

УДК 581.5+911.2+504.54

Особенности сукцессии растительности на склонах карьера строительных песков (месторождение песков «Осовцы», Гомель)

А.П. Гусев*, Н.С. Шпилевская*, В.Д. Веселкин**

*Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

**Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Актуальной проблемой является выявление закономерностей и механизмов сукцессий в техногенных ландшафтах. Это знание необходимо для прогнозирования экологического состояния техногенных ландшафтов, прогнозной оценки траектории развития отдельных техногенных экотопов, оценки экологических рисков и т.д.

Цель статьи – изучение сукцессионных процессов в техногенном ландшафте, представленном карьером строительных песков.

Материал и методы. Исследования выполнялись на территории юго-востока Беларуси (карьер «Осовцы»); метод – повторная геоботаническая съемка. При обработке материалов использовался метод Браун-Бланке.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований выполнен анализ повторных геоботанических съемок на постоянных пробных площадках; выяснены изменения эколого-флористической и эколого-ценотической структуры растительного покрова в ходе сукцессии; оценена скорость сукцессионного процесса в карьере с фоновыми показателями. Пионерная стадия характеризуется доминированием терофитов. Установлены смены видового состава в течение 10 лет сукцессии: сообщества класса *Chenopodietea* (1–2 годы сукцессии), сообщества класса *Artemisietea* (3 год), переходные сообщества *Artemisietea–Molinio-Arrhenatheretea* (10 год). Проведена оценка изменений экологических условий.

Заключение. Выявлены следующие особенности сукцессии на отвалах карьера «Осовцы»: а) низкая скорость смены растительных сообществ; б) экстремальные условия экотопа; в) активное участие чужеродных видов, доминирующих в сообществе на разных стадиях. Предполагается, что наблюдаемая экспансия *Solidago canadensis* может привести к задержке сукцессионного процесса на неопределенно длительное время.

Ключевые слова: растительность, техногенный ландшафт, карьер, сукцессия, чужеродные виды.

Features of Plant Succession on Slopes of an Open-Cast Mine of Building Sand (Deposit of Sand «Osovtsy», Gomel)

A.P. Gusev*, N.S. Shpileuskaya*, V.D. Veselkin**

*Educational establishment «Gomel State Francisk Skorina University»

**Ural Federal University named after the President of Russia B.N. Yeltsin

A topical issue is revealing laws and mechanisms of successions in technogenic landscapes. This knowledge is necessary for forecasting an ecological condition of technogenic landscapes, assessment of the trajectory of the development of technogenic ecotops, assessments of ecological risks etc.

The purpose of the research was studying succession processes in the technogenic landscape presented by an open-cast mine of building sand.

Material and methods. The research was carried out on the territory of the Southeast of Belarus: an open-cast mine of «Osovtsy». The research method is secondary geobotanical survey. At processing the materials the Braun-Blanquet method was used.

Findings and their discussion. During the researches the analysis of geobotanical survey on permanent plots is made. Changes of floristic and coenotic structures of a vegetative cover in a course succession are found out. Speed succession process in the mine with background indicators is estimated. On pioneer stages terophyta dominated. Changes of species structure within 10 year succession are established: communities of class *Chenopodietea* (1–2 years), communities of class *Artemisietea* (3 year), transitive communities *Artemisietea–Molinio-Arrhenatheretea* (10 years). Assessment of changes of ecological conditions is carried out.

Conclusion. Features of succession on open-cast mine «Osovtsy» are revealed: a) low speed of change of vegetative communities; b) extreme ecotops conditions; c) active participation of the alien plants dominating in communities at succession stages. It is supposed that observable expansion of *Solidago canadensis* can lead to the delay of the succession process for vaguely long time.

Key words: vegetation, technogenic landscape, open-cast mine, succession, alien plants.

Важность изучения сукцессий растительности в природно-антропогенных и антропогенных ландшафтах определяется тем, что оно дает информацию, необходимую для оценки устойчивости природных систем к антропогенному воздействию, для оценки и прогноза способности антропогенно трансформированных природных систем к самовосстановлению, для выработки научно обоснованных предложений по рекультивации и реабилитации нарушенных экосистем [1].

Актуальной проблемой является выявление закономерностей и механизмов сукцессий в техногенных ландшафтах. Это знание необходимо для прогнозирования экологического состояния техногенных ландшафтов, прогнозной оценки траектории развития отдельных техногенных экотопов, оценки экологических рисков и т.д. Сукцессии в техногенных ландшафтах могут рассматриваться как модель для оценки реакции локальных систем на глобальные воздействия. Такие сукцессии идут в незамкнутых условиях, не канализируются предшествующей историей растительности, отражают эффекты актуальных внешних условий и т.д. Для техногенных сукцессий возможна абсолютная оценка их длительности, что позволяет устанавливать скорости изменений тех или иных характеристик. Во многих техногенных местообитаниях можно подобрать ряды сопоставимых участков с разной длительностью зарастания, а иногда имеются однократные или даже неоднократные описания растительности в прошлом. Это помогает выстраивать прямые или косвенные временные ряды и моделировать сукцессионную динамику на основании строгих эмпирических данных. Изучение ранних этапов формирования экосистем важно потому, что именно здесь возможны качественные переключения траекторий сукцессий. Сильные отклонения от типичных сценариев на начальных этапах зарастания могут привести к длительному существованию не свойственных для территории сообществ.

Установлено, что сукцессии в сильнонарушенном ландшафте отличны от сукцессий в слабонарушенном ландшафте, что обусловлено фактором влияния ландшафтного окружения [2]. Специфичны сукцессии, протекающие в техногенных ландшафтах, т.е. на искусственных экотопах [3–4].

Целью исследований являлось изучение сукцессионных процессов в техногенном ландшафте, представленном карьером строительных песков. Решались следующие задачи: анализ повторных геоботанических съемок на постоянных пробных площадках; выяснение изменений эколого-флористической и эколого-ценотической структуры растительного покрова в ходе сукцессии; оценка инвазий чужеродных видов в сукцессионную серию на склонах карьера; сравнительная оценка скорости сукцессионного процесса в карьере с фоновыми показателями.

Материал и методы. Исследования выполнялись на территории юго-востока Беларуси. Климатические особенности района: средняя температура самого холодного месяца (январь) – -7°C ; средняя температура самого теплого месяца (июль) – $+18,5^{\circ}\text{C}$; годовая сумма температур выше 10° – около 2500; годовое количество осадков – 630 мм; коэффициент увлажнения – 1,3. По гидротермическим показателям территория относится к суббореальным гумидным (широколиственно-лесным) ландшафтам.

Месторождение строительных песков «Осовцы» расположено в пределах надпойменной террасы реки Сож, на юго-западе города Гомеля, вблизи деревни Осовцы. Мощность разрабатываемого слоя – до 12 м. Мощность вскрыши – 1–2 м. Карьер разрабатывался в 1980–2000 гг. В 2003–2006 гг. рекультивирован в водоем рекреационного назначения. Склоны выположены. На части склонов (до 25%) высажена культура сосны. Гумусовый слой на склонах не насыпался. Площадь карьера составляет $0,826 \text{ км}^2$, из них 46,7% приходится на два водоема, 34,9% занято рудеральными сообществами, 10,6% – луговыми сообществами, 7,8% – кустарниками (в 2013 г.). Пробные площадки (10x10 м) для наблюдений за сукцессионными процессами располагались в верхней половине склона.

Проективное покрытие определяли по 5-балльной шкале: (+) – меньше 1%; 1 – менее 5%; 2 – 6–15; 3 – 16–25; 4 – 26–50; 5 – более 50%. Геоботанические описания сводили в фитоценологические таблицы и для каждого вида устанавливали класс постоянства: I – менее 20%; II – 21–40; III – 41–60; IV – 61–80; V – 81–100%. При обработке материалов использовался метод Браун-Бланке [5–6]. Названия растений даются по сводке С.К. Черепанова [7].

Для изучения экологических условий применялись индикационные шкалы Х. Элленберга [8], Э. Ландольта [9] и Д.Н. Цыганова [10]. Достоверность отличий средних значений балловых оценок выявлялась по t-критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим результаты исследований сукцессии на склонах карьера «Осовцы». Пионерная стадия в 1 год представлена редкими группировками растений-терофитов. Общее проективное покрытие составляло около 5%. Наиболее часто встречались *Chenopodium album* L., *Setaria pumila* (Poir.) Schult., *Plantago arenaria* Waldst. & Kit., *Corispermum marschallii* Steven, *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love, *Conyza canadensis* (L.) Cronqist. Видовое разнообразие крайне низкое (5,8 видов на 100 м²).

На 2-й год популяции видов-пионеров разрослись. Увеличились постоянство и покрытие *Plantago arenaria* Waldst. & Kit., *Corispermum marschallii* Steven, *Conyza canadensis* (L.) Cronqist, *Salsola kali* L. Появились новые виды – *Amaranthus retroflexus* L., *Sisymbrium altissimum* L., *Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz, *Artemisia vulgaris* L., *Oenothera biennis* L., *Medicago lupulina* L. и т.д. Проективное покрытие увеличилось до 26%. Возросло видовое богатство – до 10 видов на 100 м² (т.е. в 1,7 раза по сравнению с 1-м годом).

На 3-й год большинство видов-терофитов исчезает (*Chenopodium album* L., *Setaria pumila* (Poir.) Schult., *Raphanus raphanistrum* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Love и т.д.), а часть – значи-

тельно снижает постоянство и покрытие (*Plantago arenaria* Waldst. & Kit., *Sisymbrium altissimum* L., *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz). Доминирование переходит к видам-гемитерофитам (*Melilotus albus* Medikus, *Echium vulgare* L., *Oenothera biennis* L.) и гемикриптофитам (*Artemisia campestris* L., *Artemisia vulgaris* L., *Artemisia absinthium* L.). Проективное покрытие возрастает до 47%, а видовое богатство – до 12,2 вида на 100 м².

Из табл. 1 видны закономерные изменения в доминирующих жизненных формах – от преобладания терофитов до господства гемикриптофитов.

Был выполнен синтаксономический анализ растительности. Фитосоциологический спектр и его изменения в ходе сукцессии – в табл. 2. Подавляющее большинство видов первых лет сукцессии относится к 5 классам растительности: *Chenopodietea* Br.-Bl. 1952 em. Lohm. J. et R.Tx. 1961 ex Matusz. 1962, *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. in Tx. 1950, *Agropyreteea repentis* Oberd., Th. Müller et Gors in Oberd. et al. 1967, *Sedo-Scleranthetea* Br.-Bl. 1955, *Molinio-Arrhenatheretea* R.Tx. 1937 em. R.Tx. 1970. Первые и второй годы характеризуются доминированием видов класса *Chenopodietea* Br.-Bl. 1952 em. Lohm. J. et R.Tx. 1961 ex Matusz. 1962 (сообщества однолетников, представляющие начальные стадии восстановительных сукцессий после нарушений и сорнополевые сообщества пропашных культур).

Таблица 1

**Изменение спектра жизненных форм в ходе сукцессии на склонах карьера
(в % от общего числа видов)**

| Жизненная форма по Раункиеру | Год от начала сукцессии | | | |
|------------------------------|-------------------------|------|------|------|
| | 1-й | 2-й | 3-й | 10-й |
| Терофиты | 93,3 | 69,7 | 28,1 | 14,9 |
| Гемитерофиты | 6,7 | 15,2 | 21,9 | 12,8 |
| Геофиты | 0 | 9,1 | 15,6 | 8,5 |
| Гемикриптофиты | 0 | 6,1 | 34,4 | 51,0 |
| Фанерофиты | 0 | 0 | 0 | 12,8 |

Таблица 2

**Изменение фитосоциологического спектра в ходе сукцессии на склонах карьера
(в % от общего числа видов)**

| Класс растительности по эколого-флористической классификации Браун-Бланке | Год от начала сукцессии | | | |
|---|-------------------------|------|------|------|
| | 1-й | 2-й | 3-й | 10-й |
| <i>Chenopodietea</i> | 93,3 | 57,8 | 21,9 | 8,5 |
| <i>Artemisietea vulgaris</i> и <i>Agropyreteea repentis</i> | 6,7 | 27,3 | 46,9 | 27,7 |
| <i>Sedo-Scleranthetea</i> | 0 | 6,1 | 9,4 | 19,1 |
| <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> | 0 | 3,0 | 15,6 | 23,4 |

Были диагностированы две ассоциации союза *Salsolion ruthenicae* Philippi 1971 (рудеральные сообщества экстремальных местообитаний (индустриальные пустыри, песчаные насыпи): ассоциация *Corispermo-Plantaginetum indicae* и *Salsoletum ruthenicae* Philippi 1971. Диагностические виды этих ассоциаций (*Salsola kali* L., *Corispermum marschallii* Steven, *Plantago arenaria* Waldst. & Kit.) были широко распространены на 2-й год сукцессии.

На 3-й год доминирование перешло к видам класса *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. in Tx. 1950 (рудеральные сообщества высокорослых двулетних и многолетних видов), преимущественно представленных видами порядка *Onopordetalia asanthii* Br.-Bl. et Tx. 1943 em Gors 1966 – сообщества ксерофитов и мезоксерофитов. Были диагностированы две ассоциации союза *Dauco-Melilotion albi* Gors 1966 em Elias 1980: *Echio-Melilotetum albae* Tx. 1942 (54% всех описаний) и *Melilotetum albi-officinalis* Siss. 1950 (46% всех описаний).

Доля видов луговых классов по сравнению со 2-м годом возросла: *Molinio-Arrhenatheretea* – в 5,2 раза; *Sedo-Scleranthetea* – в 1,5 раза. Наибольшее распространение среди них имели *Medicago lupulina* L., *Achillea millefolium* L., *Trifolium arvense* L., *Artemisia campestris* L.

Таким образом, изменения синтаксономической структуры выражаются в смене ассоциаций союза *Salsolion ruthenicae* (1–2 года) ассоциациями союза *Dauco-Melilotion* (3-й год).

Следующая геоботаническая съемка на отвалах карьера была выполнена в 2014 году, т.е. через 10 лет после начала сукцессии.

В сообществах 2014 г. сохранилось 24 вида, отмеченных на начальных стадиях. Причем, ряд видов продолжают доминировать в растительном покрове – *Oenothera biennis* L., *Artemisia campestris* L., *Trifolium arvense* L., *Medicago lupulina* L., *Echium vulgare* L. Появилось новых 23 вида (49% от всего числа видов). По сравнению с предшествующей растительностью увеличилось видовое богатство в 1,3 раза (с 12,2 до 16,4 видов на 100 м²). Возросло общее проективное покрытие в 1,9 раза (достигло 90%). В спектре жизненных форм преобладают гемикриптофиты (51,0%), появились фанерофиты (12,8%). Уменьшилась доля терофитов (в 2 раза по сравнению с 3-м годом) и гемитерофитов (в 1,7 раза).

Синантропные виды составляют 55% от общего числа видов. Существенный вклад имеют виды *Artemisietea vulgaris* и *Agropyretea repentis* (в сумме 27,7%). Встречаются виды класса *Chenopodietea* (8,5%). С другой стороны, значи-

тельно возрос вклад луговых видов, представленных двумя классами: *Molinio-Arrhenatheretea* (23,4%) и *Sedo-Scleranthetea* (19,1%). Несколько луговых видов содоминируют с рудеральными – *Artemisia campestris* L., *Trifolium arvense* L., *Medicago lupulina* L., *Achillea millefolium* L., *Vicia cracca* L. Синтаксономически сообщества 10-го года находятся между рудеральным *Artemisietea vulgaris* и луговым *Molinio-Arrhenatheretea* классами растительности.

Обращает внимание существенное участие чужеродных видов в течение всей наблюдаемой сукцессии. На 1-м году доля чужеродных видов составила 33,3%, на 2-м году – 30,3%, на 3-м году – 18,8%, на 10-м году – 23,8%. Причем, значительную роль играют неофиты – *Amaranthus retroflexus* L. (2-й год), *Conyza canadensis* (L.) Cronqist (1–3 года), *Oenothera biennis* L. (2–10 годы), *Solidago canadensis* L. (10-й год), *Stenactis annua* (L.) Cass. (10-й год).

По данным 2014 г. на территории карьера наблюдается активное распространение золотарника канадского (*Solidago canadensis* L.). Золотарник впервые был здесь отмечен в 2006 г. (на склоне 3-го года сукцессии) и входил в состав ассоциации *Melilotetum albi-officinalis* Siss. 1950 союза *Dauco-Melilotion albi* Gors 1966 em Elias 1980. Проективное покрытие *Solidago canadensis* здесь составило 1,5%, постоянство – 15%. В 2014 г. встречаемость *Solidago canadensis* возросла. Проективное покрытие местами составило 40–60%, постоянство – 60%. В наибольшей степени ценопопуляция *Solidago canadensis* распространилась на северном склоне. Источник поступления диаспор *Solidago canadensis* на склоны карьера находится вблизи – кладбище (расстояние 100–200 м). Кроме того, мощное развитие популяций *Solidago canadensis* отмечается по обочинам дороги Гомель–Осовцы, особенно в районе Мильчанской канавы (проективное покрытие – до 100%, высота – 1–1,5 м). В ряд мест *Solidago canadensis* проник в экотонные зоны лес-пустырь и произрастает под пологом мелколиственного и соснового леса. Причем, согласно наблюдениям 2004–2006 гг. *Solidago canadensis* присутствовал тогда только в непосредственной близости кладбища. Таким образом, агрессивное распространение *Solidago canadensis* имеет место не только на склонах карьера, но вообще в данном районе.

Съемка 2014 года показала наличие на склонах карьера естественного возобновления древесных и кустарниковых видов. Древесные виды представлены *Pinus sylvestris* L. (самосев от близрасположенных лесопосадок), *Populus nigra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L. Кус-

тарники представлены *Hippophae rhamnoides* L. Кроме сосны, все эти виды чужеродные – в естественных экосистемах Беларуси не произрастают.

Для оценки условий экотопа были использованы фитоиндикационные шкалы Д.Н. Цыганова, Х. Элленберга и Э. Ландольта. Эти шкалы позволяют оценить микроклиматические и эдафические особенности экотопов карьера, на которых развивается сукцессия, а также проследить изменения экологических условий в ходе сукцессии [3; 11].

Установлено, что первые годы зарастания характеризуются наиболее высокими значениями по шкалам термоклимата, континентальности и освещенности. По мере развития сукцессии значения термоклиматической шкалы снижаются. Достоверные отличия от 1-го года наблюдаются на 10-й год. По шкалам континентальности достоверных отличий нет. Освещенность экотопа в ходе сукцессии падает. В целом, микроклимат в течение первых 10-ти лет на склонах карьера изменяется слабо, что объясняется незначительным развитием древесно-кустарниковых зарослей.

Зафиксированы следующие изменения эдафических условий (табл. 3): по шкалам влажности достоверных отличий в первые 10 лет сукцессии не наблюдается; переменной увлажненности достоверно снижается на 10-м году; солевое бо-

гатство максимально в первые два года, затем снижается; содержание гумуса постепенно возрастает (достоверные отличия – с 3-го года); азотное богатство максимально первые два года, затем падает (достоверные отличия с 3-го года).

Для изучения региональных особенностей сукцессионных процессов использовались 20 постоянных пробных площадок (ППП), которые располагались в различных экотопах аллювиального террасированного и моренно-зандрового ландшафтов юго-востока Беларуси. В качестве показателей интенсивности сукцессионного процесса нами были рассмотрены: Тдер – время появления естественного возобновления древесных видов (лет от начала сукцессии); Ттер – продолжительность доминирования в сообществе терофитов (лет); Тсин – продолжительность доминирования в сообществе синантропных видов (лет); Тлес – время появления в сообществе первых лесных видов (лет от начала сукцессии); Тqf – время появления в сообществе первых видов класса *Quercus-Fagetea* (широколиственные листопадные леса) эколого-флористической классификации Браун-Бланке (лет от начала сукцессии). На основе обобщения результатов 12-летних наблюдений на ППП за ходом восстановительных сукцессий установлены фоновые для условий юго-востока Беларуси значения этих показателей.

Таблица 3

Изменение эдафических условий в ходе сукцессии на склонах карьера «Осовцы» ($M \pm m$)

| Показатель | Год от начала сукцессии | | | |
|--|-------------------------|-----------|------------|------------|
| | 1-й | 2-й | 3-й | 10-й |
| Шкала влажности почв Д.Н. Цыганова (Hd) | 9,68±0,4 | 9,35±0,15 | 9,39±0,07 | 9,99±0,10 |
| Шкала влажности почв Х. Элленберга (F) | 4,06±0,16 | 3,99±0,05 | 3,76±0,04 | 3,87±0,07 |
| Шкала переменной увлажненности Д.Н. Цыганова (fH) | 7,81±0,60 | 7,55±0,12 | 7,12±0,10 | 6,60±0,13* |
| Шкала солевого богатства Д.Н. Цыганова (Tr) | 9,22±0,44 | 8,73±0,12 | 7,78±0,09* | 7,51±0,08* |
| Шкала содержания гумуса Э. Ландольта (Hu) | 2,59±0,13 | 2,66±0,03 | 2,80±0,03* | 2,83±0,04* |
| Шкала азотного богатства Д.Н. Цыганова (Nt) | 6,58±0,20 | 6,32±0,11 | 5,63±0,08* | 5,16±0,10* |
| Шкала азотного богатства Х. Элленберга (N) | 5,49±0,09 | 5,55±0,14 | 4,78±0,12* | 4,14±0,10* |
| Шкала кислотно-щелочных условий Д.Н. Цыганова (Rc) | 7,78±0,37 | 7,39±0,08 | 7,04±0,04* | 7,02±0,06* |
| Шкала кислотно-щелочных условий Х. Элленберга (R) | 6,33±0,58 | 6,62±0,15 | 6,00±0,19 | 5,46±0,10 |

Примечание: * – достоверные отличия от 1-го года сукцессии по критерию t Стьюдента ($p < 0,05$).

Сравнительный анализ скорости сукцессии на склонах карьера «Осовцы» с фоновыми сукцессиями

| Показатель скорости сукцессии | Склоны карьера «Осовцы» | Постоянные пробные площадки (n=20) |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Тгер, лет | 2,0 | 1,2 |
| Тсин, лет | >10,0 | 4,6 |
| Тдер, лет | 8,0 | 4,7 |
| Тлес, лет | 8,0 | 6,0 |
| Тfq, лет | >10 | 7,7 |

По наблюдениям на склонах карьера «Осовцы» нами установлено, что продолжительность доминирования терофитов (Тгер) составляет 2 года; продолжительность доминирования синантропных видов (Тсин) – более 10 лет. Время появления первых деревьев – 8-й год (без учета лесопосадок). Лесной вид обнаружен только 1 – *Pinus sylvestris* L. Неморальных видов не обнаружено (соответственно Тfq>10 лет). Сравнительный анализ скорости сукцессии на склонах отвалов карьера «Осовцы» с сукцессиями, зафиксированными на постоянных пробных площадках в аллювиальном террасированном и моренно-зандровом ландшафтах, приведены в табл. 4. Видно, что сукцессионный процесс на склонах карьера протекает существенно медленнее, чем на других объектах.

Таким образом, сукцессия на отвалах карьера «Осовцы» протекает медленнее, чем восстановительные сукцессии, наблюдаемые на постоянных пробных площадках в аллювиальном террасированном и моренно-зандровом ландшафтах (широкий диапазон по степени антропогенной нарушенности). Основной причиной этого, вероятно, являются экстремальные условия экотопа. Как указано выше, влажность экотопа, определенная по фитоиндикационным шкалам, в течение рассматриваемого периода не изменяется, оставаясь низкой (что, возможно, является основным лимитирующим фактором). Другая особенность сукцессии в карьере – активное участие чужеродных видов, доминирующих в сообществах на разных стадиях. Причем, наблюдаемая сейчас экспансия *Solidago canadensis* может привести к задержке сукцессионного процесса на неопределенно длительное время.

Исследования выполнены при финансовой поддержке БРФФИ в рамках научного проекта № Б14Р-205.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев, А.П. Потенциал самовосстановления геосистем и его оценка на основе фитоиндикации / А.П. Гусев // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. – 2010. – № 1. – С. 77–81.

2. Гусев, А.П. Особенности сукцессий растительности в ландшафтах, нарушенных деятельностью человека (на примере юго-востока Белоруссии) / А.П. Гусев // Сибирск. эколог. журнал. – 2012. – № 2. – С. 231–236.
 3. Гусев, А.П. Особенности начальных стадий восстановительной сукцессии в антропогенном ландшафте (на примере юго-востока Белоруссии) / А.П. Гусев // Экология. – 2009. – № 3. – С. 174–179.
 4. Гусев, А.П. Первичная сукцессия на отвалах фосфогипса (Гомельский химический завод, Белоруссия) / А.П. Гусев // Экология. – 2006. – № 3. – С. 232–235.
 5. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien-N. Y.: Springer-Verlag, 1964. – 865 s.
 6. Миркин, Б.М. Современная наука о растительности: учебник / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, А.И. Соломещ. – М.: Логос, 2002. – 264 с.
 7. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
 8. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas / H. Ellenberg. – Göttingen: Goltze, 1974. – 97 s.
 9. Landolt, E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora / E. Landolt // Veroff. Geobot. Inst. ETH. – Zurich, 1977. – H. 64. – S. 1–208.
 10. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.
 11. Гусев, А.П. Изменение экологических условий в ходе восстановительной сукцессии растительности в широколиственно-лесном ландшафте (на примере Полесской провинции, Белоруссия) / А.П. Гусев // Сибирск. эколог. журнал. – 2009. – № 5. – С. 649–656.

REFERENCES

1. Gusev A.P. Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta [Newsletter of Belarusian State University], 2010, Series 2, 1, pp. 77–81.
 2. Gusev A.P. Sibirski ekologicheski zhurnal [Siberian Ecological Journal], 2012, 2, pp. 231–236.
 3. Gusev A.P. Ekologiya [Ecology], 2009, 3, pp. 174–179.
 4. Gusev A.P. Ekologiya [Ecology], 2006, 3, pp. 232–235.
 5. Braun-Blanquet, J. Pflanzensociologie / J. Braun-Blanquet. – Wien-N. Y.: Springer-Verlag, 1964. – 865 s.
 6. Mirkin B.M., Naumova L.G., Solomesh A.I. Sovremennaya nauka o rastitelnosti: Uchebnik [Modern Science of Vegetation; Manual], M.: Logos, 2002, 264 p.
 7. Cherepanov S.K. Sosudistiye rasteniya Rossii i sopredelnikh gosudarstv (v predelakh bivshogo SSSR) [Vessel Plants of Russia and Borderline Countries (within the Former USSR)], SPb.: Mir i semya, 1995, 992 p.
 8. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas / H. Ellenberg. – Göttingen: Goltze, 1974. – 97 s.
 9. Landolt, E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora / E. Landolt // Veroff. Geobot. Inst. ETH. – Zurich, H. 64, 1977. – S. 1–208.
 10. Tsiganov D.N. Fitoindikatsiya ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoyno-shirokolistvennikh lesov [Phytoindication of Ecological Regimes in the Subzone of Fir and Broad Leaf Woods], M.: Nauka, 1983, 196 p.
 11. Gusev A.P. Sibirski ekologicheski zhurnal [Siberian Ecological Journal], 2009, 5, pp. 649–656.

Поступила в редакцию 15.09.2014

Адрес для корреспонденции: e-mail: gusev@gsu.by – Гусев А.П.