

УДК 631.472.56: 631.611

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.279>

Изменение свойств почв разновозрастных залежей и агротехнические приёмы их освоения

© 2024 Ю. Н. Трубников , А. А. Шпедт 

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», ул. Академгородок, д. 50, г. Красноярск, 660036, Россия. E-mail: trubnikov124@yandex.ru; shpedtaleksandr@rambler.ru

Цель исследования. Оценить изменения агрохимического состояния почв разновозрастных залежных земель юго-востока Западной Сибири и разработать технологии их освоения.

Место и время проведения. Исследования проводили в 2014–2022 гг. в подтаёжной и лесостепной зонах Красноярского края, приуроченных к Ачинско-Боготольскому (Тюхтетский район, Зареченский стационар, дерново-подзолистые и серые лесные почвы) и Назаровскому (Шарыповский район, серые лесные почвы) природным округам.

Методы. Возраст залежных земель моделировали путём последовательного выведения пашни из производственного землепользования. В исследованиях по трансформации гумусного состояния залежей использовали сравнительный анализ почв – залежных и пахотных участков по вариантам: 1) пашня длительного срока пользования; 2) залежь возрастом 8 и 10 лет. На Зареченском стационаре проводили полевые опыты с удобрениями и злаковыми культурами на залежах 3-х и 10-летнего возраста, охватывающие первые четыре года после их освоения. В почвенных образцах, отобранных из пахотного горизонта, определяли содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, кислотность, сумму обменных оснований. Первичная обработка почвы в год посева озимой ржи заключалась в весенней вспашке с последующей уборкой древесной растительности и двух культиваций. Обработка почвы под яровую пшеницу и овёс состояла в зяблевой вспашке и предпосевной культивации с одновременным боронованием. Гербициды в опытах не применяли.

Основные результаты. В дерново-подзолистой почве содержание гумуса за 10–25-летний постагрогенный период увеличилось в 1,6 раза, подвижных гумусовых веществ – в 2,2 раза по сравнению с пашней. Формирование новообразованных гумусовых веществ в почве залежи шло преимущественно по фульватно-гуматному типу. В серой лесной почве лесостепи содержание гумуса в 8-летней залежи увеличилось в 1,2 раза преимущественно за счёт гуминовых кислот. Наибольший прирост гумусовых веществ отмечался в залежах дерново-подзолистых почв подтаёжной зоны; далее, по убывающей, располагались серая лесная почва подтайги и серая лесная почва лесостепи. В дерново-подзолистой почве содержание гумуса, доступных форм фосфора и калия, а также кислотно-основных свойства существенно не изменились за трехлетний постагрогенный период. В залежах 15-ти и 25-летнего возраста содержание гумуса увеличилось на 33 и 55%, K_2O – на 57 и 70%, суммы обменных оснований – на 28 и 54%. Кислотность почвы и содержание в ней подвижного фосфора не изменились. В 10-летней залежи увеличивалась доля агрономически ценных фракций почвенных агрегатов на 10–15%. По сравнению с почвой агроценозов количество легкоразлагаемого органического вещества в почвах залежей увеличилось на 59%, т.е. в 2,5 раза. Использование фосфорно-калийных удобрений на 3-х и 10-летних залежах увеличивали урожай озимой ржи в среднем на 23%. Весенняя подкормка азотом увеличивала урожай ещё на 20 и 17% в соответствии с возрастом залежи. Сбор зерна пшеницы и овса был практически равным на залежных землях разного возраста по всем вариантам опыта. Яровые зерновые культуры в большей степени реагировали на внесение азотных удобрений.

Заключение. Пребывание дерново-подзолистых почв подтаёжной зоны и серых лесных почв лесостепи Красноярского края в залежном состоянии обуславливает формирование положительного бюджета показателей их гумусного состояния, который зависит от генезиса почв. В средневозрастных (10–15 лет) и старовозрастных (более 15 лет) залежах улучшаются агрофизические и агрохимические показатели почв. Залежь 3-х и 10-летнего возраста можно подготовить для посева озимой ржи за один полевой сезон. Внесение минеральных удобрений на освоенных залежах увеличивает урожай озимой ржи, пшеницы и овса в среднем на 70–100%, при этом определяющее значение имеют азотные удобрения. Оптимальный вариант консервации залежных земель с кислыми почвами (особенно отдалённых от поселений) – залужение смесью многолетних злаковых трав. Такие земли будут служить надёжным источником получения грубых кормов, местом выпаса и отгонного животноводства, перспективным объектом для освоения биологического земледелия.

Ключевые слова: залежные земли; почва; гумус; агрохимические свойства; освоение; удобрения; агроценоз; агротехнологии.

Цитирование: Трубников Ю.Н., Шпедт А.А. Изменение свойств почв разновозрастных залежей и агротехнические приёмы их освоения // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e279. DOI: [10.31251/pos.v7i3.279](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.279)

ВВЕДЕНИЕ

Во второй половине XX века наблюдалось устойчивое сокращение используемых земель. В период 1961–2003 гг. в России было выведено из сельскохозяйственного оборота 58 млн га, произошло сокращение посевных площадей на 40 млн га (Иванов, 2014). Другие сведения представлены в Государственном (национальном) докладе «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году» (2023) и в Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году» (2023), где размещены одинаковые данные по площади земель сельскохозяйственного назначения (379 млн га), но различные цифры по площади залежей – 4,4 и 4,9 млн га, соответственно. В целом в России к 2030 г. планируется ввести в активный сельскохозяйственный оборот не менее 12 млн га залежей (Голубев и др., 2021).

В Красноярском крае, по данным Росреестра, площадь залежных земель составляет 123,5 тыс. га (Государственный доклад ..., 2023, с. 124). Фактически же не используется около 1154 тыс. га ранее пахотных земель. В Приенисейской Сибири, включающей земледельческие территории Красноярского края, Хакасии и Тывы в залежном состоянии находятся около 1500 тыс. га земель различных сроков выведения из пашни – от 2 до 25 лет (Савостьянов, 2003). Наибольшие площади неиспользуемой пашни расположены в подтаёжной (60–90% от ранее распаханной территории) и северной лесостепной (40–60%) зонах региона. Площадь залежей возрастом до 2 лет составляет 71 тыс. га, от 2 до 10 лет – 349 тыс. га, более 10 лет – 734 тыс. га. Значительные площади (около 610 тыс. га.) покрыты кустарником и 10–20-летним древостоем, для освоения которых требуется коренная мелиорация – мероприятие дорогостоящее и без системной государственной поддержки не имеющее широких перспектив для реализации. Состояние необрабатываемых земель различно – от сформировавшихся со временем луговых растительных сообществ до сплошных лесных массивов. Можно констатировать, что неиспользуемые земли послужили благоприятной средой для восстановления первичных ландшафтов и со временем стали зарастать луговой, кустарниковой и лесной растительностью с различным видовым составом и в множественных сочетаниях растительных сообществ в зависимости от зональных экологических условий. В итоге стали формироваться постагрогенные залежные экосистемы (Сорокина и др., 2016; Телеснина, 2021; Данилов и др., 2022). Выведение из активного землепользования пахотных земель связано с различными причинами и обстоятельствами, но к основным можно отнести социальные, порождающие дефицит рабочей силы, и экономические, обусловленные недостатком средств производства. В этой связи, важное значение имеет создание благоприятных социально-экономических условий для сохранения и развития сельских территорий и сельскохозяйственного производства, без чего невозможно решить проблему продовольственной безопасности страны (Нечаева, 2023).

Со временем в Красноярском крае планируется ввести в пашню 454 тыс. га залежных земель (Закон Красноярского края ..., 2006). Расширение пахотных земель должно произойти, главным образом, в лесостепной зоне (344 тыс. га), в частности в Красноярском (115 тыс. га), Чулымо-Енисейском (98 тыс. га) и Канском (65 тыс. га) природных округах. В степной зоне планируется ввести в оборот 67 тыс. га, в тайге величина этого показателя значительно меньше – всего 40 тыс. га. Очевидно, что площади и технологии освоения залежных земель должны соответствовать их состоянию, экономическим и технологическим ресурсам предприятия, а также обоснованным перспективам использования вовлечённых земель в активный сельскохозяйственный оборот (Трубников, Шпедт, 2023). Перевод земель из залежного состояния в пашню может ограничиваться высокой распаханностью территории, активным проявлением эрозии и дефляции почвенного покрова, наличием склонов более 7⁰, техногенным загрязнением и др. (Шпедт, Трубников, 2017). Актуальность проблемы освоения залежных земель заключается в их представлении как резервного фонда для расширения площади пашни, необходимой для увеличения объёмов производства сельскохозяйственной продукции и, в том числе, по технологиям биологического земледелия (Добрянская, 2023).

Цель исследований – оценить изменения агрохимического состояния почв разновозрастных залежных земель юго-востока Западной Сибири и разработать технологии их освоения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по влиянию разновозрастных залежей на гумусное состояние почв проводили в 2014–2022 гг. в подтаёжной и лесостепной зонах Красноярского края, приуроченных к Ачинско-Боготольскому и Назаровскому природным округам (рис. 1).

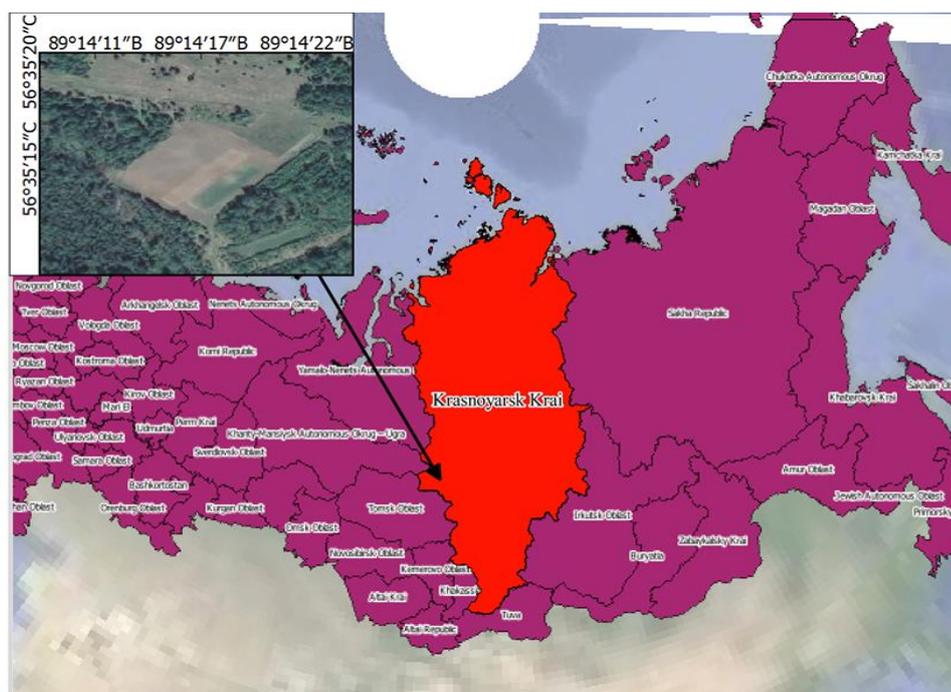


Рисунок 1. Географическое местоположение района исследований.

Использовали сравнительный анализ почв – аналогов залежных и пахотных участков по вариантам: 1) пашня длительного срока пользования; 2) залежь возрастом 8 и 10 лет. Экспериментальные работы по освоению разновозрастных залежных земель проводили на Зареченском стационаре ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» (Тюхтетский район Красноярского края), находящемся в южнотаёжно-лесном, плоскоравнинном, дерново- и болотно-подзолистом районе Западно-Сибирской провинции (Природно-сельскохозяйственное районирование ..., 1983); географические координаты: 89°14'17" в.д., 56°35'15" с.ш.

В качестве объекта исследований рассмотрены почвенные ареалы. Коэффициенты вариации невысокие – 14–17%, что объясняется однотипностью рельефа, почвообразующих пород, режима использования (антропогенный фактор). На каждом объекте проводили отбор смешанных почвенных образцов ($n=10$), каждый из которых состоял из 10–15 индивидуальных проб, взятых из пахотного горизонта (0–20 см) при помощи агрохимического бура по нерегулярной схеме.

Содержание гумуса в почвах определили по методу И.В. Тюрина (Агрохимические методы ..., 1975). Для извлечения подвижной части гумуса использовали 0,1 н. раствор щелочи ($C_{0,1 \text{ н. NaOH}}$) при соотношении почвы и экстрагента 1:20. Данную фракцию гумусовых веществ разделяли на гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК). ГК осаждали серной кислотой, а содержание ФК определяли по разности общего количества гумусовых веществ в вытяжке с 0,1 н. раствором NaOH и гуминовых кислот. Обменную кислотность ($pH_{\text{сол}}$) почв определили потенциметрическим методом с использованием стеклянного электрода ЭСЛ-43-07 (ГОСТ 26483-85); гидролитическую кислотность (Нг) – по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); сумму поглощенных оснований (S) – по Каппену-Гильковицу (27821-88); подвижный фосфор (P_2O_5) и обменный калий (K_2O) – по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011) с последующим определением P_2O_5 фотокolorиметрически, K_2O – на пламенном фотометре Тюрина (Ганжара и др., 2002).

Полевые опыты с удобрениями проводили на освоенных залежных землях 3-х и 10-летнего возраста с озимой рожью сорта Красноярская универсальная, яровой пшеницей сорта Новосибирская 15 и овсом сорта Саян. Опыты закладывали на делянках площадью 50 м² в четырёхкратной повторности. Размещение вариантов последовательное в четыре яруса. Схема опыта с озимой рожью: 1. Контроль (без удобрений); 2. P60K60 осенью при посеве; 3. P60K60 при посеве + N60 весной. Схема опытов с пшеницей и овсом: 1. Контроль (без удобрений); 2. N60; 3. N60P60; 4. N60P60K60. Удобрения применяли в виде аммонийной селитры, аммофоса и сернокислого калия.

Подготовка почвы в год посева озимой ржи заключалась в весенней вспашке (15–20 мая) и двух культиваций. На участке залежи 3-летнего возраста преобладала бурьянистая растительность, которая равномерно запахивалась. На участке 10-летнего возраста кроме травяного покрова с

преобладанием пырейного фитоценоза, распространение получили древесные виды лесных сообществ – берёза (70%), осина (20%) и другие (10%).

Первичная обработка этого участка заключалась во вспашке 3-х корпусным плугом ПЛН 3–35 с последующей уборкой древесной растительности вручную. Этот участок, как и предыдущий, до посева озимой ржи ещё дважды обрабатывался культиватором КПС 4,2. Обработка почвы под яровую пшеницу и овёс состояла в зяблевой вспашке и предпосевной культивации с одновременным боронованием; гербициды в опытах не применяли.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Snedecor (Сорокин, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Заращение пашни и превращение её в залежь влечёт нарушение стабильности почвенных процессов и свойств. В качестве индикатора трансформации почвенного плодородия залежных земель мы рассматривали гумусное состояние почв, как наиболее информативную характеристику, определяющую плодородие и оказывающую положительное влияние на другие свойства почвы. Изменение свойств почв в залежный период протекает неоднозначно. Так, на чернозёмах и серых лесных почвах Западной Сибири установлено, что в молодых и средневозрастных залежах заметного изменения гумусового состояния почв не происходит (Миллер и др., 2023). Полученные нами экспериментальные данные по содержанию форм гумусовых веществ в почвах пашни и залежи позволяют говорить о различной интенсивности их накопления (табл. 1).

Таблица 1

Изменение гумусного состояния почв (слой 0–20 см) под влиянием залежи

Почва**	Вариант опыта	Гумус, %	C _{0,1} н. NaOH, мг/100 г			
			сумма	ГК	ФК	ГК:ФК
Ачинско-Боготольский природный округ, подтайга. Тюхтетский район						
Дерново-подзолистая глубокодерновая глубокоподзолистая слабоглееватая среднесуглинистая	Пашня (пшеница) – контроль	2,55	339	155	184	0,84
То же	10-летняя залежь	4,08*	751*	420*	331*	1,26
НСР ₀₅		0,48	148	58	117	0,43
Среднегодовой тренд изменения содержания гумуса и форм гумусовых веществ		0,15	41,2	26,5	14,7	0,05
Серая лесная среднемощная глубоковскипающая тяжелосуглинистая	Пашня (пшеница) – контроль	3,56	540	273	267	1,02
То же	10-летняя залежь	4,72	756	460	296	1,55
НСР ₀₅		1,34	292	204	230	0,59
Среднегодовой тренд изменения содержания гумуса и форм гумусовых веществ		0,12	21,6	18,7	2,9	0,06
Назаровский природный округ. Шарыповский район						
Серая лесная среднемощная глубоковскипающая среднеглинистая	Пашня (пшеница) – контроль	2,90	327	115	212	0,54
То же	8-летняя залежь	3,59*	396*	160*	236	0,68
НСР ₀₅		0,51	60	44	43	0,31
Среднегодовой тренд изменения содержания гумуса и форм гумусовых веществ		0,08	8,6	5,6	3,0	0,02

Примечание. C_{0,1} н. NaOH – содержание подвижной части гумуса, включая гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК). * – статистически значимые различия (p<0,05). ** – наименование почв дано в соответствии с классификацией почв СССР (Классификация ..., 1977).

Исследования, проведенные в условиях подтаёжной зоны, показывают, что пребывание дерново-подзолистой почвы в залежном состоянии оказало положительное влияние на её гумусное состояние. Установлено, что содержание гумуса в почве залежи увеличилось за 10 лет в 1,6 раза по сравнению с пахотным аналогом. Накопление гумуса было обусловлено поступлением, разложением

и гумификацией растительных остатков в почве. Содержание подвижных гумусовых веществ достоверно возросло (в 2,2 раза) в почве залежи; в составе новообразованного гумуса доминировали гуминовые кислоты. Количество гуминовых кислот в почве залежных участков, по сравнению с пашней, повысилось в 2,7 раза, а содержание фульвокислот – в 1,8 раза. Таким образом, формирование новообразованных гумусовых веществ в почве шло преимущественно по фульватно-гуматному типу. Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам увеличилось, по сравнению с контролем, на 0,43, а тип гумуса трансформировался из гуматно-фульватного в фульватно-гуматный.

Десятилетнее пребывание агросерой почвы в залежи улучшило её гумусное состояние. Однако, в связи с очень высокой вариабельностью свойств почвы на данном объекте, статистически значимое увеличение под влиянием залежи отмечалось только для отношения углерода ГК к углероду ФК, которое увеличилось на 0,55, что обусловило трансформацию типа гумуса из фульватно-гуматного в гуматный. Под влиянием залежной растительности существенно изменилось гумусное состояние агросерой почвы в Назаровском лесостепном природном округе. За 8 лет содержание гумуса в ней увеличилось в 1,2 раза по сравнению с пахотным аналогом; содержание гумусовых веществ, извлекаемых 0,1 н. NaOH, возросло на статистически достоверную величину. Новообразованные подвижные гумусовые соединения формировались преимущественно за счёт гуминовых кислот. По отношению углерода ГК и ФК тип гумуса остался гуматно-фульватным.

Расчёт среднегодового тренда изменения содержания гумуса и форм гумусовых веществ показал, что бюджет показателей гумусового состояния зависит от генезиса почв. Наибольший прирост исследуемых показателей отмечался на залежных дерново-подзолистых почвах подтаёжной зоны; далее, по убывающей, располагались серая лесная почва подтайги и серая лесная почва лесостепи. Чем больше было гумуса на момент ухода почвы в залежное состояние, тем меньше в ней накапливалось новообразованных гумусовых веществ. Полагаем, что различия в содержании гумуса и подвижных гумусовых веществ на разных объектах обусловлены, главным образом, неодинаковым поступлением в почву растительной массы и агроклиматическими условиями.

К основным агрометеорологическим показателям, влияющих на гумусонакопление, относятся количество осадков и температура воздуха в течение вегетационного периода. Согласно характеристике агроклиматических показателей по природным зонам Красноярского края (Система земледелия ..., 2015), существует достаточно чёткая дифференциация гидротермических показателей подтаёжной и лесостепной зон. Например, если сравнивать гидротермические условия лесостепной и подтаёжной зон в Канском природном округе, то видно, что при близких показателях суммы температур выше 10° С (1560 и 1530, соответственно), осадков в подтаёжной зоне выпадает больше (434 мм), по сравнению с лесостепью (400 мм). В Ачинско-Боготольском природном округе гидротермические показатели лесостепи и подтайги близки – сумма температур выше 10° С составляет 1686 и 1651° С, соответственно, количество осадков – 477 мм и 481 мм. В лесостепной зоне преобладают почвы тяжёлого гранулометрического состава – тяжёлосуглинистые и (реже) легкосуглинистые, в подтаёжной зоне – среднесуглинистые и тяжёлосуглинистые. Наиболее благоприятные условия для гумусонакопления складываются в почве среднесуглинистого состава.

Актуальность почвенно-агрохимического и агроэкологического мониторинга залежных земель обусловлена тем, что при зарастании заброшенных сельхозугодий изменяются физические, физико-химические и агрохимические свойства постагrogenных почв. Агрохимслужба проводит их обследование выборочно с периодичностью 15–20 лет (Сычёв и др., 2008).

Исследования агрохимического состояния почв, в зависимости от давности исключения их из пашни, проводили методом сравнения аналитических данных, полученных на полях до залужения, с результатами анализов почв, отобранных в разновозрастных залежах. Данные, полученные на дерново-подзолистых почвах Зареченского стационара представлены в таблице 2. Установлено, что содержание гумуса, доступных форм фосфора и калия, а также кислотно-основные свойства почвы существенно не изменялись за период 3-х и 10-летнего пребывания почвы в залежном состоянии.

Неиспользование земель более длительный период – в течение 15 и 25 лет – сопровождалось увеличением содержания гумуса на 33 и 55%, K₂O – на 57 и 70%, суммы обменных оснований – на 28 и 54%, соответственно. Кислотность почвы и содержание в ней подвижного фосфора не изменились за этот период нахождения земель в залежи. Степень кислотности остаётся в диапазоне от сильно- до среднекислой. Количество подвижного фосфора варьирует в пределах очень низкой и низкой групп обеспеченности – от 2,2 до 2,8 мг/100 г почвы. Содержание обменного калия в почве до вывода земли в залежь, а также на полях 3-х и 10-летнего возраста низкое, в почве залежей 15-ти и 25-летнего возраста – среднее. Полагаем, что увеличение калийного пула происходит благодаря двум факторам:

Таблица 2

Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы (0–20 см) в постагрогенный период

Угодье	Гумус, %	pH _{сол}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Hг*	S**
			мг/100 г почвы		мг-экв/100 г почвы	
Почва до вывода в залежь						
Пашня	1,8	4,5	2,5	6,5	3,4	7,4
Разновозрастные залежные земли						
3 года	1,7	4,7	2,3	7,2	3,5	7,6
10 лет	2,0	4,4	2,2	7,8	3,2	8,6
15 лет	2,4	4,6	2,6	10,2	2,7	9,5
25 лет	2,8	4,6	2,8	11,0	3,4	11,4

Примечание. * – гидролитическая кислотность (Hг), ** – сумма обменных оснований (S).

1 – неотчуждаемый в течение длительного времени растительный опад является непосредственным источником пополнения запасов обменного калия; 2 – органические кислоты, содержащиеся в растительном опаде (Соколова, 2020), попадая в почву, способствуют переводу необменных форм калия в обменные. Сумма поглощённых оснований (S) в почвах до залужения, а также на участках 3-х, 10-ти и 15-летней залежи, относится к низкой группе обеспеченности; только на неиспользуемом в течение 25-ти лет участке наблюдается увеличение этого показателя до средней группы обеспеченности. Это, очевидно, связано с обогащения пахотного горизонта обменными основаниями, источником которых служат растительные остатки травяного покрова и леса. Обобщая полученные данные можно заключить, что уровень почвенного плодородия кислых почв характеризуется положительным трендом на полях 10-летней залежи. Более заметные положительные изменения показателей почвенного плодородия наблюдались на массивах 15-ти и 25-летней залежи, что обуславливалось поступлением большего количества растительного вещества, как источника пополнения почвы биофильными элементами.

Масса растительных остатков, образовавшихся за длительный период (15–25 лет), способствовала накоплению обменных оснований, но на уровень обменной (pH_{сол}) и гидролитической (Hг) кислотности не повлияла, что, по нашему мнению, связано с более высокой устойчивостью почвенной кислотности к сдвигу (изменению) параметров её обуславливающих (обменные ионы водорода H⁺ и гидроксид-ионы OH⁻, обменные ионы алюминия Al (OH)²⁺); т.е. запасов органического вещества за 15–25-летний период оказалось достаточным для сдвига суммы обменных оснований (S), а кислотности почв – нет.

Многолетние исследования на Зареченском стационаре (Трубников, 2012) показали, что при оптимизации системы удобрений на этих почвах с успехом можно возделывать озимую рожь, лён-долгунец, клевер, овёс, многолетние злаковые травы (тимофеевка, кострец, овсяница, пырей). По нашему мнению, оптимальный вариант консервации подобных земель (особенно отдалённых от поселений) – это залужение смесью многолетних злаковых трав. Такие земли будут служить надёжным источником получения грубых кормов, местом отгонного животноводства, перспективным объектом для освоения биологического земледелия. Для изучаемого округа – это типичная картина.

Результаты исследований показывают, что пребывание почв в залежном состоянии приводит к изменению их агрофизических показателей. Установлено, что 10-летний залежный период обуславливает тенденцию к увеличению плотности сложения пахотного горизонта агросерой почвы с 1,1–1,3 г/см³ (пашня) до 1,2–1,4 г/см³ (залежь). За такой же период плотность сложения дерново-подзолистой почвы характеризуется тенденцией к уплотнению пахотного слоя с 1,2–1,3 г/см³ (пашня) до 1,3–1,5 г/см³ (залежь). Эти изменения можно объяснить более плотной упаковкой почвенных агрегатов на залежных землях по сравнению с пашней. В результате выведения пахотных почв в залежь изменилась доля агрономически ценных фракций (АЦФ) почвенных агрегатов размером 0,25–10 мм. В агросерой почве доля АЦФ в пашне составляет 50–65%, в залежном аналоге – 65–70%. В дерново-подзолистой почве доля АЦФ также возростала под влиянием залежи с 45–50% (пашня) до 55–60% (залежь). В почве залежи по сравнению с пашней доля АЦФ возрастает в среднем на 5–15%, что можно объяснить влиянием корневых систем травяного и древесного покрова многолетней залежи на структурно-агрегатное и гумусное состояние почв.

В качестве агрохимического индикатора оценки возраста залежи можно использовать содержание в почве легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ). На основе обобщения экспериментальных данных, мы предлагаем следующую градацию содержания ЛОВ в почвах

разновозрастных залежей (табл. 3). По сравнению с содержанием гумуса данный показатель более мобилен и значительно интенсивнее накапливается в почве в условиях залежи. Установлено, что содержание ЛОВ в почвах залежей зависит от агроэкологических условий и изменяется от 0,63 до 4,25%. По сравнению с почвой агроценозов количество ЛОВ в почвах залежей увеличивается на 59% или в 2,5 раза, а по сравнению с почвой, находящейся под чистым паром, увеличение еще более выраженное – на 71% или в 3,5 раза. Доля ЛОВ в составе органического вещества почвы (ОВП) существенно возрастает и составляет в зависимости от срока залежи 13,8–55,9% (Мукина, Шпедт, 2008).

Таблица 3

Содержание ЛОВ в почвах разновозрастных залежей (Трубников и др., 2021)

Срок залежи, лет	Содержание ЛОВ, С (%)	Доля ЛОВ от ОВП, %
4–5	<1,0	<20
7–8	1,1–1,2	20–25
9–10	1,3–1,4	25–30
14–15–20	>1,5	>30

Примечание. ЛОВ – легкоразлагаемое органическое вещество, ОВП – органическое вещество почвы.

Доказано, что для принятия технологического решения по освоению залежей необходим натуральный осмотр каждого участка, анализ почв и растительности, расчёт экономической эффективности (Зыбалов и др., 2020; Екимовская и др., 2023). Повсеместная распашка залежей нецелесообразна. Необходим поиск решений, зависящих от природных, социальных и экономических условий (Нечаева, 2023).

Выбор технологии вовлечения разновозрастных залежей в пашню зависит от их постагрогенного состояния на момент повторного освоения. В исследованиях Д.И. Люри с соавторами (2010, с. 326–327) установлено, что основное направление, стадии, скорость постагрогенной сукцессии зависят от зональной локализации и типа почв. Отметим, что восстановление естественной и культурной растительности может происходить по различным направлениям. С учётом флористического состава и доминирования определённого растительного сообщества мы выделяем следующие основные типы фитоценозов на залежных землях: луговой, древесно-луговой, лугово-древесный и древесный. Луговой тип формируется на полях, ранее используемых под сенокосы, с хорошо развитым дерновым горизонтом, с отсутствием «открытой» земли, что минимизирует контакт с почвой привнесённых семян различных растительных сообществ. Древесно-луговой и лугово-древесный типы, отличающиеся друг от друга доминированием травяной или древесной растительности, формируются при вспашке или поверхностном дисковании пласта многолетних трав, на пастбищных угодьях или на необработанных полях после уборки урожая, где создаются условия для фрагментарного контакта и прорастания семян. Древесный тип фитоценоза зарождается на полях, подготовленных к посеву, но не засеянных. В этом случае создаются благоприятные условия для зарастания полей любыми растениями. Со временем на залежных землях формируются определённые растительные ассоциации, которые выделяются на основании доминантов различных ярусов. Доминирование того или иного вида растений в составе ассоциации меняется со временем. В первые годы после вывода земель из пашни преобладают травянистые сообщества. В дальнейшем, если территория остаётся без обработки, происходит поступательная оккупация фитоценоза различными древесными и кустарниковыми ценозами. Г.Ф. Миллер с соавторами (2023) квалифицировали залежи по возрасту на молодые (до 5 лет), средние (5–15 лет) и старые (более 15 лет) в зависимости от стадий зарастания.

Опыты по усовершенствованию технологий освоения залежных земель проводили на дерново-подзолистых почвах подтаёжной зоны (Зареченский стационар ФИЦ КНЦ СО РАН). Использовали минимальный набор энергетических средств и сельскохозяйственных орудий, что характерно для большинства хозяйств, расположенных на нечернозёмных почвах подтаёжной зоны. Это обстоятельство необходимо учитывать, так как к сопутствующим условиям, влияющим на степень и скорость восстановления постагрогенных почв, относится уровень агротехники в период освоения залежей (Иванов и др., 2020; Нечаева, 2023).

Экспериментальные участки располагались на разновозрастных залежах – 3-х и 10-летнего возраста. Первичная обработка земель состояла из вспашки плугом ПЛН-3-35 (рис. 2). При вспашке участка 3-летней залежи серьёзных проблем не возникало. Вспашка поля, необрабатываемого десять лет, представляет технологически более сложную и более затратную операцию по сравнению с 3-летней залежью. При наличии дисковых почвообрабатывающих орудий (БДН, дискаторы и др.) в технологии обработки залежных земель необходимо включить предварительное дискование поля. Почва на поле 3-летней залежи приобретала удовлетворительное структурно-агрегатное состояние. На поле 10-летней залежи ещё сохранялось много крупных остатков дернины, что затрудняло обработку поля и не обеспечивало создание удовлетворительного структурно-агрегатного состояния почвы. Эти ограничения могут быть сняты предварительной обработкой поля дисковыми почвообрабатывающими орудиями, что позволит разуплотнять дернину и измельчать внутрипочвенную и поверхностную растительность.

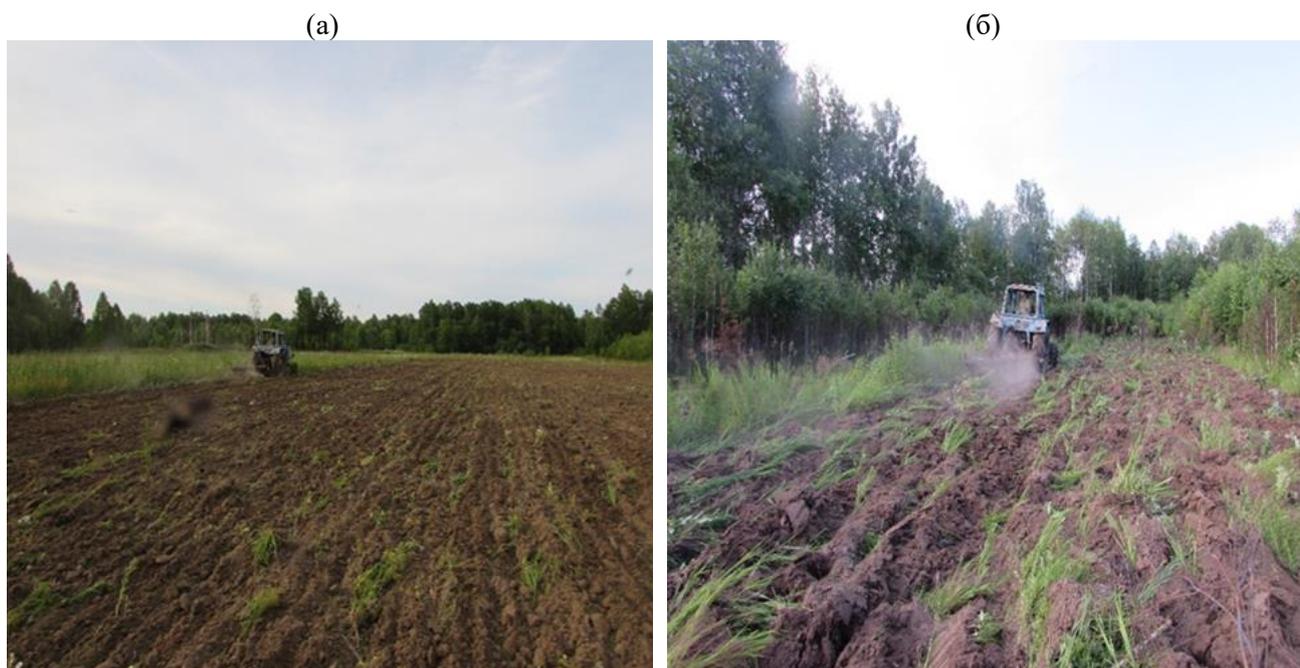


Рисунок 2. Первичная обработка (вспашка) 3-летней (а) и 10-летней (б) залежи. Фото Ю.Н. Трубникова.

Через месяц после вспашки проведена первая культивация залежных земель, которая заметно улучшила структурно-агрегатное состояние почвы обрабатываемых полей. На залежи 3-летнего возраста одновременно с культивацией проводилось боронование поля. При культивации поля 10-летней залежи боронование исключалось, так как на поле оставалось ещё много неразделанной дернины и кустарниковых остатков. Вторая (предпосевная) культивация проводилась 14–19 августа, после которой производился посев озимой ржи (рис. 3).

При любой технологии освоения необходимо максимально сохранять гумусовый горизонт, особенно это касается маломощных нечернозёмных почв подтаёжной зоны.

В полевых опытах на освоенных залежах разного возраста, озимую рожь сорта Красноярская универсальная высевали 16–20 августа (в зависимости от погодных условий года), посев яровой пшеницы и овса – 20–25 мая. Полученные результаты показывают, что в первый год освоения залежных земель 3-х и 10-летнего возраста можно получать хозяйственно значимый урожай озимой ржи даже без применения удобрений (рис. 4).

Применение удобрений существенно увеличивает продуктивность культур (табл. 4). Установлено, что первая культура трехпольного севооборота – озимая рожь, формирует более высокий урожай при освоении залежи 3-летнего возраста, по сравнению с необрабатываемым участком в течение 10 лет. На удобренных вариантах отмечалась более значительная разница до 3 ц/га. Внесение фосфорно-калийных удобрений по 3-х и 10-летней залежи увеличивает урожайность озимой ржи в среднем на 23%. Внесение азотных удобрений весной обуславливает увеличение урожайности ещё на 20 и 17% соответственно возрасту залежи.



Рисунок 3. Посев озимой ржи на залежных землях 3-летнего (а) и 10-летнего (б) возраста. Фото Ю.Н. Трубникова.



Рисунок 4. Озимая рожь на 2-й год после освоения 3-летней залежи. Фото Ю.Н. Трубникова.

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений на урожай зерновых культур при разных сроках освоения разновозрастных залежей на дерново-подзолистых почвах, ц/га

Вариант опыта	Годы после освоения 3-х летней залежи				Годы после освоения 10-ти летней залежи			
	2-й	3-й	4-й	Среднее по вариантам	2-й	3-й	4-й	Среднее по вариантам
	Озимая рожь	Пшеница	Овёс		Озимая рожь	Пшеница	Овёс	
Контроль	17,6	10,5	13,1	13,7	16,0	11,1	14,0	14,0
N60		18,2	24,5	21,4		17,5	23,5	20,5
P60K60 – рожь N60P60 – яровые	21,8	21,5	27,7	23,7	19,7	21,9	27,8	23,1
P60K60+N60 – рожь N60P60K60 – яровые	26,2	23,8	28,5	26,2	23,2	24,2	28,0	25,8
НСП ₀₅	3,1	2,4	2,5		2,8	3,0	3,4	

Сбор зерна пшеницы и овса был практически равный на залежных землях разного возраста по всем вариантам опыта (см. табл. 4). Яровые зерновые культуры в большей степени реагировали на внесение азотных удобрений. Урожайность пшеницы и овса при внесении N60 увеличивалась в среднем в 1,5–2,0 раза. Отметим, что среднемноголетняя урожайность зерновых культур в производственных условиях подтаёжных агроландшафтов исследуемой зоны близка к показателям на контрольных вариантах наших опытов: озимая рожь – 16–18 ц/га, пшеница – 12–16 ц/га, овёс – 15–18 ц/га. На почвах с более высоким уровнем эффективного плодородия (тёмно-серые, чернозёмы оподзоленные) урожайность выше на 25–30%. Проведённые исследования наглядно показывают высокую эффективность минеральных удобрений при освоении разновозрастных залежей.

Исследуемые почвы относятся к классу кислых и (фрагментарно) сильнокислых. Опыты по известкованию этих почв нами проведены на стационаре в период их использования в пашне – до выведения в залежь. Доказана эффективность известкования на фоне различных доз и сочетаний минеральных удобрений под различные культуры восьмипольного зерно-паро-кормового севооборота (Трубников, 2011).

Полученные результаты согласуются с агрохимическим состоянием дерново-подзолистой почвы. Пахотный горизонт почвы на освоенной залежи в первой декаде мая характеризовался очень низким содержанием нитратного азота (1,3–3,6 мг/кг почвы), очень низкой и низкой обеспеченностью подвижным фосфором (2,3–4,2 мг/100 г почвы), низкой – обменным калием (4,5–6,8 мг/100 г почвы).

Примечательно, что засоренность посевов озимой ржи была ниже фитоценотического порога вредности сорных растений несмотря на то, что гербициды не применяли. Это подчёркивает важную роль озимой ржи как первой культуры в технологиях освоения залежей и как эффективного фитосанитарного предшественника для последующих зерновых культур севооборота, где гербициды также не использовались.

ВЫВОДЫ

1. В дерново-подзолистых почвах содержание гумуса за 10–25-летний постагрогенный период увеличилось в 1,6 раза по сравнению с пашней. Содержание подвижных гумусовых веществ достоверно возросло (в 2,2 раза) в почве залежи. В дерново-подзолистых почвах тип гумуса в условиях залежи трансформировался из гуматно-фульватного в фульватно-гуматный, в серых лесных – из фульватно-гуматного в гуматный. Наибольший прирост гумусовых веществ отмечался в залежах дерново-подзолистых почв подтаёжной зоны; далее, по убывающей, располагались серая лесная почва подтайги и серая лесная почва лесостепи.

2. Доля агрономически ценных фракций возрастает в почве залежи по сравнению с пашней на 5–15%. Содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) в почвах залежей зависит от агроэкологических условий и изменяется от 0,63 до 4,25%. По сравнению с почвой агроценозов количество ЛОВ в почвах залежей увеличивается в среднем на 60%.

3. Обработка залежных земель по схеме: весенняя вспашка и последующая двухкратная культивация позволяет уже в первый год освоения высевать озимую рожь.

4. Обязательным агроприёмом следует считать внесение минеральных удобрений. Внесение фосфорно-калийных удобрений на 3-х и 10-летней залежи увеличивает урожайность озимой ржи в

среднем на 23%. Весеннее внесение азотных удобрений обуславливает увеличение урожайности ещё на 20 и 17% соответственно возрасту залежи. Применение минеральных удобрений на залежных землях разного возраста удваивает урожайность яровой пшеницы и овса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фактическая площадь залежных земель в Приенисейской Сибири составляет около 1,5 млн га, что почти в 10 раз превышает данные Росреестра. В этой связи, официальная информация Росреестра не может служить объективным критерием для принятия организационных, научных, кадастровых и иных работ и решений. Для объективного учёта и выбора идеологии использования и вовлечения в пахотный фонд залежных земель требуется проведение их инвентаризации, в том числе с использованием современных методов дистанционного зондирования Земли. При планировании возврата залежных земель в пахотный фонд необходимо учитывать критерии их пахотнопригодности. В качестве индикатора трансформации почвенного плодородия залежных земель можно использовать гумусное состояние почв, как наиболее информативную и широко используемую характеристику, определяющую плодородие и положительно влияющую на другие свойства почвы. Существует положительная зависимость между количеством гумуса, подвижных гумусовых веществ в почвах залежей от их возраста. В почве залежи по сравнению с пашней доля агрономически ценных фракций возрастает на 5–15%. Уровень плодородия залежных почв, изученных нами генетических типов и разновидностей, низкий, что и обуславливает высокую эффективность минеральных удобрений. Заметное увеличение уровня плодородия дерново-подзолистых почв происходит после 15-летнего периода пребывания их в залежном состоянии, что обуславливается улучшением показателей гумусного состояния, увеличением содержания обменного калия и суммы обменных оснований. Кислотность почвы и содержание подвижного фосфора в залежных почвах не изменились. К отрицательным сторонам вывода полей в залежь можно отнести значительные затраты на их возврат в пашню. Оптимальный вариант консервации залежных земель с кислыми почвами (особенно отдалённых от поселений) – залужение смесью многолетних злаковых трав; такие земли будут служить надежным источником получения грубых кормов, местом выпаса и отгонного животноводства, перспективным объектом для освоения биологического земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. Москва: Наука, 1975. 656 с.
- Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. Под редакцией Н.Ф. Ганжары. Москва: Агроконсалт, 2002. С. 51–53.
- Голубев И.Г., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Состояние и перспективы вовлечения залежных земель в оборот // *Мелиорация*. 2021. № 3 (97). С. 67–74.
- Государственный (национальный) доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году». Москва, 2023. 13 с.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году». Москва: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2023. С. 137–138.
- Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2022 году». Красноярск, 2023. 124 с.
- Данилов Д.А., Зайцев Д.А., Вайман А.А., Иванов А.А. Состояние почвенного комплекса под спелыми древостоями сосны и ели на постагrogenных землях юго-запада Ленинградской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2022. № 240. С. 84–98. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.240.84-98>
- Добрянская С.Л. Оценка свойств залежи как потенциал для развития органического земледелия // *Почвы и окружающая среда [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 2–6 октября 2023 г.)*. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 263–265. <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Екимовская О.А., Сизых А.П., Рупосов В.Л., Шеховцов А.И., Сороковой А.А., Белозерцева И.А., Гриценюк А.П., Атутова Ж.В., Лопатина Д.Н. Региональные аспекты возвращения залежных земель в сельскохозяйственный оборот (Республика Бурятия) // *География и природные ресурсы*. 2023. Том 44. № 3. С. 117–126. <https://doi.org/10.15372/GIPR20230312>

- Закон Красноярского края «О государственной поддержке субъектов агропромышленного комплекса края» от 21.02.2006 г. № 17-4487. <http://docs.cntd.ru/document/802055177>
- Зыбалов В.С., Сергеев Н.С., Запелалов М.В. Результаты мониторинга залежных земель в лесостепной зоне Южного Урала // *АПК России*. 2020. Том 27. № 1. С. 30–37.
- Иванов А.Л. Состояние, рациональное использование и охрана земельных (почвенных) ресурсов Российской Федерации // *Почвенные и земельные ресурсы: состояние*. Москва: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2014. С. 13–33.
- Иванов А.И., Иванова Ж.А., Соколов И.В. Агрономическая эффективность освоения закустаренной залежи при воспроизводстве плодородия почв // *Плодородие*. 2020. № 2(113). С. 37–40. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.11>
- Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розова, В.А. Носин, Т.А. Фриев. Москва: Колос, 1977. 224 с.
- Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. Москва: ГЕОС, 2010. 416 с.
- Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н. Почвенно-экологическая оценка разновозрастных залежей юго-востока Западной Сибири // *Почвы и окружающая среда*. 2023. Том 6. № 4. e230. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>
- Мукина Л.Р., Шпедт А.А. Запасы лабильного органического вещества в почвах агроценозов и залежей // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2008. № 1. С. 11–14.
- Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // *Почвы и окружающая среда*. 2023. Том 6. № 2. e215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А.Н. Каштанова. Москва: Колос, 1983. 336 с.
- Савостьянов В.К. Консервация земель как способ предотвращения их дальнейшей деградации и продвижения к устойчивому развитию // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2003. № 2. С. 96–98.
- Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: научно-практические рекомендации / под общ. ред. С.В. Брилёва. Красноярск, 2015. 224 с.
- Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.
- Сорокина О.А., Токавчук В.В., Рыбакова А.Н. Постагрогенная трансформация серых почв залежей. Красноярск: КрасГАУ, 2016. 239 с.
- Сычѳв В.Г., Лунѳв М.И., Павлихина А.В. Состояние земельного фонда России и агрохимическая характеристика земель, выбывших из сельскохозяйственного оборота // *Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. акад. А.Л. Иванова*. Москва: Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. С. 122–125.
- Телеснина В.М. Динамика свойств почв во взаимосвязи с растительностью при естественном постагрогенном зарастании сенокосов (Костромская область) // *Вестник Московского государственного университета. Серия 17: Почвоведение*. 2021. № 2. С. 18–28.
- Трубников Ю.Н. Кислые почвы Приенисейской Сибири и отзывчивость сельскохозяйственных культур на известкование // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 1. С. 19–21
- Трубников Ю.Н. Эффективность минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах Приенисейской Сибири // *Плодородие*. 2012. № 2. С. 16–18.
- Трубников Ю.Н., Шпедт А.А., Романов В.Н., Сорокина О.А., Гринберг С.Н., Якубайлик О.Э., Ерунова М.Г. Оценка и технологии освоения залежных земель Красноярского края: научно-практические рекомендации. Красноярск: Издательство ООО «Принт», 2021. 64 с.
- Трубников Ю.Н., Шпедт А.А. Оценка и освоение залежных земель Приенисейской Сибири // *Почвы и окружающая среда [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 2–6 октября 2023 г.)*. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 385–390. <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>

Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Гумусное состояние и рациональное использование почв залежных земель Приенисейской Сибири // [Достижения науки и техники АПК](#). 2017. Том 31. № 5. С. 5–8.

Поступила в редакцию 14.08.2024

Принята 02.11.2024

Опубликована 08.11.2024

Сведения об авторах:

Трубников Юрий Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории космических систем и технологий ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); trubnikov124@yandex.ru

Шпедт Александр Артурович – доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); shpedtaleksandr@rambler.ru

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](#)

Changes in soil properties of differently aged abandoned lands and agrotechnical methods for the land development

© 2024 Yu. N. Trubnikov , A. A. Shpedt 

Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS”, Akademgorodok 50, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: trubnikov124@yandex.ru; shpedtaleksandr@rambler.ru

The purpose of the study. Assessment of changes in the agrochemical status of soils of abandoned lands at different stages of spontaneous revegetation in the south-east of West Siberia and the development of technologies for such lands development.

Location and time of the study. The research was carried out in 2014–2022 in the subtaiga and forest-steppe zones of the Krasnoyarsk Territory, confined to the Achinsk-Bogotolsky (Tyukhtetsky district, Zarechenskoye experimental field, sod-podzolic and gray forest soils) and Nazarovsky (Sharypovsky district, gray forest soils) natural areas.

Methods. The age of the abandoned lands was modeled by sequentially removing arable land from the agricultural use. In studies on the humus transformation in the abandoned lands a comparative analysis of soil analogues of the abandoned and arable areas was used at the following study sites: 1) long-term arable land; 2) land abandoned for 8 and 10 years. Field experiment was carried at Zarechensky Experimental Station on abandoned lands aged 3 and 10 years during the first four years after the land was put once again in the agricultural use, cropped for wheat, oats or rye. Humus, mobile soil P and K, pH and the sum of exchangeable bases were measured in soil samples collected from the ploughed layer. The primary soil tillage consisted of ploughing in spring, followed by removing woody plants and two cultivations prior to sowing rye. Prior to sowing spring wheat and oats the soil was ploughed, cultivated and harrowed; herbicides were not used.

Results. The content of humus in the sod-podzolic soil of the abandoned land increased 1,6 times over 10 years, and mobile humus substances increased 2,2 times compared with the arable soil. The newly formed humic substances were mainly of the fulvate-humate type. In the gray forest soil in the forest-steppe, the humus content in the 8-year-old abandoned land 1,2 times mainly due to humic acids. The greatest increase in humic substances was observed in the sod-podzolic soils of the abandoned lands in the subtaiga zone, followed in the descending order by the gray forest soil of the subtaiga and the gray forest soil of the forest steppe. In sod-podzolic soils the content of humus, available forms of phosphorus and potassium, as well as soil acidic/alkaline properties did not change significantly over 3 and 10 years of land abandonment. In the lands abandoned for long terms, i.e. for 15 and 25 years, the humus content increased by 33 and 55%, whereas K₂O increased by 57 and 70%, the amount of exchange bases by 28 and 54%, respectively. The soil acidity and the mobile phosphorus content did not change. At the 10-year-old abandoned site the proportion of agronomically valuable fractions of soil aggregates increased by 10–15%. Compared with the arable soil, the amount of easily decomposable organic matter in soils of abandoned lands increased by 59%, or 2,5 times. Phosphorus-potassium fertilizers applied on 3- and 10-years-old abandoned lands increased the winter rye yield by 23% in average. Spring nitrogen fertilization increased the yield by 20% and 17% more according to the longevity of abandonment. Wheat and oats yields were almost similar on abandoned lands of different ages in all variants of the experiment. Spring crops response to the application of nitrogen fertilizers was stronger.

Conclusion. Abandonment of lands occupied with sod-podzolic soils in the subtaiga zone and gray forest soils in the forest-steppe resulted in a positive humus budget, which depends on the soils genesis. The largest annual increase in humic substances content was observed in sod-podzolic soils, followed in decreasing order by the gray forest soils of the subtaiga and forest steppe. In the mid-term (10–15 years) and long-term (more than 15 years) abandoned lands the soil agrophysical and agrochemical properties were improving. An area abandoned for 3–10 years can be prepared for sowing winter rye in one field season. The application of mineral fertilizers on the abandoned lands once again ploughed for agricultural use can increase the grain yields by an average of 70–100%, nitrogen fertilizers being of crucial importance. The best option for the conservation of abandoned lands occupied by acidic soils (especially in locations remote from settlements) is to establish meadows of perennial grasses and herbs. Such lands will serve as a reliable source of feed, a place for the livestock grazing and a promising object for biological agriculture.

Keywords: abandoned lands; soil; humus; agrochemical properties; development; fertilizers; agrocenosis; agrotechnologies.

How to cite: Trubnikov Yu.N., Shpedt A.A. Changes in soil properties of differently aged abandoned lands and agrotechnical methods for the land development. 2024. 7(3). e279. DOI: [10.31251/pos.v7i3.279](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.279) (in Russian with English abstract).

REFERENCES

- Agrochemical methods of soil research / Edited by A.V. Sokolov. Moscow: Nauka Publ., 1975. 656 p. (in Russian).
- Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baibekov R.F. Workshop on soil science. Edited by N.F. Ganzhara. Moscow: Agroconsult, 2002. p. 51–53. (in Russian).
- Golubev I.G., Apatenko A.S., Sevryugina N.S. The state and prospects of involving the deposits in circulation. *Land Reclamation*. 2021. No. 3 (97). P. 67–74. (in Russian).
- State (national) report "On the state and use of lands in the Russian Federation in 2022". Moscow, 2023. 13 p. (in Russian).
- State report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2022". Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia; Lomonosov Moscow State University, 2023. P. 137–138. (in Russian).
- State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2022". Krasnoyarsk, 2023. 124 p. (in Russian).
- Danilov D.A., Zaytsev D.A., Vaiman A.A., Ivanov A.A. Condition of the soil complex under the mature stands of pine and spruce on post-agrogenic lands of the south-west of the Leningrad region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2022. No. 240. P. 84–98. (in Russian). <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.240.84-98>
- Dobryanskaya S.L. Assessment of fallower properties as a potential for the development of organic farming. In book: *Soils and Environment [Electronic resource]: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, October 2–6, 2023)*. Novosibirsk: SSA SB RAS, 2023. P. 263–265. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Yekimovskaya O.A., Sizykh A.P., Ruposov V.L., Shekhovtsov A.I., Sorokovoi A.A., Belozertseva I.A., Gritsenyuk A.P., Atutova Zh.V., Lopatina D.N. Regional aspects of returning fallow land to agricultural use (Republic of Buryatia). *Geografia i prirodnye resursy*. 2023. Vol. 44. No. 3. P. 117–126. (in Russian). <https://doi.org/10.15372/GIPR20230312>
- The Law of the Krasnoyarsk Territory "On state support for the subjects of the agro-industrial complex of the region" dated 02/21/2006. No. 17-4487. (in Russian). <http://docs.cntd.ru/document/802055177>
- Zybalov V.S., Sergeev N.S., Zapevalov M.V. The results of monitoring fallow lands in the forest-steppe zone of the Southern Urals. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2020. Vol. 27. No. 1. P. 30–37. (in Russian).
- Ivanov A.L. The state, rational use and protection of land (soil) resources of the Russian Federation. In book: *Soil and land resources: state*. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2014. P. 13–33. (in Russian).
- Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., Sokolov I.V. Agronomic efficiency of bushy idle land reclamation under various methods of soil fertility reproduction. *Plodorodie*. 2020. No. 2(113). P. 37–40. (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.11>
- Classification and diagnostics of soils of the USSR / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozova, V.A. Nosin, T.A. Frieve. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).

- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dynamics of Agricultural lands of Russia in XX century and Postagrogenic Restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS, 2010. 416 p. (in Russian).
- Miller G.F., Solovyev S.V., Bezborodova A.N. Soil-ecological assessment of soils of abandoned lands of diggerent age in the southeast of West Siberia. The Journal of Soils and Environment. 2023. Vol. 6. No. 4. e230. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>
- Mukina L.R., Shpedt A.A. Reserves of labile organic matter in soils of agrocenoses and deposits. Melioration and Water Management. 2008. No. 1. P. 11–14. (in Russian).
- Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). The Journal of Soils and Environment. 2023. Vol. 6. No. 2. e215. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Natural and agricultural zoning and use of the USSR land fund / Edited by A.N. Kashtanov. Moscow: Kolos Publ., 1983. 336 p. (in Russian).
- Savostyanov V.K. Conservation of lands as a way to prevent their further degradation and progress towards sustainable development. Siberian Herald of Agricultural Science Siberian Bulletin of Agricultural Sciences. 2003. No. 2. P. 96–98. (in Russian).
- Farming system of the Krasnoyarsk Territory on the landscape basis: scientific and practical recommendations / edited by S.V. Brilev. Krasnoyarsk, 2015. 224 p. (in Russian).
- Sorokin O.D. Applied statistics on a computer. Novosibirsk, 2004. 162 p. (in Russian).
- Sorokina O.A., Tokavchuk V.V., Rybakov A.N. Postagrogenic transformation of gray soils of deposits. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2016. 239 p. (in Russian).
- Sychev V.G., Lunev M.I., Pavlikhina A.V. State of the land fund of Russia and agrochemical characterization of the lands retired from agricultural use. In book: Agro-ecological state and prospects of utilization of Russian lands retired from active agricultural turnover. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference / Edited by Acad. A.L. Ivanov. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy, 2008. P. 122–215. (in Russian).
- Telesnina V.M. Soil features dynamic in connection with vegetation due to natural post-agrogenic hayfields overgrowing (Kostroma Region). *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie. (Moscow University Soil Science Bulletin)*. 2021. No. 2. P. 18–28. (in Russian).
- Trubnikov Yu.N. Acidic soils of Yenisei Siberia and responsiveness of agricultural crops to liming. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2011. No. 1. P. 19–21. (in Russian).
- Trubnikov Yu.N. Efficiency of mineral fertilizers on soddy-podzolic soils of Yenisei Siberia. Plodorodie. 2012. No. 2. P. 16–18. (in Russian).
- Trubnikov Yu.N., Shpedt A.A., Romanov V.N., Sorokina O.A., Grinberg S.N., Yakubailik O.E., Yerunova M.G. Assessment and technologies of development of fallow lands of the Krasnoyarsk Territory: scientific and practical recommendations. Krasnoyarsk: Publishing house of Print LLC, 2021. 64 p. (in Russian).
- Trubnikov Yu.N., Shpedt A.A. Assessment and development of fallow lands of Yenisei Siberia. In book: Soils and Environment [Electronic resource]: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, October 2–6, 2023). Novosibirsk: SSA SB RAS, 2023. P. 385–390. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Shpedt A.A., Trubnikov Yu.N. Humic State and Rational Use of Idle Lands of Yenisei Siberia. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2017. Vol. 31. No. 5. P. 5–8. (in Russian).

Received 14 August 2024

Accepted 02 November 2024

Published 08 November 2024

About the authors:

Yuri N. Trubnikov – Doctor of Agricultural Sciences, Principal Researcher in the Laboratory of Space Systems and Technology in the Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” (Krasnoyarsk, Russia); trubnikov124@yandex.ru

Alexander A. Shpedt – Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” (Krasnoyarsk, Russia); shpedtaleksandr@rambler.ru