УДК 631.41+581.5 doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-078-083

Динамика растительности и свойств почв залежных экосистем

© 2020. М. Л. Бурдуковский, к. б. н., с. н. с.,
П. А. Перепелкина, м. н. с., И. В. Киселева, к. б. н., с. н. с.,
Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
690022, Россия, Приморский край, г. Владивосток,
проспект 100-летия Владивостока, д. 159,
e-mail: mburdukovskii@gmail.com, polly2004@list.ru, kiseleva-iv@inbox.ru

Изучены трансформация состава растительного покрова и изменение некоторых свойств почв залежных полей на территории Приморского края. Первыми поселенцами из древесных растений на исследуемых территориях являются представители рода *Salix*, они произрастают единично или образуют микрогруппировки. Установлено, что появление в подросте представителя коренных лесов *Quercus mongolica* Fisch. ex Turcz. происходит через 15–20 лет после вывода поля из сельскохозяйственного оборота. Максимальным видовым разнообразием характеризуются средневозрастные залежи (20–30 лет). С увеличением возраста залежи видовое разнообразие снижается. В условиях воздействия пирогенного фактора и дефицита в почве семян растений, характерных для залежных экосистем Приморского края, наиболее устойчивыми доминантами являются вейниково-злаковые и полынные синузии. На этапе активного возобновления древесных пород увеличивается кислотность почв и уменьшается содержание гумуса, подвижных форм калия и фосфора.

Ключевые слова: пашня, сукцессия, залежные земли, агрохимическая характеристика.

Dynamics of vegetation and soil properties of fallow ecosystems

© 2020. M. L. Burdukovskii ORCID: 0000-0003-1806-6721,
P. A. Perepelkina ORCID: 0000-0001-7652-9443,
I. V. Kiseleva ORCID: 0000-0002-2547-5905,
Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
159, Prospekt Stoletiya Vladivostoka, Vladivostok, Russia, 690022,
e-mail: mburdukovskii@gmail.com, polly2004@list.ru, kiseleva-iv@inbox.ru

Russia ranks first in the world in the area of land taken out of agricultural use. In some regions, fallow areas account for more than 50% of the total agricultural area. Currently, the main part of these areas is in the process of natural ecosystem restoration, with significant changes in vegetation composition, soil formation, and soil properties.

Land withdrawal from the fallow state to arable land is becoming a worldwide trend and also significant in the far-eastern region of Russia. Data on the vegetation cover transformation on the territory of Primorsky region depending on the fallow period are considered. Studies were conducted on abandoned agricultural fields (15, 20, 30, 35 and 60 years after abandonment). As a reference site, we used a cultivated field in the area and native forest samples. The experiment included 2 soil types: Gleyic Cambisols and Dystric Fluvisol.

The study determined that members of the genus *Salix* are the first settlers of woody plant. They grow singly or form microgroups. The undergrowth *Quercus mongolica* Fisch. ex Turcz., which is representative of the native forest appears 15–20 years after the taking the field out of agricultural use. Middle-age fallow fields (20–30 years after abandonment) are characterized by the maximum species diversity. Fallow ecosystems of the Primorsky region are characterized by plant seed shortage and frequent fires. Reedgrass-cereals and wormwood sinusias are the most stable dominants under these conditions. An increase in soil acidity and reduction of humus content, mobile forms of potassium and phosphorus occur at the stage of active renewal of tree species.

Keywords: arable land, succession, fallow lands, agrochemical characteristics.

Экономический кризис 1990-х годов в России способствовал выводу из оборота больших площадей сельскохозяйственных земель. В настоящее время в каждом субъекте Российской Федерации не распахивается и не используется в сельскохозяйственном производстве примерно 28,5% площади пахотных угодий [1].

Бывшие агроценозы, трансформированные в постагрогенные фитоценозы, отличаются от естественных ценозов структурой растительности и её флористическим составом [2]. Естественное развитие растительности зависит от многих факторов: физико-химических свойств почвы, истории землепользования на данной территории, почвенного банка семян, наличия занесённых видов, аллелопатических взаимодействий, времени нахождения в залежном состоянии и др. [3–6].

Освоение новых территорий, которые могут быть использованы для нужд сельского хозяйства, требует больших капитальных вложений и трудовых ресурсов. Более экономичным способом является возвращение в сельскохозяйственный оборот земель, длительное время не используемых в аграрном производстве, тем более что вопрос стоит не об освоении целины, а только о проведении мелиоративных мероприятий и возобновлении обработки [7].

На территории Дальневосточного региона, где только за период с 2010 по 2013 гг. площадь земель сельскохозяйственного назначения сократилась на 5,3 млн га, проблема трансформации залежных почв при повторном вовлечении в сельскохозяйственное использование остаётся актуальной. Работ, касающихся изменения основных свойств и уровня плодородия почв в ходе постагрогенеза, практически нет. Взаимосвязь между динамикой растительности и почвенными условиями также остаётся не изученной.

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

Материалы и методы

Исследования проводили на бывших пахотных землях Уссурийского городского округа Приморского края в июле–августе 2017 г. Изучаемые участки представляли собой залежи 15, 20, 30, 35 и 60-летнего возраста (рис. 1). Для сравнения были привлечены образцы ненарушенной почвы, расположенной в непосредственной близости от залежей и развивающейся под зональным

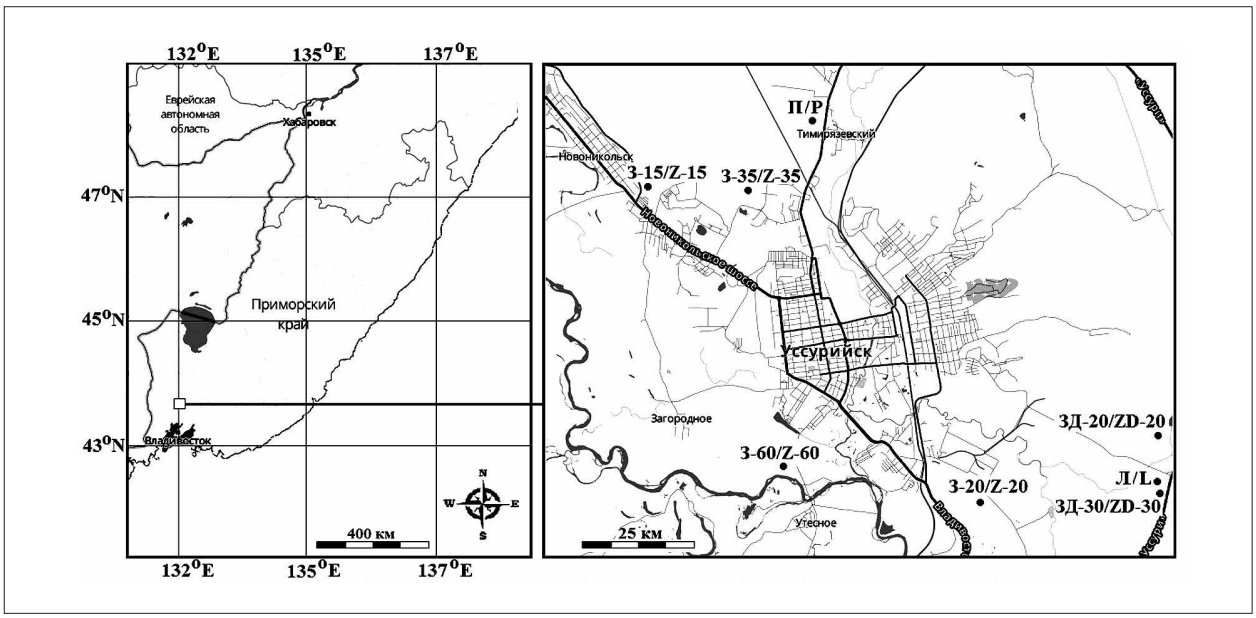

Рис. 1. Карта-схема района исследований: П – поля севооборота; З-15 – средневозрастные 15-летние залежи; З-20 – средневозрастные 20-летние; ЗД-20 – средневозрастные 20-летние с активным возобновлением древесных пород; ЗД-30 – средневозрастные 30-летние с активным возобновлением древесных пород; З-35 – средневозрастные полугидроморфные 35-летние; З-60 – зрелые 60-летние; Л – коренной дубовый лес

Fig. 1. Study area map: P – cultivated field; Z-15 – 15-years old fallow; Z-20 – 20-years old; ZD-20 – 20-years old with active renewal of tree species; Z-30 – 30-years old with active renewal of tree species; Z-35 – semi hydromorphic 35-years old; Z-60 – 60-years old; L – native forest

типом растительности, и пахотной почвы с поля, используемого под возделывание сои (контрольный вариант длительного опыта по использованию удобрений на территории Приморского научно-исследовательского института сельского хозяйства).

Для выявления основных закономерностей зарастания залежей все поля были кластеризованы на группы, каждая из которых включает по 3 поля.

Для изучения растительных сообществ применялись стандартные геоботанические методы [8]. Описания каждого участка проведены на 2 площадках размером 20 х 20 м, наиболее полно характеризующих травостой. Для определения возраста деревьев и подроста применены методы дендрохронологии [9].

Почва на исследуемых участках – тёмногумусовый подбел (Gleyic Cambisols), за исключением 60-летних залежей, где распространена аллювиальная серо-гумусовая почва (Dystric Fluvisol). Почва залежи 35-летнего возраста (З-35) относится к полугидроморфной, что предполагает условия постоянного или длительного переувлажнения. В почвенном профиле присутствуют признаки оглеения.

На каждом участке был заложен разрез для уточнения классификационной принадлежности почвы. Отбор проб проводили из верхних слоёв профиля и трёх прикопок на глубинах 0–20 и 20–30 см. В смешанных образцах определяли кислотность почв (pH солевой вытяжки) на pH-метре Mettler Toledo S220-Kit (Швейцария), содержание гумуса методом Тюрина, поглощённые основания – по Шолленбергеру, подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову [10].

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

Результаты и обсуждение

Возобновление растительного покрова на залежных полях зависит от экотопических условий, и, в первую очередь, от фитоценотического окружения и режима увлажнения. Первое обусловливает поступление определённого набора семян, а второе – их успешную приживаемость. Нами выделено несколько типов естественного зарастания залежей в зависимости от возраста и сформированных условий экотопа. Все они относятся к стадиям олуговения и залесения [11].

В ходе исследований было выявлено, что максимальным видовым разнообразием характеризуются средневозрастные залежи с начальным этапом возобновления древесных растений (рис. 2). С увеличением возраста залежей видовое разнообразие снижается, выпадают виды адвентивной флоры, увеличивается участие луговых трав, появляются аборигенные виды лесных растений, сохраняющие разнообразие семейств в сформированной травяной синузии.

Согласно анализу семейственных спектров, с увеличением возраста залежи происходит и увеличение разнообразия семейств. Наименьшее разнообразие характерно для средневозрастных 15-летних залежей (З-15). Доминирующим семейством является *Asteraceae*, существенно участие семейства *Fabaceae*. На зрелых залежах увеличивается участие в травостое семейства *Poaceae*.

Возобновление древесных растений 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 дальние расстояния и сохранение всхожести даже в условиях избыточного увлажнения на протяжении нескольких лет способствуют закреплению их в фитоценозе. Высокая толерантность подроста ивы к условиям среды помогает переносить затопление территорий и многочисленные пожары. Все образцы кернов представителей этого рода имеют следы

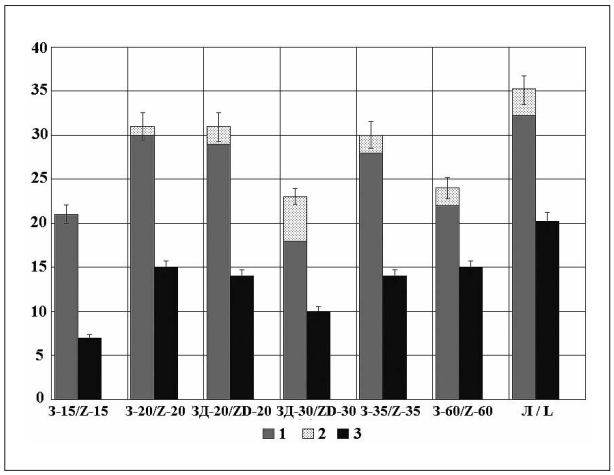

Рис. 2. Усреднённое количество видов и семейств растений на разновозрастных залежах и в коренном лесу (в шт.): 1 – виды растений, 2 – древесные, 3 – семейства, $p \leq 0{,}05\%$

Fig. 2. Average number of plant species and plant communities on fallow lands (number of pieces): 1 – plant species, 2 – trees species, 3 – plant communities, $p \leq 0.05\%$

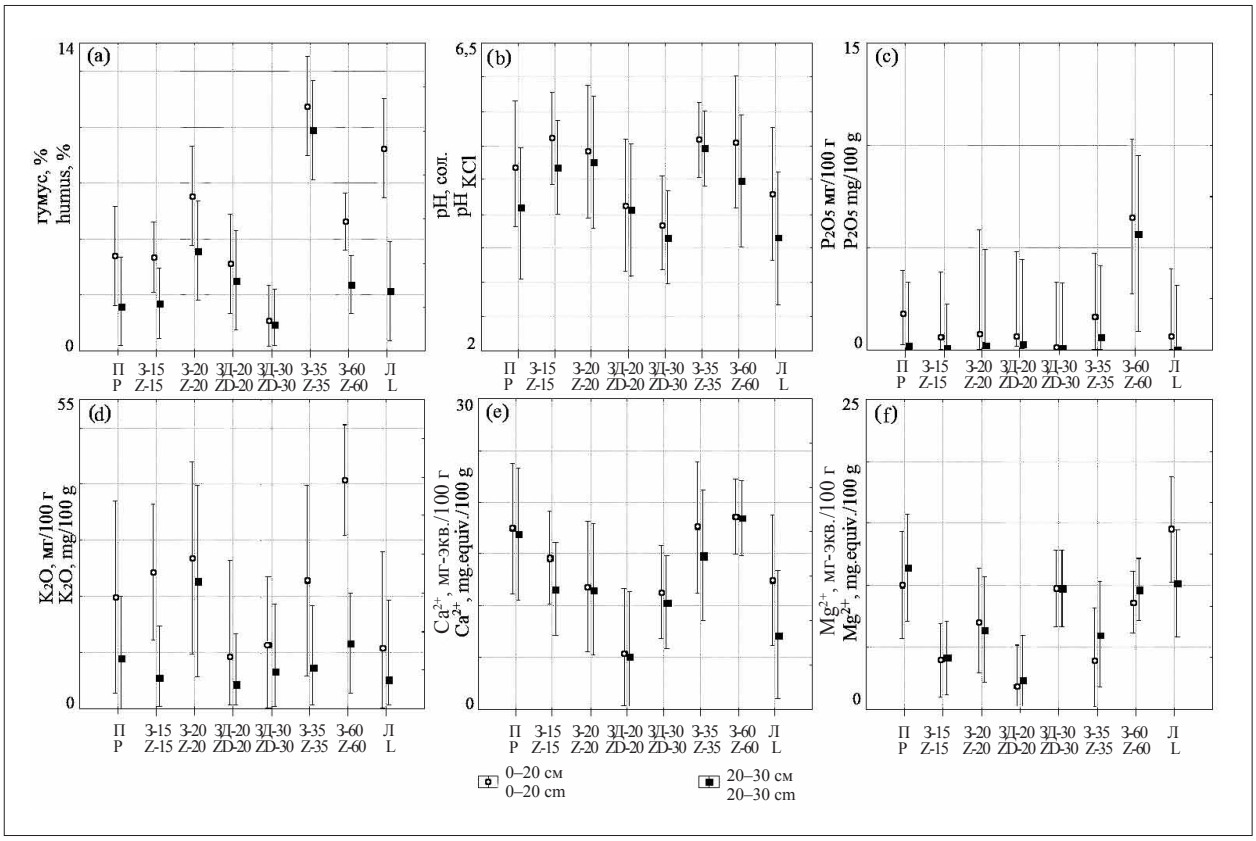

Рис. 3. Агрохимические свойства тёмно-гумусового подбела и аллювиальной серо-гумусовой почвы при различном хозяйственном использовании, ANOVA, Tukey тест, $p < 0{,}05$
Fig. 3. Agrochemical properties of Gleyic Cambisols and Dystric Fluvisol with different use and managements, ANOVA, Tukey test, $p < 0.05$

повреждения пожарами в разном возрасте. В условиях стабильного гидрологического режима и отсутствия пожаров появляется подрост *Betula platyphylla* Sukaczev, *Populus tremula* L. Несмотря на то, что в ближайшем окружении эти виды деревьев могут и не присутствовать, при сильных ветрах их семена могут уноситься ветром на расстояние до 2 км и более. Спустя 15–20 лет после вывода поля из севооборота, в условиях незначительной пирогенной нагрузки (ЗД-30) появляется подрост *Quercus mongolica* Fisch. ex Turcz. – эдификатора аборигенных лесных сообществ, но его распространение ограничено по территории поля. Однако, большинство исследуемых залежей подвержено пожарам и медленно растущий подрост дуба на них просто сгорает. Мелкий подрост *Populus maximowiczii* A. Henry встречается на средневозрастных залежах разного режима увлажнения (ЗД-30, З-35), но крупный подрост зафиксирован только на залежах мезофитного типа (ЗД-30). На зрелых залежах (З-60) отмечен подрост *Fraxinus mandshurica* Rupr., *Acer ginnala* Maxim. Семена данных видов распространяются ветром на расстояние 20–90 метров [12]. Соответственно, их возобновление на залежах возможно только в условиях непосредственного наличия генеративных деревьев в ближайшем окружении.

В условиях частого воздействия пирогенного фактора на растительные сообщества возобновление древесных растений 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. Аналогичная ситуация в Приамурье была описана в работе [13].

Результат анализа взаимоотношений агрохимических свойств почв и типа растительности показал их тесную корреляционную связь.

Гумусовый горизонт наиболее зависим от типа растительного сообщества [14]. Самым высоким содержанием гумуса (рис. 3а) характеризуются почвы аборигенного лесного массива (Л) и полугидроморфной залежи (З-35). Практически все исследуемые поля достоверно отличаются от лесных почв более низким его содержанием. Увеличение содержания гу-

муса в поверхностном горизонте полугидрофорфной залежи (З-35) во многом связано со значительным привносом органического вещества с корневой массой растений. Этому способствует обильная осоково-злаковая растительность (верхний горизонт почвы был сильно задернован). При этом поверхностное переувлажнение почв сдерживает процессы минерализации органического вещества микрофлорой, что приводит к накоплению гумуса. Почвы полынно-вейниковых залежей с активным возобновлением видов древесных растений (ЗД-30) характеризуются самыми низкими значениями содержания гумуса.

Все исследуемые почвы по уровню кислотности относятся к слабокислым кроме почв залежных полей с интенсивным возобновлением древесных растений (ЗД-20, ЗД-30), в которых реакция среды сильнокислая и приближена к почвам коренных дубовых лесов (рис. 3b).

Прекращение сельскохозяйственного использования привело к снижению содержания катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в почве (рис. 3e, f). Увеличение происходит спустя 30 лет. Аналогичные закономерности отмечены для дерново-подзолистых почв, но увеличение содержание катионов происходило в них на более ранних сроках после начала залежного процесса [15]. По содержанию катионов Ca^{2+}, особенно в минеральном горизонте, и подвижных форм калия и фосфора наибольшими концентрациями характеризуются зрелые залежи (З-60) (рис. 3 c, d, e). Они достоверно отличаются от лесных почв и почв средневозрастных залежей с активным возобновлением древесных пород. Низкое содержание подвижных форм фосфора в тёмно-гумусовом подбеле по сравнению с аллювиальной серо-гумусовой почвой обусловлено региональными особенностями почвообразования, а именно, процессом конкрециобразования [16], в результате которого фосфор переходит в недоступное фиксированное состояние в железомарганцевые конкреции.

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

Заключение

Наиболее устойчивыми доминантными в залежных экосистемах юга Приморского края являются вейниково-злаковые и полынные синузии. На средневозрастных залежах доминирующим семейством является *Asteraceae*, существенно участие семейства *Fabaceae*. На зрелых залежах выявлено высокое участие в травостое семейства *Poaceae*. Максимальным видовым разнообразием характеризуются средневозрастные залежи с возобновлением древесных растений. С увеличением возраста залежи видовое разнообразие снижается.

Первыми поселенцами из древесных растений на исследуемых территориях являются представители рода *Salix*, они произрастают единично или образуют микрогруппировки. Их успешное закрепление происходит спустя 8–10 лет после вывода поля из сельскохозяйственного оборота. 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.

Изучение взаимоотношений агрохимических свойств почв и типа растительности выявило несколько закономерностей для разных этапов процесса естественного зарастания территорий. После выведения полей из сельскохозяйственного оборота и формирования средневозрастных залежей в почве снижается содержание подвижных форм фосфора, катионов Ca^{2+} и Mg^{2+}. На более поздних сроках залежного процесса происходит увеличение содержания в почве катионов Ca^{2+}, подвижных форм калия и фосфора. На этапе активного возобновления древесных видов растений на залежах увеличивается кислотность почв и уменьшается содержание гумуса и подвижных форм калия.

Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, проект № 17-76-10011 «Оценка продуктивности, агроэкологического состояния и перспективы использования залежных почв Дальневосточного региона».

Литература

1. 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.

2. 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.

3. Leck M.A., Leck C.F. A ten-year seed bank study of old field succession in central New Jersey // J. Torrey Bot Soc. 1998. V. 125. P. 11–32.

4. Meiners S.J., Pickett S.T.A., Cadenasso M.L. Effects of plant invasions on the species richness of abandoned agricultural land // Ecography. 2001. V. 24. P. 633–644.

5. Schmidt W. An experimental study of old-field succession in relation to different environmental factors // Plant Ecol. 1998. V. 77. P. 103–114.

6. Stowe L.G. Allelopathy and its influence on the distribution of plants in an Illinois old-field // J. Ecol. 1979. V. 67. P. 1065–1085.

7. Орлова О.И. Борьба за землю: восстановление залежных земель // Карельский научный журнал. 2015. № 2 (11). С. 130–133.

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

9. 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.

10. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.

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

12. Ильинский А.П. Расселение растений (основные понятия и термины) // Природа. 1945. № 5. С. 45–55.

13. Шлотгауэр С.Д. Трансформация видового разнообразия растительности Приамурья под влиянием пожаров // Сибирский экологический журнал. 2007. № 2. С. 251–255.

14. 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. 2005. V. 225. P. 74–81.

15. Litvinovich A.V., Drichko V.F., Pavlova O.Yu., Chernov D.V., Shabanov M.V. Changes in the acid-base properties of cultivated light-textured soddy-podzolic soils in the course of postagrogenic transformation // Eurasian Soil Science. 2009. V. 6. P. 629–635.

16. 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. No. 3. P. 767–778.

References

1. Kundius V.A., Voronkova O.Y. Ecological and economic prerequisites for the use of fallow lands of the Altai territory in the direction of organic production // Vestnik altaiskoy nauki. 2015. No. 3. P. 295–302 (in Russian).

2. 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. doi: 10.1016/j.catena.2015.02.016

3. Leck M.A., Leck C.F. A ten-year seed bank study of old field succession in central New Jersey // J. Torrey Bot Soc. 1998. V. 125. P. 11–32. doi: 10.2307/2997228

4. Meiners S.J., Pickett S.T.A., Cadenasso M.L. Effects of plant invasions on the species richness of abandoned agricultural land // Ecography. 2001. V. 24. P. 633–644. doi: 10.1111/j.1600-0587.2001.tb00525.x

5. Schmidt W. An experimental study of old-field succession in relation to different environmental factors // Plant Ecol. 1998. V. 77. P. 103–114.

6. Stowe L.G. Allelopathy and its influence on the distribution of plants in an Illinois old–field // J. Ecol. 1979. V. 67. P. 1065–1085. doi: 10.2307/2259228

7. Orlova O.I. Struggle for the ground: restoration of laylands // Karelskiy nauchnyy zhurnal. 2015. No. 2 (11). P. 130–133 (in Russian).

8. Ramensky L.G. Problems and methods of studying vegetation. Collected works. Leningrad: Nauka, 1971. 610 p. (in Russian).

9. Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirdyanov A.V., Kruglov V.B., Mazepa V.S, Naurzbayev M.M., Khantemirov R.M. Dendrochronology methods. Part I. Basics of dendrochronology. Collecting and obtaining tree-ring information. Krasnoyarsk: KrasGU, 2000. 80 p. (in Russian).

10. Arinushkina E.V. Guide to the chemical soil analysis. Moskva: MGU, 1970. 487 p. (in Russian).

11. Rabotnov T.A. History of phytocenology: study guide. Moskva: Argus, 1995. 158 p. (in Russian).

12. Ilinsky A.P. Resettlement plant (basic concepts and terms) // Priroda. 1945. No. 5. P. 45–55 (in Russian).

13. Schlotgauer S.D. The fire–caused transformation of plant diversity in Priamurie // Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. 2007. No. 2. P. 251–255 (in Russian).

14. 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. 2005. V. 225. P. 74–81. doi: 10.1016/j.foreco.2005.12.027.

15. Litvinovich A.V., Drichko V.F., Pavlova O.Y., Chernov D.V., Shabanov M.V. Changes in the acid-base properties of cultivated light-textured soddy-podzolic soils in the course of postagrogenic transformation // Eurasian Soil Science. 2009. No. 6. P. 629–635. doi: 10.1134/S1064229309060076

16. 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. No. 3. P. 767–778. doi: 10.2136/sssaj2013.10.0444