М.Л. Бурдуковский, П.А. Перепелкина, И.В. Киселева

ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И СВОЙСТВ ЛУГОВО-БУРЫХ ОПОДЗОЛЕННЫХ ПОЧВ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННОГО РАЗВИТИЯ

Россия занимает первое место в мире по наличию земельных ресурсов и обладает 9% сельскохозяйственных угодий мира. В 50-60е гг прошлого столетия на территории страны происходило активное освоение целинных и залежных территорий. Только в период с 1954 по 1959 гг в хозяйственный оборот было вовлечено около 42 млн га новых земель [Мелихов, 2014]. Развитие сельскохозяйственного производства на современном этапе развития страны находится в проблемном состоянии.

В результате экономического кризиса в 1990-х годах большие площади пахотных земель начали выводить из сельскохозяйственного оборота. Общая площадь заброшенных земель в 1990–2005 гг. составляет 30-40 млн га [Ушачев, 2009]. По данным Кундиус [2015] в настоящее время в каждом субъекте РФ не распахивается и не используется в сельскохозяйственном производстве примерно 28,5% площади пахотных угодий. На основной части этих площадей восстанавливаются природные экосистемы, что позволяет отнести залежные поля к классическим объектам для изучения хода экологических сукцессий [Buell et al., 1971].

Важным аспектом при изучении залежных земель является восстановление плодородия и выявление возможных путей постагрогенной эволюции почв. Бывшие агроценозы, трансформированные в постагрогенные фитоценозы, отличаются от естественных по растительной структуре и её флористическому составу [Kalinina et.al., 2015]. Образование залежей сопровождается самопроизвольным зарастанием, начиная с сорной (пионерная стадия зарастания), затем луговой флорой. Растительность, а именно ее видовой состав, ценоотические группы, количественное и качественное соотношение видов, а также видовая насыщенность – является интегральным показателем демулационных процессов залежных земель [Работнов, 1995]. Зарастание должно привести к восстановлению исходного расти-

тельного покрова и существенному изменению состояния старопахотных почв. Однако, в ходе восстановительной сукцессии, залежи могут являться рассадниками и резерватами сорной растительности и болезней растений, вследствие чего могут представлять серьезную угрозу для близлежащих пахотных угодий [Гордеев, Романенко, 2008], что необходимо учитывать при ведении сельскохозяйственной практики.

Заращение бывших сельскохозяйственных угодий сопровождается изменением основных физических, химических и биологических свойств почвы, при этом трансформация в значительной степени затрагивает бывший пахотный горизонт [Скворцова и др., 1987; Falkengren-Grerup et al., 2006]. Направленность и величина изменений зависят от многих факторов (типов и свойств почв, истории предыдущего землепользования, биоклиматических условий региона) и могут сильно различаться, что объясняет интерес научной сферы к проблеме эволюции постагрогенных экосистем.

В Приморском крае начиная с 2013 г. реализуется Государственная программа развития сельского хозяйства, одним из пунктов которой является «Ввод в оборот неиспользуемой пашни и залежных земель сельскохозяйственного назначения» [Государственная программа «Развитие сельского хозяйства... от 07.12.2012 г.]. Между тем вопросы трансформации залежных почв территории Дальневосточного региона остаются малоизученными.

Цель исследования – изучение структуры растительных сообществ и некоторых агрохимических свойств почв в ходе постагрогенной трансформации залежных экосистем юга Приморского края.

Исследования проводили на бывших пахотных землях Уссурийского городского округа Приморского края (Табл.1). Изученные участки представляли собой залежи 15, 20, и 35-летнего возраста. В 1970–1980 гг. исследуемые поля использовались под полевые и овощные севообороты. В эти же годы была проведена последняя агрохимическая съемка территорий совхозов. Для сравнения привлечены образцы ненарушенной почвы, расположенной в непосредственной близости от залежей и развивающиеся под зональным типом растительности, и с пахотной почвы с поля, используемого под возделывание сои (контрольный вариант длительного опыта по использованию удобрений на территории ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки).

Характеристика объектов исследований

Возраст залежи, лет	Географические координаты, град.		Тип доминирующей синузии
	широта N	долгота E	
0*	43.859 189	131.945 269	посевы сои
15	43.837 730	132.093 442	злаково-полынная
20	43.751 206	132.020 417	злаково-полынно-разнотравная
35	43.842 654	131.917 306	осоково-злаковая

Примечание: пашня

Почва на исследуемых участках – лугово-бурая оподзоленная (Gleyic Cambisols). Лугово-бурые почвы имеют морфологические и физико-химические признаки и свойства, близкие как к луговым, так и к бурым лесным почвам. Для них характерна высокая степень гумусированности и дренированности, тяжелый гранулометрический состав. Залегают эти почвы на озерно-аллювиальных отложениях тяжелого гранулометрического состава и формируются под остепненными разнотравно-злаковыми группировками растительности в комплексе с кустарниковыми зарослями. Распространены в основном в пределах Западно-Приморской равнины, а также на территории Среднеамурской равнины в нижнем течении р. Уссури. Эти почвы составляют основной пахотный фонд (в комплексе с луговыми глеевыми) в Приморском крае, где они большей частью приурочены ко второй и третьей надпойменным террасам оз. Ханка на высоте 80–150 м над ур. м. В центральных земледельческих районах Приморья они занимают более 50% сельскохозяйственных угодий [Иванов, 1976; Синельников, 1987].

Почва залежей 15, 20-летнего возраста имели следующий набор генетических горизонтов: AU (0–10 см) – темно-серый, легкосуглинистый, крупнозернистой структуры, задернован, постепенно переходящий в более плотный горизонт Elnng (10–30 см) – коричнево-серый, легкосуглинистый, плотный, с большим количеством железо-марганцевых конкреций (далее – конкреции), с заметным переходом в BELg (30–40 см) – серый, плотный, среднесуглинистый, встречаются конкреции, глыбисто-комковатый с постепенным переходом в горизонт BTg (40–70 см) – плотный, серо-бурого цвета, глинистый и горизонт Cg (70–90 см) – представляет собой плотную глину.

Почва залежи 35-летнего возраста сформирована в условиях постоянного или длительного переувлажнения. Профиль почвы имеет следующий набор генетических горизонтов: AU (0–12 см) – темно-серый, рыхлый, зернистой структуры, сильно задернован, постепенно переходящий в горизонт Elnng (12–22 см) – светло-серый, встречаются конкреции, супесчаный, с резким переходом в BTg (22–55 см) – серо-коричневый, свежий, плотный, легкосуглинистый, комковато-глыбистый, постепенно переходит в горизонт Cg (55–90 см) – сизовато-серый, плотный, среднесуглинистый, комковатой структуры.

Отбор проб проводили из верхних слоёв профиля и трёх прикопок на глубинах 0–20 и 20–30 см. В смешанных образцах определяли кислотность почв (рН солевой вытяжки) на рН-метре Mettler Toledo S220-Kit (Швейцария), содержание гумуса методом Тюрина, поглощённые основания – по Шолленбергеру, подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову [Аринушкина, 1970].

Для изучения растительных сообществ применялись стандартные геоботанические методы [Раменский, 1971], для определения возраста деревьев и подроста – методы дендрохронологии [Шиятов и др., 2000].

Климат в Приморском крае муссонный, с малоснежной зимой и влажно-тропической погодой летом, что способствует активному разложению поступающих в почву растительных остатков [Иванов, 1976]. Для почв района исследований атмосферные осадки являются основным источником поступления влаги. Годовое их количество в среднем составляет 500-900 мм. Осенне-летний период территория Приморского края характеризуется частым прохождением тайфунов, которые зарождаются над Тихим океаном. В это время (июль-сентябрь) на обширной территории выпадают дожди циклонического типа. В зимний период погоду определяет прохождение сухих холодных воздушных масс, формирующихся в области азиатского антициклона.

При обработке данных использовали общепринятые статистические методы с использованием программы Statistica v.13.

Возобновление растительного покрова на залежных полях зависит от экотопических условий, и, в первую очередь, от фитоценотического окружения и режима увлажнения. Первое обуславливает поступление определенного набора семян, а второе их успешную приживаемость. Согласно ли-

тературным данным, формирование растительного покрова на залежах проходит по определенной схеме и включает несколько стадий [Работнов, 1995]. Из них можно выделить основные: 1) зарастание однолетними сорняками, которые обычно растут в посевах культурных растений; 2) олуговение – увеличение, а затем господство полыней и бобовых; с течением времени на залежах активно развиваются злаковые, которые могут занимать значительные площади сплошными зарослями; 3) залесение – восстановление подроста древесных растений. При обследовании полей выведенных из сельскохозяйственного оборота нами выделено несколько типов естественного зарастания в зависимости от возраста залежей и сформированных условий экотопа. Все они относятся ко второй и третьей стадиям.

Наиболее устойчивыми доминантами в залежных экосистемах юга Приморского края являются вейниково–злаковые и полынные синузии. На залежах 15 и 20-летнего возраста доминирующим семейством является Asteraceae, существенно участие семейства Fabaceae. На 35-летних залежах высокое участие в травостое семейства Poaceae. Максимальным видовым разнообразием характеризуются средневозрастные залежи с возобновлением древесных растений. С увеличением возраста залежи видовое разнообразие снижается.

Согласно анализу семейственных спектров, с увеличением возраста залежи происходит увеличение разнообразия семейств (Рис. 1), что согласуется с данными полученными другими исследователями на территории Приморского края [Комаров, 1917; Шишкин, 1927; Колесников, 1955]. Наименьшее разнообразие характерно для средневозрастных 15–ти летних залежей. Возобновление древесных растений происходит очень медленно. Согласно проанализированным древесным кернам, успешное закрепление единичных особей подроста происходит спустя 10 лет после вывода поля из сельскохозяйственного оборота. В большинстве случаев пионерами становятся представители рода *Salix*. Появление представителя коренных лесов, подроста *Q. mongolica* Fisch. ex Turcz., происходит в возрасте 15–20 лет и приурочено к периферии залежи, граничащей с лесным массивом.

Возобновление древесных происходит очень медленно. Согласно проанализированным древесным кернам, успешное закрепление единичных особей подроста происходит спустя 8–10 лет после вывода поля из сельскохозяйственного оборота. В большинстве случаев пионерами становятся представители рода *Salix*. Распространение семян ветром на далекие рассто-

яния и сохранение всхожести даже в условиях избыточного переувлажнения на продолжении нескольких лет способствует закреплению их в фитоценозе. Высокая толерантность подроста ивы к условиям среды помогает переносить затопление территорий и проходящие многочисленные пожары.

Рис. 1. Усредненное количество видов и семейств растений на разновозрастных залежах и в коренном лесу (в шт.).

3-15 – залежи 15-летнего возраста, 3-20 – залежи 20-летнего возраста, 3-35 – залежи 35-летнего возраста, Л – лес.

1 – Виды растений, 2 – Древесные, 3 – Семейства, $P \leq 0,05\%$.

Все образцы древесных кернов представителей этого рода имеют следы повреждения пожарами в разном возрасте. В условиях стабильного гидрологического режима и отсутствия пожаров появляется подрост *Betula platyphylla*, *Populus tremula*. Несмотря на то, что в ближайшем окружении эти виды деревьев могут и не присутствовать, при сильных ветрах их семена могут уноситься ветром до 2 км и более [Верхунов, 1979]. Спустя 15-20 лет после вывода поля из севооборота, в условиях незначительной пирогенной нагрузки появляется подрост *Quercus mongolica* – эдификатор аборигенных лесных сообществ, но его распространение ограничено по территории поля. Однако, большинство исследуемых залежей подвержены пожарам и медленно растущий подрост дуба на них просто сгорает. Мелкий подрост *Populus taximowiczii* встречается на залежах разного режима увлажнения.

В условиях частого воздействия пирогенного фактора на растительные сообщества возобновление древесных сильно затруднено. Растительные сообщества начинают развиваться практически с нуля или же сильно тормозят в развитии. На протяжении длительного времени после пожара на полях преобладают различные виды полыни, а видовое разнообразие снижается. Схожая ситуация в Приамурье была описана в работах С.Д. Шлотгауэр [Шлотгауэр, 2007, 2008].

Результат анализа взаимоотношений агрохимических свойств почв и типа растительности показал их высокую корреляцию. Гумусовый горизонт наиболее зависим от типа растительного сообщества [Falkengren-Grerup, 2006]. Самыми высокими показателями содержания гумуса (рис. 2) характеризуются аборигенный лесной массив и 35-летняя залежь. Увеличение содержания гумуса в поверхностном которой во многом связано со значительным приносом органического вещества с корневой массой растений.

В изученных лугово-бурых почвах, находящихся в залежи более 20 лет отмечено разделение исходного пахотного горизонта на подгоризонты, как по морфологическим свойствам, так и по содержанию органического вещества. Разница в содержании гумуса между верхним (0-10 см) и нижележащим горизонтом составляет 1-2 %. Согласно оценочным показателям [Орлов, Бирюкова, Розанова, 2004], содержание гумуса в изученных залежах находится на уровне «низких» и «ниже средних» значений, и составляет в среднем от 3,1 до 5,5 %.

Под воздействием травянистой растительности верхняя часть бывшего пахотного горизонта преобразуется в дерновый горизонт. Наибольшее проявление этого процесса отмечено зрелых залежах. В сформировавшемся горизонте присутствует большое количество органического вещества, содержание углерода при этом составляет порядка 5%, что в пересчете на гумус характеризуется как «высокое» содержание (8%).

Согласно различным литературным источникам [Хавкина, 2004; Пуртова, Бурдуковский, 2016; Пуртова, Костенков, Щапова, 2017] для пахотных лугово-бурых оподзоленных почв района исследований содержание гумуса варьируется от 3,3 до 4,3 %. Исходя из этих данных, при оставлении изученных почв в залежном состоянии на срок менее чем 15 лет, содержание гумуса в них остается на уровне фонового содержания. В более зрелых залежах можно отметить увеличение содержания гумуса. Кроме того, ориентируясь на архивные данные по конкретным полям, за

20-летний период нахождения участка в залежном состоянии, содержание гумуса в почве увеличилось на 1,8 % (с 3,7 до 5,5 %). Это связано с прекращением выноса органического вещества с урожаем и накоплением его в пределах почвенного профиля.

Рис. 2. Агрохимические свойства лугово-бурой оподзоленной почвы при различном хозяйственном использовании, ANOVA, Tukey тест, $P < 0,05$

Многие исследователи гумусного состояния различных типов почв, находящихся в залежи, подтверждают, что по мере увеличения срока снятия антропогенной нагрузки статус гумусированности почв повышается [Степанов, Суханова, 2007; Суханова и др., 2007; Poulton, Pye, Hargreaves, 2003; Post, Kwon, 2000; Романовская, Аракелян, 2007; Wright, Dou, Hons, 2007; Zhang, Penc, 2006].

Все исследуемые почвы по уровню кислотности относятся к слабо-кислым. На этапе активного возобновления древесных видов растений на залежах, кислотность почв увеличивается и уменьшается содержание подвижных форм калия. Прекращение сельскохозяйственного использования привело к снижению содержания катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} и подвижных форм фосфора. Увеличение катионов Ca^{2+} отмечено в почве 35-летней залежи. Аналогичные закономерности отмечены для дерново-подзолистых почв, но увеличение содержания катионов происходило в них на более ранних сроках после начала залежного процесса [Литвинович и др., 2009]. Низкое содержание подвижных форм фосфора в исследуемых почвах обусловлено региональными особенностями почвообразования, а именно, процессом конкрециобразования [Timofeeva et. al., 2014], в результате которого фосфор переходит в недоступное фиксированное состояние в железомарганцевые конкреции. На более поздних сроках после начала залежного процесса нами отмечено увеличение содержания подвижных форм фосфора.

Вероятно, подобная картина является закономерным этапом развития залежных лугово-бурых оподзоленных почв Приморского края и отражает изменения агрохимических свойств, которые происходят при прекращении или снижении уровня антропогенного воздействия.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
2. Верхунов П.М. Прирост запаса разновозрастных сосняков. Новосибирск: Наука, 1979. 254 с.
3. Гордеев А.В., Романенко Г.А. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России. М.: Росинформагротех, 2008. 69 с.
4. Государственная программа «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Повышение уровня жизни сельского населения Приморского края» на 2013–2020 годы от 07.12.2012 г. [Электрон. ресурс]. URL: <http://www.agrodiv.ru/content/programmy-razvitiya-apk>
5. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.

6. Колесников Б.П., Гутникова З.И. Растительность залежей Приханкайской равнины // Сообщения ДВФ АН СССР. 1955. Вып. 7. С. 10–15, 22–38.

7. Комаров В.Л. Типы растительности Южно–Уссурийского края // Труды почвенно–ботанических экспедиций по исследованию колонизационных районов Азиатской России. Часть II. Ботанические исследования 1913 г. Вып. 2. Петроград, 1917. 296 с.

8. Кундиус В.А., Воронкова О.Ю. Эколого-экономические предпосылки использования залежных земель Алтайского края в направлении производства органической продукции // Вестник алтайской науки. 2015. №3. С. 295–302.

9. Литвинович А.В., Дричко В.Ф., Павлова О.Ю., Чернов Д.В., Шабанов М.В. Изменение кислотно-основных свойств окультуренных дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава в процессе постагрогенной трансформации // Почвоведение. 2009. № 6. С. 680–686.

10. Мелихов В.В. Освоение целины – поворотный этап глобального развития сельскохозяйственного производства // Орошаемое земледелие. 2014. №3. С.3–4.

11. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н, Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. №8. С.918–926.

12. Пуртова Л.Н., Бурдуковский М.Л. 2016. К оценке экологического состояния лугово-бурых почв Приморья // Вестник КрасГАУ. №.7. С.12–18.

13. Пуртова Л.Н. , Костенков Н.М. , Щапова Л.Н. 2017. Оценка гумусного состояния и продуцирования CO₂ почвами природных и агрогенных ландшафтов юга Дальнего Востока России // Почвоведение. 2017. №.1. С.48–55.

14. Работнов Т.А. История фитоценологии: Учебное пособие. М.: Аргус, 1995. 158 с.

15. Раменский Л. Г. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Избранные работы. Л.: Наука, 1971. 610 с.

16. Романовская А. А., Аракелян Т. Г. Почвенный органический углерод залежных земель в Московской области // Труды IV Всероссийской конференции «Гуминовые вещества в биосфере». С-Пб: СПбГУ, 2007. С. 618–626.

17. Синельников Э. П. Почвы земледельческой зоны юга Дальнего Востока. Уссурийск: ПГСХА, 1987. 216 с.
18. Скворцова Е.Б., Баранова О.Ю., Нумеров Г.Б. Изменение микро-строения почв при зарастании пашни лесом // Почвоведение. 1987. № 9. С. 101–109.
19. Степанов А.А., Суханова Н.И. Изменение молекулярно-массового распределения и степени амфифильности гуминовых веществ чернозема обыкновенного карбонатного в ходе естественного восстановления степной растительности // Труды IV Всероссийской конференции «Гуминовые вещества в биосфере». С-Пб: СПбГУ, 2007. С. 86-94.
20. Суханова Н.И., Курганова И.Н, Лопес де Гереню В.О., Керимзаде В.В. Изменение содержания органического углерода и дыхательной активности чернозема обыкновенного под влиянием зарастания естественной растительностью // Труды IV Всероссийской конференции «Гуминовые вещества в биосфере». С-Пб: СПбГУ, 2007. С. 310-314.
21. Ушачев И. Г. Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности России. М. : Росинформагротех, 2009. 24 с.
22. Хавкина Н. В. Гумусообразование и трансформация органического вещества в условиях переменного-глеевого почвообразования: монография. Уссурийск: ПГСХА., 2004. 270 с.
23. Шишкин И.К. Сорная растительность посевов и процесс зарастания залежей в южном Приморье // Производительные силы Дальнего Востока. 1927. Т. 3. С. 213–229.
24. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепа В.С, Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
25. Шлотгауэр С.Д. Трансформация видового разнообразия растительности Приамурья под влиянием пожаров // Сибирский экологический журнал. 2007. № 2. С. 251–255.
26. Шлотгауэр С.Д., Крюкова М.В. Воздействие пирогенного фактора на состояние растительного покрова в бассейне Амура // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2008. № 1. С. 59–68.
27. Buell M.F., Buell H.F., Small J.A., Siccama T.G. Invasion of Trees in Secondary Succession on the New Jersey Piedmont // Bulletin of the Torrey Botanical Club. 1971. V.98. P.67-74.

28. Falkengren-Grerup U., ten Brink D.-J., Brunet J. Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40–80 years of forest growth on agricultural soils // *Forest Ecol. Manag.* 2006. V.225. P. 74–81.
29. Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Postagrogenic development of vegetation, soils and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // *Catena*. 2015. V. 129. P. 18–29.
30. Post W.M., Kwon K.C. Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential // *Global Change Biology*. 2000. V.6. P. 317–328.
31. Poulton P.R.; Pye E., Hargreaves p. R., Jenkinson D. S. Accumulation of carbon and nitrogen by old arable land reverting to Woodland // *Global Change Biol.* 2003. V. 9. P. 942–955.
32. Timofeeva, Y.O., Karabtsov, A.A., Semal, V.A., Burdukovskii, M.L., Bondarchuk, N.V. Iron-manganese nodules in udepts: the dependence of the accumulation of trace elements on nodule size // *Soil Science Society of America Journal*. 2014. V.78. P. 767–778.
33. Wright A.L. Dou F., Hons F.M. Soil organic C and N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in central Texas // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2007. V.121. P. 376–382.
34. Zhang B., Penc X. Organic matter enrichment and aggregate stabilization in a severely degraded ultisol after reforestation // *Pedosphere*. 2006. V.16. P. 699–706.