

УДК 911.52

Многолетняя динамика ландшафтов Северо-Западного Приладожья по данным стационарных наблюдений*

Г. А. Исаченко

Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Для цитирования: Исаченко Г. А. Многолетняя динамика ландшафтов Северо-Западного Приладожья по данным стационарных наблюдений // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 1. С. 3–21. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2018.101>

Анализируются результаты 25-летних наблюдений (1992–2017 гг.) на 20 постоянных пробных площадях (ППП), заложенных вблизи Приладожской учебно-научной базы Санкт-Петербургского университета, расположенной в 150 км севернее Санкт-Петербурга, в ландшафте Северо-Западного Приладожья. PPP приурочены к наиболее типичным ландшафтными местоположениям — на вершинах и склонах сельг (гряд, сложенных гранитоидами архея и нижнего протерозоя и обработанных ледником), террасах на озерных глинах и суглинках, торфяниках разных типов и др. При выборе PPP учитывались типичность растительных сообществ (сосновые, еловые, смешанные и мелколиственные леса, сосновые редколесья, зарастающие луга) и наиболее характерные воздействия (пожары, выборочные рубки, ветровалы, недавнее использование в сельском хозяйстве, осушение и др.). Наиболее динамичны в ландшафте Северо-Западного Приладожья природные территориальные комплексы (ПТК) террас, сложенные озерными глинами и суглинками, и длительное время использовавшиеся в сельском хозяйстве. В настоящее время здесь идут процессы зарастания, реализуемые по семи ландшафтно-динамическим траекториям. В других местоположениях смены многолетних состояний инициируются в основном пожарами, ветровалами и последующим восстановлением лесной растительности. Кроме того, древесные мелколиственные породы в лесах могут сменяться, когда деревья этих пород достигают предельного биологического возраста. Наиболее стабильны местоположения привершинных склонов сельг и осушенных торфяников с преобладанием сосновых лесов при отсутствии катастрофических воздействий.

Ключевые слова: многолетняя динамика, ландшафт, Приладожье, южная тайга, ландшафтно-динамическая траектория, постоянная пробная площадь, сукцессия, лесовосстановление, воздействие.

* Исследования, положенные в основу настоящей статьи, выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-05-04753.

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2018

Введение

Многолетняя динамика ландшафтов включает в себя смены состояний, продолжающиеся десятки и сотни лет, но не приводящие к необратимым изменениям ландшафтных местоположений (форм рельефа, почвообразующих пород и режима увлажнения). В таежной зоне такие изменения связаны большей частью со сменой основных лесообразующих пород.

Многолетнюю динамику ландшафтов изучают различными косвенными методами, но прямые наблюдения процессов не утратили своего значения. В 1991 г. такие наблюдения были начаты на Приладожской учебно-научной базе Санкт-Петербургского университета, расположенной в 150 км севернее Санкт-Петербурга, в 2 км от п. Кузнечное и в 1 км от берега Ладожского оз. Территория базы входит в грядово-ложбинный ландшафт Северо-Западного Приладожья, расположенный на южной окраине Балтийского кристаллического щита, где контактируют средняя и южная подзоны европейской тайги.

Методы исследований

Для ландшафтной структуры Северо-Западного Приладожья типично сочетание сельг — вытянутых гряд, сложенных гранитоидами архея и нижнего протерозоя и обработанных ледником, — и депрессий, заполненных озерно-ледниковыми и озерными осадками и торфяниками. В 1991–1994 гг. в радиусе до 3 км от базы СПбГУ было заложено более 20 постоянных пробных площадей (ППП) размером от 60 до 2500 м² в наиболее типичных ландшафтных местоположениях. При выборе ППП учитывалась также типичность растительных сообществ и наиболее характерные воздействия: пожары, выборочные рубки, ветровалы, прежнее использование в сельском хозяйстве, осушение и др. (см. рис. 1 и таблицу).

На ППП с разной периодичностью (от 1 раза в год до 1 раза в 4 года) проводятся наблюдения за многолетними изменениями ландшафтов, связанными с их естественной динамикой и последствиями антропогенных воздействий. Исследования включают в себя следующее:

— детальную фиксацию характеристик растительного покрова (мощности¹ каждого вида сосудистых растений, напочвенных мхов и лишайников; проективного покрытия ярусов и единиц горизонтальной структуры и др.);

- полную перечислительную таксацию древостоя и подроста;
- укосы травянистой фитомассы на лугах;
- наблюдения за уровнями грунтовых вод;
- зимнюю снегомерную съемку;
- измерение промерзания почвы и др.

Данные 15–25 лет наблюдений на ППП позволили сделать некоторые заключения о многолетней динамике ландшафтов северо-западного Приладожья. Для этого использовались результаты таксации древостоя и подроста за четыре-пять сроков наблюдений (в том числе диаграммы распределения древесных пород по диаметру

¹ Мощность — совмещенный показатель обилия и проективного покрытия вида, оценивается по 7-балльной шкале.



Рис. 1. Размещение ППП (обозначены темными прямоугольниками) в районе Приладожской учебно-научной базы СПбГУ и виды ландшафтных местоположений:

1–10, 12, 13, 15–20, 22: номера ППП (ППП 11, 14 и 21 находятся за пределами территории, приведенной на карте);

1 — вершины и привершинные склоны сельг с многочисленными скальными выходами, маломощным прерывистым элювием и фрагментарным почвенным покровом; 2 — выположенные вершины и пологие верхние ступенчатые склоны сельг, покрытые маломощным сплошным элювием и мореной; 3 — склоны сельг средней крутизны с редкими скальными выходами и чехлом делювия и супесчаной морены мощностью до 1 м; 4 — пологие нижние части склонов сельг, перекрытые озерными отложениями и маломощным щербнистым делювием, с постоянным подтоком грунтовых вод; 5 — узкие внутрисельговые ложбины с чередованием выходов кристаллических пород и рыхлых отложений различного состава; 6 — невысокие пологосклонные недифференцированные сельги; 7 — волнистые поверхности, сложенные маломощными валунными супесями и суглинками (мореной), с редкими выходами плотнокристаллических пород и различной степенью дренажа; 8 — дренированные слабоволнистые пологонаклонные террасированные равнины на безвалунных глинах и суглинках; 9 — окультуренные слабонаклонные (1–2°) низкие террасы на безвалунных глинах и суглинках; 10 — окультуренные пологонаклонные (2–5°) террасы на безвалунных глинах и суглинках; 11 — плоские заболоченные террасы на безвалунных глинах и суглинках с маломощным торфом; 12 — то же, окультуренные; 13 — мезотрофные торфяники; 14 — мезоевтрофные торфяники, осушаемые в прошлом

и высоте), показатели соотношения суммарной мощности различных эколого-флористических групп (ЭФГ) видов сосудистых растений (бореальное лесное разнотравье, луговые травянистые мезофиты и др.), каждая из которых служит индикатором определенных ландшафтно-динамических тенденций.

Результаты наблюдений на ППП дополнены данными маршрутных исследований в Северо-Западном Приладожье, проведенных в 1991–2016 гг., а также данными анализа разновременных аэрофото- и спутниковых снимков.

Таблица. Характеристики ППП в районе Приладужской учебно-научной базы Санкт-Петербургского университета

Номер	Площадь, м ²	Год начала наблюдений	Ландшафтное местоположение	Воздействия	Растительное сообщество (на 2017 г.)
1	60	1991	Окультуренная терраса на безвалунных глинах и суглинках	Использование под сельскохозяйственное угодье до 1997 г.	Сероольшаник крупнотравный с участками злаково-крупнотравного луга (2-я стадия зарастания сельскохозяйственного угодья)
2	800	1991	Выполоченная вершина сельги с маломощным элювием и мореной	Нет	Сосняк вейниково-чернично-зеленомошный
3	2500	1991	Терраса на безвалунных суглинках	Нет	Елово-березово-осиновый чернично-богаторазнотравный лес
4	600	1991	Мезоолиготрофный торфяник с мощностью торфа до 2 м	Осушение	Березово-сосновый кустарничково-чернично-сфагновый лес
5	400	1991	Вершина сельги с многочисленными скальными выходами	Слабая рекреация	Редкостойный сосняк зеленомошно-лишайниковый и кустарничково-зеленомошный («скальный комплекс»)
6	130	1991	Маломощный (до 0,5 м) торфяник на привершинной части сельги	Нет	Сосняк кустарничково-сфагново-зеленомошный
7	1250	1991	Нижняя часть склона сельги, перекрытая озерными отложениями, с подтоком грунтовых вод	Рекреация	Елово-осиновый с рябиной папоротниково-травяной лес
8	400	1991	Юго-западный склон сельги средней крутизны с чехлом супесчаной морены	Вывалы с 2010 г.	Березово-сосновый богаторазнотравно-зеленомошный лес
9	400	1992	Заболоченная терраса на безвалунных глинах и суглинках, окультуренная	Использование под сельскохозяйственное угодье до 1970-х гг.	Мелколиственный влажнотравный лес с ивой (3-я стадия зарастания сельскохозяйственного угодья)
10	900	1991	Пологий южный склон сельги с чехлом супесчаной морены	Низовой пожар 1990 г., выборочные рубки, рекреация	Сосновый с участием мелколиственных пород богаторазнотравно-вейниково-черничный лес

11	400	1992	Вершина селги с многочисленными скальными выходами и заторфованным понижением	Вершина селги с многочисленными скальными выходами	Верховой пожар 1992 г.	«Скальный комплекс» с формирующимся сосновым молодняком
12-1	100	1992	Вершина селги с многочисленными скальными выходами	Вершина селги с многочисленными скальными выходами	Верховой пожар 1970-х гг.	Редкостойный сосновый молодняк лишайниковый
12-2	100	1992	Выполженная вершина селги с маломощным элювием и мореной	Выполженная вершина селги с маломощным элювием и мореной	Верховой пожар 1970-х гг.	Молодой сосняк чернично-зеленомошный
12-3	100	1992	Волнистая поверхность на селге с выходами гранитоидов и маломощной мореной	Волнистая поверхность на селге с выходами гранитоидов и маломощной мореной	Верховой пожар 1970-х гг.	Молодой сосняк травяно-чернично-зеленомошный
13	500	1994	Окультуренная терраса на безвалунных глинах и суглинках	Окультуренная терраса на безвалунных глинах и суглинках	Использование под сельскохозяйственное угодье не позже 1960 г.	Осиновый травяной лес (3-я стадия зарастания сельскохозяйственного угодья)
14	625	1993	То же	То же	Использование под сельскохозяйственное угодье не позже 1950 г.	Мелколиственно-сосновый влажнотравяной лес (3-я стадия зарастания сельскохозяйственного угодья)
15	2500	1993	Северо-восточный склон селги средней крутизны с чехлом супесчаной морены	Северо-восточный склон селги средней крутизны с чехлом супесчаной морены	Выборочная рубка ели в 2001 г., вывалы после 2010 г.	Сосново-еловый чернично-кисличный лес
19	1500	1997	Мезотрофный торфяник с мощностью торфа до 2 м, использовавшийся под сельскохозяйственное угодье	Мезотрофный торфяник с мощностью торфа до 2 м, использовавшийся под сельскохозяйственное угодье	Использование под сенокос не позже 1950 г.	Березняк влажнотравно-осоковый
21	875	2003	Окультуренная пологонаклонная терраса на безвалунных суглинках	Окультуренная пологонаклонная терраса на безвалунных суглинках	Использование под сенокос до 1998 г.	Сосновый молодняк травяной (3-я стадия зарастания сельскохозяйственного угодья)
22	625	2013	Волнистая поверхность на селге с выходами гранитоидов и маломощной мореной	Волнистая поверхность на селге с выходами гранитоидов и маломощной мореной	Массовый ветровал в 2011–2013 гг.	Подрост мелколиственных пород с малиной (на месте сосново-елового травяно-чернично-зеленомошного леса)

Результаты и обсуждение

Результаты изучения многолетней динамики таежных ландшафтов Северо-Западного Приладожья рассматриваются по основным типам и видам местоположений — от элювиальных автономных до супераквальных.

Вершины и привершинные склоны сельг с многочисленными скальными выходами, маломощным прерывистым элювием и фрагментарным почвенным покровом. Данные местоположения относятся к наиболее высоким гипсометрическим уровням ландшафта (до 50 м над ур. м.). Они отличаются наиболее экстремальными экологическими условиями, где сосна (*Pinus sylvestris*) не имеет конкурентов среди других древесных пород и формирует низкобонитетные редколесья (проективное покрытие крон менее 10%). Состав сосудистых растений беден (до 20 видов): среди них по покрытию и фитомассе преобладают олиготрофные лесные и болотные кустарнички. Благодаря неровностям поверхности кристаллических пород, влияющим на условия накопления влаги и мелкозема, здесь в пределах десятков квадратных метров формируются микрокомплексы от выпуклых гранитных «лбов» с лишайниковым покровом и отсутствием почв до понижений с торфом мощностью до 0,5 м — так называемые скальные комплексы.

Основной внешний фактор, влияющий на динамику скальных комплексов — верховые и низовые пожары, которые случаются, как правило, не реже одного раза в 50 лет. Пожары и сильные ветры, в частности, препятствуют выживанию ели (*Picea abies*), которая изредка вырастает на вершинах сельг. Соответственно в этих местоположениях редко встречаются спелые и тем более перестойные древостои.

На вершинной поверхности сельги, длительное время не подвергавшейся верховым пожарам, заложены ППП 5 и 6 (см. таблицу). Здесь по запасу преобладает поколение сосны возрастом 120–160 лет при максимальной высоте деревьев 17 м. За 20 лет средний прирост запаса древостоя составил 2,6–3,7 м³/(га·год). В подросте на поверхностях с минимальным слоем мелкозема преобладает сосна, на маломощном торфе — береза (*Betula pendula*).

Состав напочвенного покрова скального комплекса (ППП 5) испытывает погодичные флуктуации при сохранении соотношений между основными ЭФГ; по доле в суммарной мощности видов сосудистых растений² преобладают (40–60%) бореальные олиготрофные кустарнички: черника (*Vaccinium myrtillus*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*) и вереск (*Calluna vulgaris*). За период наблюдений проективное покрытие напочвенных лишайников (в основном видов *Cladonia* и *Cetraria islandica*) уменьшилось с 50 до 15–20%, а проективное покрытие зеленых олиготрофных мхов (*Pleurozium shreberi*, *Dicranum sp.* и др.) выросло с 40 до 70–75%. Вытеснение лишайников зелеными мхами, как правило, соответствует завершающей стадии постпирогенной сукцессии, — возможно, после низового пожара, случившегося более 50 лет назад.

В понижении с маломощным торфом, залегающим на поверхности гранитоидов (ППП 6), состав напочвенного покрова за 25 лет наблюдений практически не изменился: здесь абсолютно преобладают болотные и лесные олиготрофные кустарнички. Первые представлены в основном багульниковым (*Ledum palustre*), голубикой (*Vaccinium uliginosum*) и водяникой (*Empetrum nigrum*).

² Рассчитывается без учета мощности видов деревьев и кустарников.

В целом природные территориальные комплексы (ПТК) расчлененных вершин сельг, на которых длительное время не было пожаров, находятся в достаточно стабильном состоянии, сопровождающемся постепенным приростом сосны.

Несколько ППП в данных местоположениях заложено также на гарях разного возраста.

Так, ППП 11 заложена на вершинной поверхности сельги с редкостойным сосняком (скальным комплексом) сразу после верхового пожара 1992 г. В течение 5 лет после пожара из 13 сосен, произраставших на этой ППП, 12 засохли. На следующий год после пожара появились всходы березы, осины (*Populus tremula*) и сосны. Ежегодный вертикальный прирост наиболее благополучного подростка составлял 30–35 см. Через 4 года после пожара густота подростка и всходов деревьев достигла почти 500 тыс. шт./га, при абсолютном преобладании березы. Далее началось самоизреживание подростка, и к 2007 г. его численность снизилась на порядок — до 56 тыс. шт./га (рис. 2). В подросте непрерывно возрастает доля сосны. Через 11 лет после пожара первая особь березы вышла в древостой, а через 20 лет после пожара на ППП 11 уже произрастал молодняк с абсолютным преобладанием деревьев сосны. Гибель лиственных пород, в том числе березы, происходит в основном за счет усыхания во время семигумидных состояний второй половины лета.

Число видов сосудистых растений в напочвенном покрове ППП 11 увеличивалось первые 2–3 года после пожара, после чего стабилизировалось на уровне 20 видов, с небольшими межгодовыми флуктуациями (рис. 1). Во всех микрокомплексах за 10–20 лет увеличилась доля мощности бореальных кустарничков с 15–35 до 45–60 % (суммарной мощности) при полном исчезновении эксплерентов, в основном иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*) (рис. 3). Наиболее развитый травяно-кустарничковый ярус сформировался в заторфованном понижении, где его покрытие через 20 лет после пожара достигло 40 %. Мохово-лишайниковый покров восстановился до исходных значений проективного покрытия (80–90 % в понижении с маломощным торфом; 40–70 % на выпуклых и относительно ровных участках) через 6–7 лет после пожара, а в последующие годы его покрытие несколько снизилось за счет конкуренции с кустарничками. На гранитных «лбах» проективное покрытие накипных (эпилитных) лишайников за период наблюдений выросло с 20–30 до 70–80 %.

На ППП 12–1, заложеной на участке верхового пожара 1970-х гг., процессы сходны с описанными выше: средний прирост запаса древостоя сосны за 12 лет составил 0,9 м³/(га год); восстановился почти сплошной лишайниковый покров с преобладанием видов *Cladonia*.

Выположенные вершины и пологие верхние ступенчатые склоны сельг, покрытые маломощным сплошным элювием и мореной. Местоположения имеют почвенный покров с преобладанием сильнощелочистых подбуров. Здесь также господствует сосна, образующая более продуктивные древостои с проективным покрытием крон до 30 %. Характерно обилие можжевельника (*Juniperus communis*). Флористический состав сосудистых растений богаче, чем в местоположениях скалистых вершин сельг и представлен 25–35 видами. Здесь довольно часто случаются пожары, но чаще низовые, чем верховые. Средний годовой прирост сосняков на двух ППП в данных местоположениях за 20 лет составил 3–4 м³/га. В сосняке с преобладанием поколения возрастом 40–80 лет с 2007 г. наблюдается снижение прироста

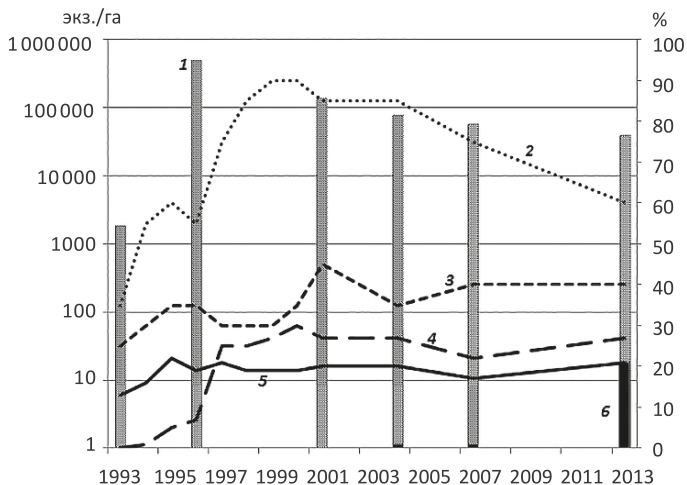


Рис. 2. Изменения характеристик растительного покрова на вершине сельги с скальными выходами (ППП 11) в ходе лесовостановительной сукцессии после верхового пожара 1992 г.:

1 — численность подроста и всходов деревьев, экз./га; 2–4 — проективное покрытие в заторфованном понижении, % (2 — мохово-лишайникового покрова; 3 — травяно-кустарничкового яруса, 4 — подроста деревьев); 5 — число видов сосудистых растений на ППП, шт.; 6 — подрост, перешедший в древостой, шт. Остальные пояснения в тексте

запаса при некотором увеличении доли ели; ель здесь преобладает и в подросте. В сосняке, растущем на месте верхового пожара 1970-х гг., густота подроста (в котором преобладает сосна) снизилась с начала XXI в. более чем в 2 раза из-за смыкания крон деревьев. За период наблюдений напочвенный покров рассматриваемых ППП существенно не изменился: в нем абсолютно преобладают бореальное лесное разнотравье и лесные олиготрофные кустарнички. Среди последних в сосняке, сформировавшемся на гари 1970-х гг., сокращается проективное покрытие вереска — одного из пионеров гарей. Доли мощности других ЭФГ, например лугово-опушечных мезофитов, испытывают погодичные флуктуации в пределах 5–20%. В последние 10 лет заметно также сильное усыхание можжевельника, причина этого процесса неясна.

Склоны сельг средней крутизны с редкими скальными выходами и чехлом делювия и супесчаной морены мощностью до 1 м. Данные местоположения отличаются наиболее благоприятными экологическими условиями и преобладанием в почвенном покрове буроземов (ржавоземов). Здесь наиболее разнообразный породный состав лесов и наиболее богатый напочвенный покров (40–60 видов сосудистых растений), в котором заметное место занимают неморалы: перелеска благородная (*Hepatica nobilis*) и др. На склонах юго-западных экспозиций преобладают мелколиственно-сосновые и сосново-мелколиственные леса, на северо-восточных склонах местами представлены ельники.

ППП 10 заложена на пологом южном склоне сельги в сосняке 80–100-летнего возраста. Здесь была проведена выборочная рубка, а в начале 1990-х гг. случился ни-

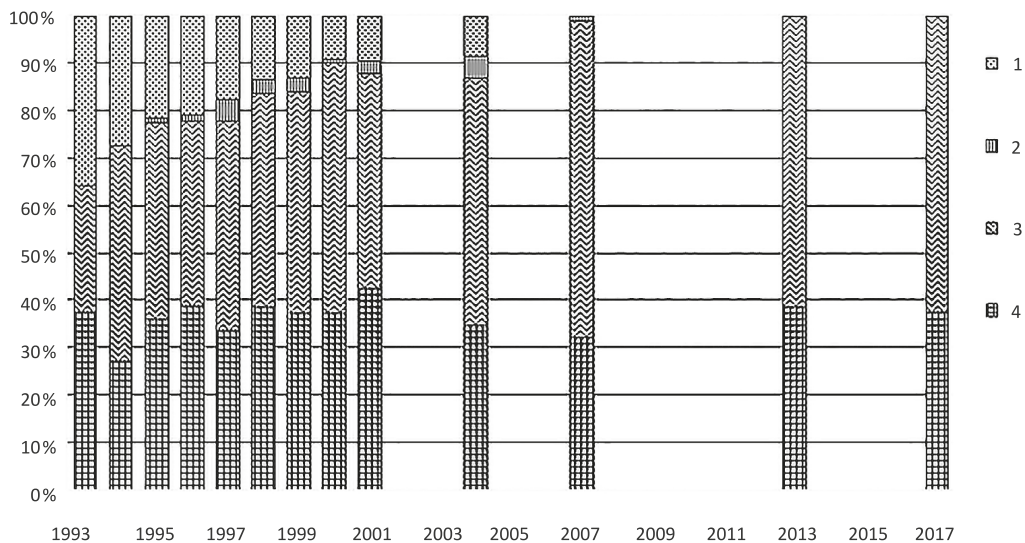


Рис. 3. Изменение соотношения ЭФГ сосудистых растений напочвенного покрова в ходе лесовосстановительной сукцессии после верхового пожара 1992 г. на вершине сельги с скальными выходами (ППП 11) (микрокомплекс пологонаклонной ступени с маломощным элювием):

1 — эксплеренты, 2 — неморальное лесное разнотравье, 3 — бореальные олиготрофные кустарнички, 4 — бореальное лесное разнотравье.

По оси ординат — доля в суммарной мощности видов напочвенного покрова. Остальные пояснения в тексте

звой пожар. Сосняк периодически вытаптывается населением. В течение периода наблюдений увеличивался запас древостоя примерно на $3 \text{ м}^3/(\text{га}/\text{год})$ при сохранении доминирования сосны; в состав древостоя вошла ель. Численность подроста сильно колебалась (0,4–1,6 тыс. экз./га), в основном за счет «вспышек» численности всходов осины и последующей их гибели. Наиболее значительно изменился напочвенный покров: в нем в результате осветления и выгорания кустарничков и мхов стали преобладать опушечные и луговые мезофиты — их доля соответственно 30–40 и 15–25% суммарной мощности. Проективное покрытие трав на ППП составляет 50–70%; за счет плотного травостоя исходная (до пожара) мощность кустарничков восстанавливается очень медленно; покрытие мохового покрова увеличилось за 25 лет от 3–5 до 15–25%.

На ППП 8 на юго-западном склоне сельги (см. таблицу) за период наблюдений сменилось многолетнее состояние ПТК: за счет выпадения части березы (в том числе при ветровалах) первенство по запасу древостоя перешло от березы к сосне. Общий запас древостоя после 2007 г. снизился, запас сосны (поколение возрастом 40–80 лет) стабилизировался. В подросте, как и на ППП 10, преобладала осина, численность которой сильно менялась. Изменения в напочвенном покрове имели случайный характер при абсолютном преобладании бореального лесного разнотравья и опушечных мезофитов. Как и в сосняках на вершинах сельг, в последние 5–10 лет здесь отмечается усыхание можжевельника.

ППП 15 с преобладанием ели в древостое (см. таблицу) заложена на склоне сельги северо-восточной экспозиции, обращенном к Ладожскому озеру. Участок

подвергся выборочной рубке ели в 2001 г. и вывалам после 2010 г. Несмотря на изъятие части древостоя, общий прирост запаса за 20 лет составил около $2,7 \text{ м}^3/(\text{га год})$, что говорит о высокой продуктивности местоположения. Из древостоя постепенно выпадает береза, когда деревья достигают предельного возраста; за период наблюдений проективное покрытие крон снизилось с 50–60 до 35–45%. Густота подроста, в котором абсолютно преобладает ель, остается примерно постоянной — около 2 тыс. экз./га. Смена преобладающей породы в ближайшие десятилетия не намечается. В напочвенном покрове, вероятно вследствие осветления, несколько снижается доля лесных бореальных трав и увеличивается доля опушечных травянистых мезофитов и папоротников. На участке выборочной рубки ели отмечено разрастание кустарников: жимолости (*Lonicera xylosteum*), калины (*Viburnum opulus*) и бузины (*Sambucus racemosa*).

Волнистые поверхности, сложенные маломощными валунными супесями и суглинками (мореной), с редкими выходами плотнокристаллических пород и различной степенью дренажа. Местоположения встречаются в пределах крупных сельг. Леса здесь подвергаются как пожарам, так и ветровалам, особенно усилившимся после массового вывала 2010 г. На ППП 12-3 с молодым сосняком, растущим на месте верхового пожара 1970–х гг. (см. таблицу), прирост древостоя за 21 год составил $2,8 \text{ м}^3/(\text{га год})$. В древостое при абсолютном преобладании сосны постепенно увеличиваются доли березы, осины и ели. Вследствие постепенного смыкания древесного полога идет изреживание подроста, густота которого снизилась с 21 до 8 тыс. экз./га; в подросте увеличивается доля ели. В напочвенном покрове за 25 лет доля бореального разнотравья в суммарной мощности видов сосудистых растений увеличилась с 55 до 67% при полном исчезновении слепожарных эксплерентов (иван-чай) и луговых травянистых мезофитов; полностью выпал характерный для гарей вереск. Покрытие мхов за это же время выросло с 10–20 до 60–70%, в основном за счет олиготрофных зеленых мхов. Сообщество чернично-вересково-травяного сосняка сменилось травяно-чернично-зеленомошным сосняком: произошла бореализация растительности при некотором сокращении видового разнообразия.

ППП 22 (см. таблицу) была заложена в 2013 г. на месте сплошного вывала сосново-елового леса с запасом более $500 \text{ м}^3/\text{га}$. После серии ветровалов (с 2010 г.) к 2017 г. из произраставших на ППП 41 дерева в живых осталось 8, в основном это сосны. За годы после начала вывалов на ППП развился обильный (около 4 тыс. экз./га) подрост с преобладанием ивы козьей (*Salix caprea*) и осины. Также развит подлесок из рябины (*Sorbus aucuparia*). Все изменения в напочвенном покрове связаны с резким осветлением за счет гибели древостоя. Доля лесного бореального разнотравья снизилась до 35% суммарной мощности видов напочвенного покрова. Существенно увеличилась доля суммарной мощности неморального разнотравья и особенно эксплерентов: малина (*Rubus idaeus*) за 4 года (2013–2017) увеличила проективное покрытие с 25–30 до 70–80%. Проективное покрытие мхов за это же время уменьшилось с 50–60 до 15–25%. Таким образом, в результате массовых вывалов радикально изменилось многолетнее состояние данного ПТК; лесовозобновительная сукцессия в начальной стадии происходит с абсолютным господством мелколиственных пород.

Пологие нижние части склонов сельг, перекрытые озерными отложениями и маломощным щебнистым делювием, с постоянным подтоком грунтовых вод. Данные местоположения приурочены в основном к расширенным участкам разло-

мов между крупными сельгами. Для них характерно преобладание мелколиственных лесов (преимущественно осинников) с обилием папоротников в напочвенном покрове. Здесь, благодаря постоянному подтоку грунтовых вод с сельг, никогда не бывает летних засушливых (семигумидных) состояний.

На ППП 7 с осинником папоротниково-травяным (см. таблицу) в течение всего периода наблюдений зафиксирован высокий прирост запаса древостоя — около 6,6 м³/(га год). При этом запас осины почти стабилизировался, береза частично выпала, а в древостое увеличилась доля ели и рябины, которая формирует нижний древесный полог (рис. 4). Численность подроста испытывает резкие колебания (0,1–4,0 тыс. экз./га) за счет вспышек всходов осины. Состав напочвенного покрова за период наблюдений отличается постоянством; не менее 50 % суммарной мощности видов сосудистых растений приходится на бореальное лесное разнотравье, от 10 до 20 % — на влаголюбивые папоротники. По результатам наблюдений можно сделать вывод о наметившейся после 2010 г. смене многолетнего состояния ПТК с осинового на елово-осиновый лес, что связано с достижением осиной предельного возраста и стабилизацией ее запаса при активном вхождении ели в древостой.

Дренированные слабоволнистые пологонаклонные террасированные равнины на безвалунных глинах и суглинках (озерно-ледниковых и озерных). Эти местоположения занимают днища разломов между крупными массивами сельг и окаймляют многочисленные озера — реликты послеледниковых водоемов. Благодаря малым уклонам, высокому плодородию грунтов и почти полному отсутствию валунов и щебня террасы на суглинках и глинах в течение второго тысячелетия н.э. были почти полностью освоены под сельскохозяйственные угодья, а в течение XIX — первой половины XX в. были покрыты густой сетью дренажных канав.

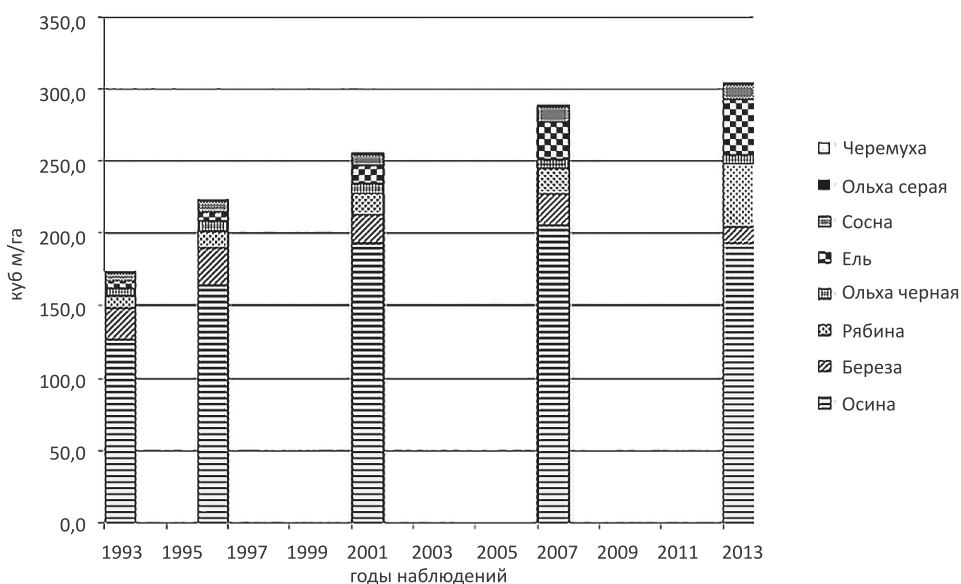


Рис. 4. Изменение запаса древостоя (по древесным породам) в елово-осиновом с рябиной лесу в нижней части склони сельги, перекрытой озерными отложениями, с подтоком грунтовых вод (ППП 7)

Неокультуренные участки террас встречаются редко и занимают небольшие площади. На одном из таких участков была заложена ППП 3 (см. таблицу). Здесь сформировался (возможно, после выборочной рубки конца XIX — начала XX в.) древостой с преобладанием осины и березы. Основной запас древостоя образован поколением осины и березы возраста 60–80 лет. После 1996 г. началось выпадение березы из древостоя при активном вхождении в него ели из подроста. К 2007 г. доля ели в древостое (около 25 % запаса) превысила долю березы, и дальнейшему возрастанию этой доли помешали вывалы, происходившие начиная с 2010 г. Тем не менее за 20-летний период наблюдений средний ежегодный прирост запаса стволов составил 6,6 м³/га. В первом десятилетии XXI в. многолетнее состояние сменилось с мелколиственного леса с участием ели на елово-осиновый лес. При этом доля ели в подросте оставалась все годы низкой (менее 10%) при преобладании осины и серой ольхи, численность которых сильно колебалась.

Вытеснение мелколиственных пород елью иллюстрирует диаграмма распределения деревьев на ППП по 4-сантиметровым градациям диаметра (рис. 5). На ней видно характерное для преобладания молодых деревьев (возрастом до 40 лет) «левостороннее» распределение ели, близкое к нормальному распределение березы и сильно сдвинутая вправо кривая осины, которая благодаря преобладанию стволов с диаметром более 30 см дает основной запас древостоя.

В напочвенном покрове выраженная тенденция изменения отсутствует; по доле в суммарной мощности абсолютно преобладают лесные бореальные травы и опушечные травянистые мезофиты. Можно отметить увеличение разнообразия ЭФГ сосудистых растений после вывалов 2010–2013 гг.: на выворотах появились эксплеренты (малина, иван-чай), а в переувлажненных понижениях — гигрофиты (осоки, ситники).

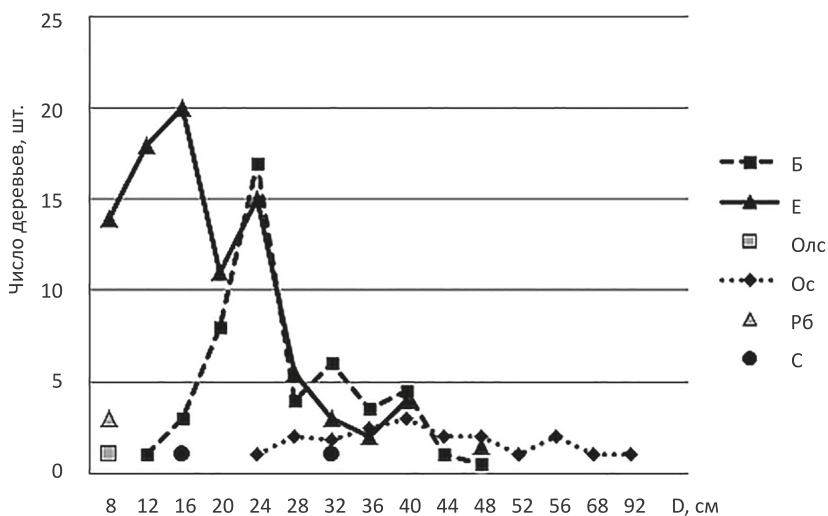


Рис. 5. Распределение древесных пород по диаметру (D, см) в елово-березово-осиновом лесу на террасе на безвалунных суглинках (ППП 3), 2013 г.

Б — береза, Е — ель, Олс — ольха серая, Ос — осина, Рб — рябина, С — сосна. Остальные пояснения в тексте.

На *окультуренных модификациях местоположений террас на безвалунных глинах и суглинках* заложено четыре ППП (см. таблицу). Сельскохозяйственное использование этих участков (в основном под посеvy многолетних трав и сенокосы) прекратилось в течение второй половины XX в., и здесь развиваются процессы зарастания, представленные разными стадиями в зависимости от периода времени, в течение которого эти участки не используются.

В зарастании лугов на террасах на безвалунных глинах и суглинках нами выделены четыре основных последовательных стадии (Исаченко, Пенин, 1995; Исаченко, Резников, 1996):

- 1) несомкнутый подрост мелколиственных деревьев и/или кустарников среди травостоя;
- 2) смыкание подростa мелколиственных пород и/или кустарников с выходом в древостой серой ольхи, осины, березы, ивы козьей;
- 3) сомкнутый древостой мелколиственных пород, иногда с подростом хвойных;
- 4) хвойно-мелколиственный или мелколиственно-хвойный средневозрастный лес с напочвенным покровом, обогащенным лугово-опушечными и иногда луговыми видами.

При ухудшении функционирования дренажной сети каждая стадия может сопровождаться процессами заболачивания и торфонакопления, вплоть до образования низинных болот. На всех стадиях сохраняются дерново-глеевые почвы с хорошо оструктуренным гумусово-аккумулятивным горизонтом мощностью 15–35 см, который не формируется под естественной таежной растительностью.

Данные стационарных и маршрутных исследований в Северо-Западном Приладожье позволили существенно уточнить модели зарастания заброшенных сельскохозяйственных угодий. Отклонения процессов зарастания от 4-стадийной схемы, изложенной выше, могут быть обусловлены следующими факторами:

- 1) различиями в режиме увлажнения (в том числе в длительности периода с близким к поверхности уровнем грунтовых вод) между пологонаклонными (до 5°) террасами более высокого гипсометрического уровня (до 25 м над ур. м.) и низкими слабонаклонными (менее 1°) террасами, по которым в течение почти всего года осуществляется поверхностный сток;
- 2) конкуренцией между травянистыми растениями (особенно высокотравьем), кустарниками и подростом древесных пород;
- 3) наличием или отсутствием вблизи зарастающих угодий источников семян ели.

По данным исследований, наблюдается существенное замедление процесса зарастания заброшенных угодий мелколиственными породами деревьев, а на переувлажненных слабонаклонных террасах — частое отсутствие этого процесса. Основной причиной служит разрастание мезогигрофильного высокотравья (в основном лабазника — *Filipendula ulmaria*, *F. denudata*), препятствующего развитию подростa мелколиственных и тем более хвойных пород. Кроме того, распространению деревьев препятствует рост кустарниковых ив (в основном ивы филиколистной — *Salix phylicifolia*), которые образуют заросли высотой до 5 м и проективным покрытием до 80 %.

На основании данных исследований процессы зарастания бывших сельскохозяйственных угодий на террасах, сложенных безвалунными глинами и суглинками, сведены в семь ландшафтно-динамических траекторий. Из них двум траектори-

ям свойственны местоположения слабонаклонных участков террас, где господство высокотравья с преобладанием лабазника может продолжаться неограниченно долго при отсутствии катастрофических воздействий. Пологонаклонные террасы, более распространенные по площади, характеризуются пятью вариантами ландшафтно-динамических траекторий. Многолетние состояния, формирующиеся через 50 лет после прекращения сельскохозяйственного использования террас, могут сильно различаться — от влажнотравных лугов с господством лабазника до елово-мелколиственных кисличных лесов. Наиболее вероятно формирование мелколиственных травяных лесов. Эти многолетние состояния при отсутствии вблизи зарастающих угодий источников семян ели и невозможности прорастания всходов сосны через травяной покров могут продолжаться неограниченно долго.

Примером такой ландшафтно-динамической траектории на второй стадии зарастания служит ППП 1 (см. таблицу) с бывшим разнотравно-крупнотравным лугом, скашивание которого прекратилось с 2000 г. Сразу же здесь появилась поросль серой ольхи от произрастающих рядом деревьев. За 14 лет (1999–2013 гг.) густота подроста увеличилась более чем в 7 раз (до 6 тыс. экз./га). В 2008 г. серая ольха вышла в древостой, что можно рассматривать как начало 2-й стадии зарастания. К 2017 г. общее проективное покрытие древостоя (высотой до 9 м) и подроста достигло 50–60 %. За весь период зарастания доля мощности луговых травянистых мезофитов уменьшилась с 70 до 40 % и соответственно увеличилась доля опушечных травянистых мезофитов (с 11 до 21 %) и мезогигрофитов (с 10 до 25 % суммарной мощности).

Более продвинутая стадия зарастания той же ландшафтно-динамической траектории исследуется на ППП 13 (см. таблицу), на которой сенокосы были прекращены в начале 1960-х гг. Здесь сформировался древостой с преобладанием осины и проективным покрытием крон 40–60 %. За 19 лет наблюдений средний годовой прирост составил 3,4 м³/га. Основной вклад в этот прирост дает осина, преобладающий возраст которой в настоящее время 40–50 лет. С начала XXI в. из древостоя интенсивно выпадают серая ольха (в связи с достижением предельного биологического возраста) и ива козья, при этом постепенно увеличивается доля ели. Развивается очень густой (около 11 тыс. экз./га) подрост, в котором абсолютно преобладает серая ольха. Однако у этой породы нет шансов занять заметное место в древостое в ближайшие десятилетия. Разрастается подлесок из черемухи.

В напочвенном покрове за период наблюдений зафиксировано небольшое снижение доли опушечных мезофитов при увеличении доли луговых и опушечных мезогигрофитов; увеличилось также проективное покрытие мезоевтрофных мхов с 30–40 до 65–75 %.

Зарастание лугов на террасах на безвалунных глинах и суглинках сосной имеет место на ППП 21 и 14 (см. таблицу). На первой из них сенокосы были прекращены в самом конце XX в., и уже в 2003 г. здесь был зафиксирован обильный подрост сосны (1,4 тыс. экз./га), а также немного подроста березы, серой ольхи и ели. Еще через несколько лет первые экземпляры подроста перешли в древостой, и в 2013 г. на ППП площадью 875 м² произрастало уже 103 дерева диаметром до 20 см (на высоте 1,3 м от основания ствола) и высотой до 8,5 м. Прирост запаса древостоя в 2011–2013 г. составил 9 м³/(га год), что существенно выше, чем на всех остальных исследуемых ППП. Формирующийся сосновый молодняк имеет класс бонитета I–Ia.

С 2013 г. здесь фиксируется внутривидовая конкуренция, сопровождающаяся ослаблением части деревьев, которое в дальнейшем приведет к выпадению их из древостоя. По этой же причине численность подростка сосны за 10 лет (2003–2013 гг.) сократилась почти в 6 раз при существенном увеличении численности подростка серой ольхи.

В результате смыкания древесного полога соснового молодняка за 2003–2017 гг. в напочвенном покрове доля мощности луговых мезофитов сократилась с 50 до 30 %, доля луговых и опушечных мезогигрофитов увеличилась с 10 до 20 %, несколько увеличилась также доля опушечных мезофитов (рис. 6). Увеличилось покрытие мхов с 5–10 до 15–25 %.

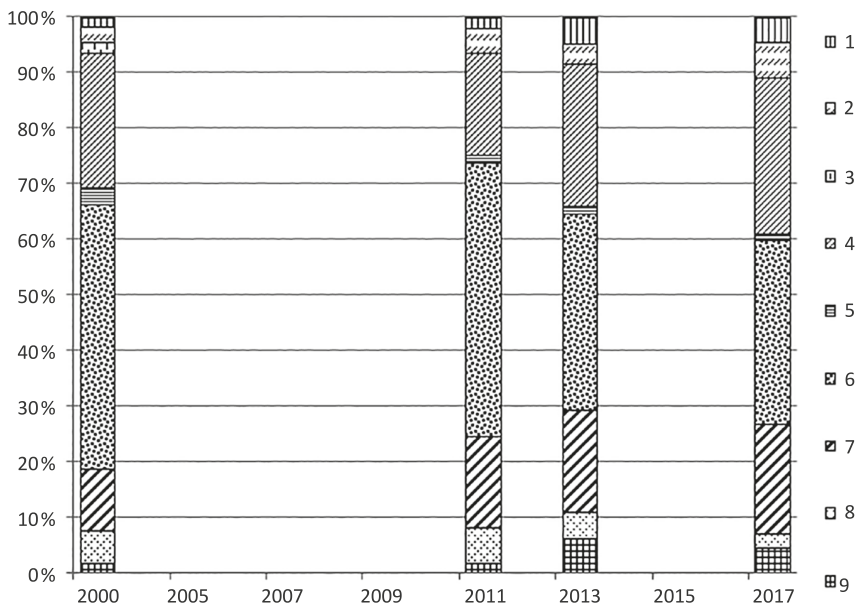


Рис. 6. Изменение соотношения ЭФГ сосудистых растений напочвенного покрова в ходе зарастания заброшенного сельскохозяйственного угодья на пологонаклонной террасе на безвалунных суглинках (ППП 21):

1 — неморальное лесное разнотравье, 2 — сорное разнотравье, 3 — болотные осоки, 4 — опушечные травянистые мезофиты, 5 — травянистые гигрофиты, 6 — луговые травянистые мезофиты, 7 — луговые и опушечные травянистые мезогигрофиты, 8 — лесные и луговые ксеромезофиты, 9 — бореальное лесное разнотравье.

По оси ординат — доля в суммарной мощности видов напочвенного покрова. Остальные пояснения в тексте

Не менее 55–60 лет зарастает ППП 14 с мелколиственно-сосновым влажно-травным лесом на слабоволнистой террасе. Средний прирост запаса древостоя за 20 лет составил $5,5 \text{ м}^3/(\text{га} \cdot \text{год})$: активно прирастают сосна и береза (преобладающий возраст 40–60 лет) при выпадении серой ольхи, достигшей предельного возраста. Серая ольха абсолютно преобладает в подросте, густота которого за 20 лет снизилась с 25 до 15 тыс. экз./га. В напочвенном покрове представлено до 10 ЭФГ, в том числе луговые мезофиты — «наследие» располагавшегося здесь ранее разнотравно-злакового луга. Намечается тенденция некоторого увеличения доли лесных бореа-

лов и папоротников. За время наблюдений проективное покрытие мезоевтрофных мхов выросло с 10 до 45–55 %. В целом состояние ПТК можно охарактеризовать началом 4-й стадии зарастания бывшего сельскохозяйственного угодья.

Заболоченные террасы на безвалунных глинах и суглинках, с органоминеральными почвами, окультуренные в прошлом. ППП 9 (см. таблицу) заложена на почти плоской террасе, бывшей, по-видимому, участком дна небольшого оз. Суури до его частичного спуска в первой половине XIX в. Использование под сенокос прекратилось в 1970-х гг., дренажная сеть сильно заплывла. За период наблюдений 2-я стадия зарастания (заросли ивы и молодняка мелколиственных пород с гигрофильным высокотравьем) сменилась 3-й стадией: мелколиственным влажнотравным лесом с ивой. Средний прирост запаса древостоя за 21 год составил $2,5 \text{ м}^3/(\text{га год})$, причем кривая роста имеет экспоненциальный вид. По запасу абсолютно преобладает береза, хотя постоянно увеличивается доля осины, растущей вдоль периферии заболоченной террасы. Проектное покрытие древостоя за период наблюдений увеличилось от значений менее 5 % до 20–25 %. В подросте увеличилась доля серой ольхи, которая по численности обогнала березу. Проектное покрытие яруса кустарниковых ив (при средней высоте 2–3 м) за последние 10 лет несколько уменьшилось: с 30–40 до 15–25 %, что свидетельствует о конкуренции со стороны древостоя.

Наряду с процессами облесения и закустаривания на ППП выражено заболачивание, что проявляется в доминировании травянистых гигрофитов: камыша лесного (*Scirpus sylvaticus*), хвоща речного (*Equisetum fluviatile*), вейника сероватого (*Calamagrostis canescens*) и др. Кроме того, после 2007 г. заметно увеличилось покрытие сфагновых мхов — от отдельных пятен (менее 1 %) до 10–20 %. Мощность торфа, который начал откладываться после прекращения сенокосения, не превышает 5 см. Однако состояние древостоя, ускоряющиеся темпы его прироста и увеличение доли осины позволяют заключить, что залесение здесь преобладает над заболачиванием.

Торфяники замкнутых и полузамкнутых слабопроточных понижений, мезоолиготрофные и мезотрофные с мощностью торфа до 2 м. Торфяники часто встречаются и в межсельговых депрессиях, и в пределах сельг, но не занимают большой площади. Почти все торфяники были до середины XX в. подвергнуты осушению для лесомелиорации либо для создания новых сельскохозяйственных угодий.

Одна из ППП (4) размещена на мезоолиготрофном торфянике, где под влиянием осушения в первой половине XX в. сформировался березово-сосновый кустарничково-чернично-сфагновый лес. Преобладающее по запасу поколение сосны имеет возраст 80–120 лет, средний прирост запаса за 20 лет составил $2,6 \text{ м}^3/(\text{га год})$. В подросте абсолютно преобладает порослевая береза (0,7–4,2 тыс. экз./га). Напочвенный покров отличается флористической бедностью (8–10 видов сосудистых растений) и стабильностью: за период наблюдений сохранялось соотношение двух доминирующих ЭФГ — болотных и лесных олиготрофных кустарничков. В моховом покрове доминируют сфагновые мхи.

По результатам наблюдений можно заключить, что в данном местоположении многолетнее состояние не изменилось за 25 лет и не изменится в ближайшие десятилетия.

В 1997 г. заложена ППП 19 (см. таблицу) на мезотрофном приозерном торфянике, который был осушен в первой половине XX в. и использовался под сенокос до конца 1940-х гг. После прекращения сенокосов здесь вырос березовый редкостой-

ный лес, запас которого в 1997 г. составлял 97 м³/га. Все последующие годы древостой березы деградировал, и запас ее сократился почти в 2 раза за 16 лет. Пополнение древостоя березы из подроста (около 2 тыс. экз./га) незначительно.

В напочвенном покрове представлено 40–45 видов сосудистых растений. В течение всего периода наблюдений в нем преобладали гигрофиты: осоки пузырчатая (*Carex vesicaria*) и удлиненная (*C. elongata*), белокрыльник (*Calla palustris*), хвощ речной и др.

В моховом покрове (покрытие которого 15–25 %) преобладают мезоевтрофные и сфагновые мхи. ППП частично обводнена в течение большей части вегетационного периода. С 2015 г. за счет повышения уровня в оз. Суури и в вытекающей из него протоке, пересекающей торфяник, обводнение охватило почти всю ППП. Вторичное заболачивание приведет к полной гибели древостоя в ближайшие 10–20 лет и к формированию многолетнего состояния травяно-осокового болота с ивой.

Выводы

Данные наблюдений на 20 ППП за 15–25 лет показали, что на половине из этих площадок сменилось многолетнее состояние ПТК либо наместились признаки его смены. Основные индикаторы смены многолетних состояний — изменение соотношения преобладающих древесных пород либо формирование древесной растительности (или прекращение ее существования).

Наиболее динамичны в ландшафте Северо-Западного Приладожья ПТК террас, сложенных безвалунными глинами и суглинками, длительное время использовавшиеся в сельском хозяйстве. В настоящее время здесь идут процессы зарастания, реализуемые по семи ландшафтно-динамическим траекториям.

В других местоположениях смена многолетнего состояния инициируется в основном пожарами и ветровалами и последующим восстановлением лесной растительности. Кроме того, в лесах древесные породы могут сменяться при достижении предельного биологического возраста представителей мелколиственных видов.

Наиболее стабильны местоположения привершинных склонов селыг и осушенных торфяников: здесь преобладают сосновые леса и отсутствуют катастрофические воздействия.

За период наблюдений не зафиксированы изменения границ ландшафтных местоположений, сформированных значительно более стабильными во времени компонентами ландшафтов — рельефом и почвообразующими породами.

Торфообразование, наблюдаемое в местоположениях переувлажненных окультуренных террас на безвалунных глинах и суглинках, может привести к эволюции данных местоположений в торфяники только в течение нескольких столетий.

Таким образом, сеть ландшафтных местоположений сохраняет значение достаточно жесткой пространственной матрицы для фиксации процессов многолетней динамики ландшафтов.

Несмотря на отмечаемые в последние годы признаки деградации ели в различных ландшафтах тайги северо-запада европейской России, в том числе массовую гибель ели из-за ветровалов (Пукинская, 2016), наблюдения на ППП показали ее вхождение в древостой в местоположениях склонов селыг и части зарастающих окультуренных террас на безвалунных глинах и суглинках. В лесах со значительной

долей ели, несмотря на выпадение ее при ветровалах, она продолжает вытеснять мелколиственные породы.

Данные наших исследований не дают оснований для вывода о длительном существовании древостоев с господством серой ольхи на бывших сельскохозяйственных угодьях и «самоподдержании» сероольшаников за счет постоянного пополнения древостоя из подроста. В местоположениях окультуренных террас господство серой ольхи в древостоях выражено только на первых стадиях зарастания. А когда деревья этой породы достигают предельного биологического возраста (40–60 лет), она начинает выпадать из древостоев, даже несмотря на обильный подрост. Этот вывод соответствует заключению, сделанному в свое время в работе (Ниценко, 1961).

В условиях смягчения климата при потеплении отсутствуют признаки угасания неморальных элементов в травяном покрове и кустарниковом ярусе, которое отмечено в работе (Ниценко, 1961). По данным наших исследований, на всех ППП, где в состав напочвенного покрова входят неморальные травы, за период наблюдений их роль в растительном покрове не изменилась. Это касается и лесов на северо-восточных склонах сельг с преобладанием ели. Кроме того, неморальные виды появляются при зарастании заброшенных сельскохозяйственных угодий и ветровалов.

Полученные выводы можно экстраполировать не только на ландшафт Северо-Западного Приладожья, но и на другие южно-таежные ландшафты Балтийского кристаллического щита (Фенноскандии) и прилегающих к нему районов Карельского перешейка, где имеются сходные ландшафтные местоположения.

Литература

- Исаченко, Г. А., Пенин, Р. Л., 1995. Динамика ландшафта за 40 лет: эколого-флористический анализ в: Исаченко Г. А. (под ред.), Длительные изменения и современное состояние ландшафтов Приладожья. Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, Санкт-Петербург.
- Исаченко, Г. А., Резников, А. И., 1996. Динамика ландшафтов тайги Северо-Запада Европейской России. Русск. геогр. об-во, Санкт-Петербург.
- Ниценко, А. А., 1961. Изменение естественной растительности Ленинградской области под воздействием человека. Изд-во Ленингр. ун-та, Ленинград.
- Пукинская, М. Ю., 2016. Очаговое усыхание ели в южнотаежных ельниках. Ботанический журнал 101 (6), 650–671.

Статья поступила в редакцию 23 января 2018 г.
Статья рекомендована в печать 14 февраля 2018 г.

Контактная информация:

Исаченко Григорий Анатольевич — greg.isachenko@gmail.com

Long-term dynamics of landscapes of the North-Western Ladoga Region according to the stationary observations

Grigorii A. Isachenko

St. Petersburg State University,

7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

For citation: Isachenko G. A. Long-term dynamics of landscapes of the North-Western Ladoga Region according to the stationary observations. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 2018, vol. 63, issue 1, pp. 3–21. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2018.101>

The results of 25 years of observations (1992–2017) on 20 permanent key plots (PKP), founded near Priladozhskaya educational-scientific field station of St. Petersburg University (150 km North of St. Petersburg) are analyzed. The PKP are located in the landscape of North-Western Ladoga Region, in the most typical landscape sites: on the tops and slopes of selga (ridges composed of Archean and lower Proterozoic granitoids and treated by glacier), terraces on lacustrine clays and loam, peat bogs of various types, etc. When locating the PKP, typical plant communities were chosen (pine, spruce, mixed and small-leaved forests, pine woodlands, overgrown meadows) and the most characteristic impacts (forest fires, selective cuttings, windfalls, recent use in agriculture, drainage, and others). The most dynamic landscape in the North-Western Ladoga Region are terraces on lacustrine clay and loam, for a long time used in agriculture. Currently, processes of overgrowing realized at a 7 landscape-dynamic trajectories are taking place. In other landscape sites, changes of a long-term state are initiated mainly by fires and windfall, and subsequent processes of forest regeneration. In addition, the change of tree species in forests can occur when small-leaved trees reach their maximal biological age. The landscape sites of upper slopes of ridges and drained peat bogs with a predominance of pine forests in the absence of catastrophic impacts are the most stable.

Keywords: long-year dynamics, landscape, Lake Ladoga Region, southern taiga, landscape-dynamic trajectory, permanent key plot, succession, forest regeneration, impact.

References

- Isachenko, G. A., Penin, R. L., 1995. Dinamika landshafta za 40 let: jekologo–floristicheskij analiz [Landscape dynamics over the 40 years period: ecological-floristic analysis], in: Isachenko G. A. (Eds.), *Dlitel'nye izmenenija i sovremennoe sostojanie landshaftov Priladozh'ja* [The Landscapes of Ladoga region. Long-term changes and present conditions]. St. Petersburg University Press, St. Peterburg. (In Russian)
- Isachenko, G. A., Reznikov, A. I., 1996. Dinamika landshaftov tajgi Severo-Zapada Evropejskoj Rossii [Taiga of the European Russia North-West: Landscape dynamics]. *Russk. geogr. ob-vo*, St. Peterburg. (In Russian)
- Nicenko, A. A., 1961. *Izmenenie estestvennoj rastitel'nosti Leningradskoj oblasti pod vozdejstviem cheloveka* [The change in the natural vegetation of the Leningrad oblast under human influence]. *Izd-vo Leningradsk. un-ta*, Leningrad. (In Russian)
- Pukinskaja, M. Ju., 2016. Ochagovoe usyhanie eli v juzhnotaezhnyh el'nikah [The group spruce decline in forests of south taiga]. *Botanicheskij zhurnal* [Botanical journal] 101 (6), 650–671. (In Russian)

Author's information

Grigorii A. Isachenko — greg.isachenko@gmail.com