее хозяйство «Заветы Ильича» N 58.48410, E 39.09634</p> <p>Рельеф: - Плоская террасовидная поверхность, очень слабый уклон в направлении р. Ветхи, ~ 800 м от Ветхи - Угодье: пашня, лен</p> <p>Растительное сообщество: действующий льняной агроценоз, засоренность ~ 90%, хорошее перекрытие; культура ~ 50%. Более олуговелый участок по сравнению с льняным полем ЗИ-223-19.</p>	
<p><i>Морфологическое описание профиля</i></p>	
<p>P1 (0–24 см)</p>	<p>свежий, светло-серый (brown 7,5YR 5/3), легкосуглинистый, уплотненный, комковатый и мелкокомковатый, корни, максимальное скопление в этом горизонте, частые мелкие угольки, единичные Mn конкреции (до 2 мм), переход ясный, граница ровная</p>
<p>P2 (24–40(42) см)</p>	<p>старопахотный, влажный, буровато-светло-серый (brown 10YR 5/3), палево-белесые пятна (5%) нижележащего горизонта, легкосуглинистый, мелкоглыбисто-плитчатый, уплотненный, компактного сложения, редкие корни, мелкие угольки и мягкие Mn конкреции, кусочек керамической тарелки, валунчик (3 см), переход резкий, граница волнистая за счет проработки макрофауной</p>
<p>BEL (40(42)–55(59) см)</p>	<p>влажный, неоднородной окраски: красновато-белесоватый фон (yellowish red 5YR 5/6), ВПМ — бурая, кутаны — красноватые, среднесуглинистый, еще более уплотненный, мелкопризматически-плитчатый, пористый, копролиты, мелкие Mn конкреции, включения слюды, материал заклинков: белесовато-палевый (very pale brown 10YR 7/3), заметно светлеет при подсыхании, легкосуглинистый, пылеватый, плитчато-тонкоплитчатый, пористый, плотный, Mn пятна, переход резкий, граница языковатая</p>
<p>BT1 (55(59)–85(88) см)</p>	<p>влажный, красновато-бурый (reddish yellow 5YR 6/6), кутаны — буровато-красные (reddish brown 5YR 5/3), среднесуглинистый, очень плотный, призматически-плитчатый (высота плитки — 7 мм), пористый, Mn пятна, кутаны по граням и горизонтальным и вертикальным, белесые заклинки, поры-трещины, единичные валунчики (до 3 см), переход постепенный</p>
<p>BT2 (85(88)–105 см)</p>	<p>влажный, желтовато-бурый (yellowish red 5YR 5/6), кутаны буроватые, среднесуглинистый, плотный, призматически-плитчатый (высота плитки — до 1 см), пористый, Mn конкреции заметны при разламывании структурных отдельностей, кутаны бледнее, тоньше и древнее (?), чем в предыдущем горизонте, переход резкий, граница, ровная</p>

BDt (105–140 см)	влажный, буровато-красный, более темный (red 2,5YR 5/6), тяжелосуглинистый, опесчаненная глина, призматически-глыбистый, плотный, бурые кутаны, линзы супесчаного материала, валуны (кварцевый валун 10 см), переход постепенный
Dt (140–160 см)	влажный, буровато-интенсивно-красный (red 2,5YR 4/6), тяжелосуглинистый, глыбистый, плотный, единичные бурые кутаны, блестит от слюды, валунчики
Почва	агродерново-подзолистая на покровных суглинках, подстилаемых мореной

Приложение 2. Описание основного разреза сайта ЗИ-223-19

<p>26.08.2019. Разрез ЗИ-223-19 Пошехонский район, Ярославская область, Рождественно бывшее хозяйство «Заветы Ильича» N 58.48123, E 39.05121</p> <p>Рельеф: - Плоская террасовидная поверхность Рыбинского водохранилища, подпертое устье р. Согожи Угодье: пашня, лен Растительное сообщество: действующий льняной агроценоз, засоренность ~ 70%, культура ~ 65%.</p>	
<i>Морфологическое описание профиля</i>	
P1 (0–10 см)	<p>свежий, светло-серый с буроватым оттенком (grayish brown 10YR 5/2), тонкосупесчаный, преобладает фракция мелкого песка, уплотненный, непрочно комковатый, пронизан корнями, угольки, единичные очень мелкие Mn конкреции, зерна кварца, переход ясный, граница ровная.</p> <p>На мезоуровне заметна микроразнообразность: участки с более светлым пылеватым материалом и более темным материалом припашки, угольки, поры, кварцевые зерна, изоморфные слабоконтрастные зоны более темного материала.</p>
P2 (10–30 см)	<p>свежий, неоднородной окраски: буровато-светло-серый (brown 10YR 4/3) с желтовато-серыми пятнами, темнее предыдущего, тонкосупесчаный, преобладает лессовидная фракция и мелкий песок, бесструктурный с тенденцией к плитчатости, заметно более уплотненный, компактного сложения, очень слабопористый, мелкие угольки и Mn конкреции, следы заправки нижележащего горизонта, ходы корней и беспозвоночных, мелкие фрагменты кирпича (2 мм), корней значительно меньше, чем в предыдущем горизонте, очень слабые гумусовые кутаны, отбеленные зерна кварца, переход ясный, граница волнистая.</p> <p>На мезоуровне: неоднородный окраски на плоскости среза, 70% — буровато-серый, 30% — серовато-желтый, желтый материал — материал припашки и заполнение ходов беспозвоночных, более желтой окраски в нижней части на контакте горизонтов. Образец более компактного сложения.</p>

	Единичные железистые пятна, ходы корней (3 мм), ходы червей, выполненные желтым материалом, включения карбонатной известки.
Рра3 (30–43(45) см)	влажный, буровато-светло-серый (brown 10YR 5/3), супесчаный, еще более уплотненный, бесструктурный с тенденцией к плитчатости, единичные корни, запашка нижележащего горизонта (~5% от площади горизонта), угольки, мелкие Mn конкреции, переход резкий, граница волнистая. На мезоуровне: переходная зона к горизонту С очень проработана ходами червей, из-за этого граница почти диффузная. Образец относительно однородной окраски, пятна желтого материала из-за проработки ходами червей.
С (43(45)–60(65) см)	влажный, палево-желтый (brownish yellow 10YR 6/6), тонкосупесчаный, плотнее предыдущего, бесструктурный и тонкоплитчатый, редкие поры, мелкие Fe-Mn конкреции, ходы червей, заполненные прогумусированным материалом. В нижней части горизонта выделяется контактное осветление палево-белесой окраски (very pale brown 10YR 7/3), с включениями отбеленных зерен кварца, более крупных Fe-Mn стяжений и мягких конкреций (до 2 мм). Материал контакта пористый с ясно тонкоплитчатой структурой. Переход резкий, граница языковатая. На мезоуровне: верхняя и нижняя часть образца ненарушенного сложения слабоконтрастно различаются, верхняя часть более светлая, буровато-желтая, нижняя — более однородная, палевого цвета. В верхней части железистые пятна, с размытыми границами, до 10% от площади среза. В верхней части следы зоогенной проработки: включения копролитов, заносы темного материала по ходам червей.
2ВТ1 (60(65)–74(76) см)	свежий, буровато-красный (reddish brown 5YR 4/4), ВПМ — буровато-желтая, пронизан белесыми языками вышележащего горизонта, легко-среднесуглинистый, по заклинкам супесчаный, плотный, непрочно призматически-плитчатый, распадается на тонкие плитки, многочисленные тонкие кутаны по всем стенкам структурных отдельностей, поверх кутан супесчаный материал, переход ясный, граница волнистая. В верхней части горизонтальные плоскости плиток покрыты белесым материалом (силтаны?). На мезоуровне отмечается наличие темных минералов, Fe-глинистых кутан по всем граням отдельностей и более темных кутан по порам. Горизонт очень хорошо оструктурен, не компактного сложения. Неоднородный, присутствуют линзы белесого и желтого материала. Белесый материал более пористый. Частые включения мягких Fe-Mn конкреций (2 мм).
2ВТ2 (74(76)–110 см)	влажный, красновато-бурый, более темный (reddish brown 5YR 4/4), ВПМ — желтовато-палевая, легко-среднесуглинистый, призматически-плитчатый, заметно плотнее предыдущего, кутаны красновато-бурые, единичные Mn конкреции, проникают трещины из горизонта С1, заполненные супесчаным белесым материалом, переход постепенный. На мезоуровне отмечаются кутаны по всем плиткам, силтаны — покрывают кутаны по горизонтальным поверхностям плиток и трещинам,

	отсутствует крупная пористость, единично встречаются мягкие Fe-Mn конкреции.
2BСt (110–160 см)	влажный, темно-палевый (strong brown 7,5YR 4/6 + 5/6), легкосуглинистый, более грубодисперсный, больше доля среднего песка, призматически-плитчатый, менее плотный, пористый, по трещинам красновато-бурые кутаны, Mn конкреции и манганазы. Образец ненарушенного сложения из нижней части горизонта имеет толстоплитчатую структуру, менее красный и более бурый. Присутствуют Fe-Mn стяжения, Fe пленки или тонкие кутаны, песчаная фракция кажется сцементированной железом. Образец имеет крупные поры и более компактное сложение.
Почва	Агрозем светлый типичный на озерных супесях, подстилаемых крупнопылеватými озерными суглинками

Приложение 3. Описание основного разреза сайта 3-37-19

<p>22.08.2019. Разрез 3-37-19 Пошехонский район, Ярославская область, Селиверстово бывшее хозяйство «Знамя» N 58.74957, E 39.37551</p> <p>Рельеф: - Шекнинско-Костромской водораздел - Плоская вершина пологого холма, ограниченного слабоврезанными водотоками. Крупнопolygonально-блочный мезорельеф. Угодье: залежь, 7–10 лет. Край поля заброшен около 20 лет назад. Заболочивание по краю, центральная часть поля не заболочена. Встречаются муравейники, мышинные городки. Участок не выпасывался и не косился. Растительное сообщество: овсяницево-васильковый луг</p>	
<i>Морфологическое описание профиля</i>	
Рра1 (0–5 см)	влажный, буровато-темно-серый (dark brown 7,5YR 3/2), среднесуглинистый, уплотненный, комковато-зернистый, густо пронизан корнями, одернован, соотношение корни/мелкокозем — 40/60%, обилие зерен кварца, переход ясный по количеству корней, плотности и структуре, граница ровная
Рра2 (5–25(27) см)	влажный, серый с сизоватым оттенком (dark brown 7,5YR 3/2), среднесуглинистый, уплотненный, плотнее предыдущего, более компактного сложения, комковато-крупнокомковатый и ореховатый, включения корней, частые (2-3%) и крупные (> 20 мм) пятна запашки рыжего материала нижележащего горизонта уже в с верхних 7 см, угольки, ходы корней и беспозвоночных, копролиты, редкие пятна ожелезнения, мелкие Fe-Mn конкреции, единичные Fe-Mn пятна, отбеленных зерен кварца меньше, переход ясный, граница ровная
Рра3 (25(27)–28(30) см)	влажный, светло-серый с сизоватым оттенком (brown 7,5YR 4/2), среднесуглинистый, уплотненный, мелкокомковато-плитчатый, тонкие корни, угольки, пятна запашки рыжего материала нижележащего горизонта

	(5-7%), маленькие сизоватые и ржавые пятнышки, переход резкий, граница волнистая
BT1 (28(30)–40 см)	<p>влажный, неоднородно окрашен, бурый и серовато-бурый (brown 7,5YR 4/3), ВПМ — светло-рыжая (strong brown 7,5YR 5/6), тяжелосуглинистый, плотный, призматически-тонкоплитчатый, слабопористый, многочисленные тонкие глинистые кутаны, Fe-Mn примазки и мелкие точечные конкреции, сизоватые пятна, включения корней, присутствуют крупные корни и ходы корней, выполненные кутанами, переход постепенный</p> <p>На мезоуровне дополнительно: пятна ожелезнения, охристые выделения Fe, бурые кутаны по вертикальным граням, в верхней части больше отбеленных зерен кварца, плитчатость, пористость; на горизонтальном срезе видны бурые кутаны, кутаны покрыты отбеленными зернами кварца.</p>
BT2 (40–63(65) см)	<p>влажный, желтовато-бурый (brown 7,5YR 4/3), ВПМ — желтовато-рыжая (brown 7,5YR 5/4), тяжелосуглинистый, плотнее предыдущего, плитчатый, многочисленные тонкие кутаны по трещинам и вертикальным граням, и в меньшей степени по горизонтальным поверхностям педа, кутаны однотипные постседиментационного генезиса, Fe-Mn примазки, в нижней части горизонта фронтальная кутана, переход ясный, граница волнистая.</p> <p>На мезоуровне дополнительно: плитчатость, пористость, по трещине проходит буровато-розово-сизоватая глинистая кутана. Общий фон — рыжевато-сизовато-охристый, кутаны — светло-бурые, по ним силтаны. Отмечается более сизоватый и рыжеватый оттенок по сравнению с предыдущим, пылеватый материал с валунчиками.</p>
2BDt1 (63(65)–85 см)	сырой, красновато-бурый (reddish brown 2,5YR 4/4), глинистый с линзами опесчаненного желтого материала, ореховато-мелкопризматический (оскольчато-мелкопризматический), очень плотный, вязкий, кутаны коричневатого-красного цвета, ВПМ — красновато-бурая, темно-бурые с сизоватым оттенком фронтальные кутаны перекрывают коричневатокрасные, единичные включения карбонатной щебенки, редкие тонкие корни, переход ясный по окраске, структуре и количеству карбонатов, граница волнистая
2BDca2 (85–120 см)	сырой, интенсивно красновато-бурый (reddish brown 2,5YR 4/3), плитчато-призматический с менее выраженной структурой, чем предыдущий, очень плотный, вязкий, слабопористый, кутан нет, включения карбонатной щебенки. С 85 см максимальное скопление карбонатов разной степени выветрелости, белого цвета, размерами до 5 см, в том числе мягких и плотных, переход постепенный
Dca (120–145 см)	мокрый, красновато-темно-бурый (reddish brown 2,5YR 5/4), тень от камня (2 см), призматически-плитчатый, плотный, пятна оглеения, карбонатная щебенка
	УГВ на глубине 123 см Мелкозем вскипает от 10% HCl с глубины 120 см
Почва	агрозем текстурно-дифференцированный постагрогенный на покровных суглинках, подстилаемых карбонатной мореной

Приложение 4. Описание основного разреза сайта ЗИ-223а-19

<p>28.09.2019. Разрез ЗИ-223а-19 Пошехонский район, Ярославская область, Рождественно бывшее хозяйство «Заветы Ильича» N 58.48161, E 39.05483</p> <p>Рельеф: - Плоская террасовидная поверхность Рыбинского водохранилища, подпертое устье р. Согожи - Выровненный участок Угодье: залежь Возраст залежи по характеру растительности — 30 лет Растительное сообщество: сочетание зарастающих лугов сорно-разнотравно- крупнозлаковых с березняком с ивой козьей и подростом ели олуговелым</p>	
<p><i>Морфологическое описание профиля</i></p>	
Дернина (0+4 см)	хорошо развита, свежая, буровато-серая (dark reddish gray 5YR 4/2), соотношение корня/мелкозем — 60/40%
АУ (0–10(12) см)	свежий, буровато-серый (dark reddish gray 5YR 4/2), отчетливо прогумусированный (проградация), заиленная тонкосортированная супесь, уплотненный, непрочно комковатый и мелкокомковатый, обилие корней, мелкие угольки, червороины, копролиты, включения карбонатной известки, переход ясный по структуре и окраске, граница волнистая На мезоуровне заметны зоны ожелезнения, особенно проявившиеся на границе с гранулами известки. Присутствуют отбеленные зерна кварца.
Рра1 (10(12)–28 см)	свежий, буровато-светло-серый (brown 10YR 4/3), желтовато-бурый в нижней части, заиленная супесь, уплотненный, непрочно комковато-плитчатый, корней и угольков меньше, чем в вышележащем горизонте, переход ясный по окраске и структуре, граница ровная. На мезоуровне отмечается более компактное сложение, более светлая окраска, наличие небольших отбеленных зон (5 мм), проработка макрофауной, черви, копролиты, камеры червей, включения дресвы, округлые Fe-Mn конкреции (1-2 мм). На фоне общей компактности проявляется неясная плитчатость или слоеватость.
Рра2 (28–34(36) см)	свежий, желтовато-светло-бурый и светло-серый (brown 10YR 5/3), заиленная супесь, заметно более уплотненный, непрочно плитчатый, единичные включения корней, глубже корни не проникают, мелкие угольки, припашка желтовато-палевого материала, переход резкий, граница волнистая. На мезоуровне отмечаются частые диаметром 3 мм Fe-Mn конкреции (10 шт на горизонтальную площадку размерами 10x5 см), многочисленные мелкие примазки, буровато-охристые пятнышки, следы бывшего известкования в виде белых прожилок. На контакте с нижележащим горизонтом очень хорошая зоогенная проработка, запашка в виде пятен, очень мелкие (<1 мм) Mn конкреции и микрзоны ожелезнения.

С (34(36)–50(52) см)	<p>свежий, желтовато-палевый (light yellowish brown 5YR 6/4 + yellowish brown 5YR 5/4), включения белесоватых линзочек, в верхней части (до 40–45 см) более палевая окраска, супесчаный, уплотненный, листовато-тонкоплитчатый, пористый, по всей площади среза — точечные Mn пятна, переход резкий, граница волнистая.</p> <p>На мезоуровне: неокатанный камень 8 мм, верхняя часть горизонта более палевая, нижняя — белесовато-палевая. Вмещает отчетливую белесовато-палевую прослойку, верхняя горизонтальная плоскость которой более темная. В прослойке максимум скопления очень мелких (до 1 мм) мягких Fe-Mn стяжений, имеются Fe-Mn пятна, конкреций мало, поры чистые, преобладает крупный и средний песок, крупные зерна кварца.</p>
2ВТ1 (50(52)–74 см)	<p>свежий, неоднородной окраски, выделяется по обилию заклинков из вышележащего горизонта, красновато-светло-бурый и палевый (yellowish red 5YR 4/6 + 5/6), среднесуглинистый, плотный, призматически-тонкоплитчатый, распадается на плитки 0,3–0,7 см, пористый, тонкие красноватые глинистые кутаны по граням плиток и призм и стенок заклинков обуславливают красноватый фон, ВПМ — рыжевато-палевая, заклинки белесовато-палевые, единичные Mn пятна, переход ясный по структуре и плотности, граница волнистая.</p> <p>На мезоуровне: белесовато-светло-палевый материал (силтаны?) обильно покрывает горизонтальные поверхности плиток. Возможно, перемещение влаги в субгоризонтальном направлении. Материал горизонта пористый, почти коричневый. Поверхность призмы покрыта буровато-коричневыми кутанами постседиментационного генезиса (?), ВПМ — охристо-бурая.</p> <p>Горизонтальные поверхности отдельных плиток обкутанены и обсилтанены. На верхней горизонтальной площадке плитки силтан намного меньше, чем на нижней. Присутствуют манганазы, зерна кварца, глинистые или Fe-глинистые кутаны (не кутаны иллювиирования?)</p>
2ВТ2 (74–100(105) см)	<p>влажный, красновато-бурый (yellowish red 5YR 4/6), среднесуглинистый, более опесчаненный, заметно плотнее предыдущего, призматически-плитчатый, плитки до 0,5–1,0 см высотой, пористый, все структурные отдельности покрыты тонкими красноватыми глинистыми кутанами, ВПМ — рыжевато-палевая, единичные трещины, по ним развит кутанный комплекс — кутаны, покрытые силтанами, переход ясный, граница волнистая.</p> <p>В образце ненарушенного сложения появляются крупные поры, ожелезнение, меньше выражена плитчатость, более сцементированный. По порам и ходам корней заметны более толстые коричневые кутаны. Присутствуют также многочисленные тонкие Fe кутаны, силтаны, слюда, отбеленные зерна кварца, углефицированное органическое вещество.</p>
2ВСt1 (100(105)–155 см)	<p>влажный, рыжевато-красный и красновато-бурый (yellowish red 5YR 4/6, рыжеватые зоны — yellowish red 5YR 5/8), среднесуглинистый, заметно опесчаненный, непрочно призматический, менее плотный, вязкий, пористый, содержит крупные поры-каверны, покрытые тонкими красными глинистыми кутанами, единичные Mn пятна, заметная косая трещина, заполненная грубосупесчаным материалом рыжеватой окраски, переход постепенный.</p> <p>На мезоуровне: микроразнообразности в виде белесых прослоек с охристыми разводами, манганазы, Fe-Mn стяжения, мелкие примазки гнездами, зоны ожелезнения, зерна полевых шпатов, коричневые глинистые кутаны,</p>

	<p>покрытые силтами на вертикальных поверхностях. Отсутствует плитчатость. Коричневые глинистые кутаны, обильно покрывающие поверхность, кажутся натечными, влажными, гладкими, «сахаристыми». В материале содержится много темных минералов. Ходы древних корней выполнены глинистыми кутанами.</p>
2ВСt2 (155–180 см)	<p>влажный, красновато-бурый с рыжеватыми пятнами (reddish brown 5YR 5/4, рыжеватые пятна — yellowish red 5YR 5/8), среднесуглинистый, заметно опесчаненный, глыбисто-плитчатый и призматически-плитчатый, пористый, по вертикальным отдельностям — тонкие красноватые глинистые кутаны (они тоньше и их меньше), кутаны локально покрыты белесыми силтанами, наблюдается ожелезнение микрозонами</p>
Почва	<p>серогумусовая постагрогенная супесчаная на озерных супесях, подстилаемых крупнопылеватыми озерными суглинками</p>