

## Динамика формирования сообществ в процессе восстановительных сукцессий

### Dynamics of community formation in the process of restorative successions

Желибо Т. В., Помазкова Н. В.

Zhelibo T. V., Pomazkova N. V.

Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита, Россия  
E-mail: zhelibo@mail.ru; naste2@yandex.ru

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia

**Реферат.** Цель работы заключается в оценке сукцессионной динамики растительных сообществ, формирующихся на техногенно нарушенном участке после проведения восстановительных работ и за его пределами. Задача работ – формирование высокогорных экосистем, максимально соответствующих по своему составу, строению и выполняемым функциям предшествующего сообщества и сохранение ландшафтообразующего вида – рододендрона золотистого (*Rhododendron aureum* Georgi). Данный вид играет существенную роль в формировании биоразнообразия подгольцовых сообществ Станового нагорья. В 2019 и 2020 гг. был заложен эксперимент по восстановлению горно-тундровых экосистем на нарушенном участке в подгольцовом поясе хребта Удокан. Участок был нарушен в результате строительных работ, проводимых компанией ООО «Удоканская медь». На экспериментальном участке площадью 3 га был выполнен технологический этап рекультивации с нанесением почвенно-растительного слоя, а затем осуществлен перенос мохово-лишайниковых куртин с участием *Rhododendron aureum*. Для оценки сукцессионной динамики и изучения микрогруппировок растительных сообществ были заложены 4 постоянные площадки. В каждом фрагменте тщательно выявляли виды сосудистых растений, мхов, напочвенных лишайников. Отмечали общее проективное покрытие и обилие вида, проведена фиксация появления и роста первых древесных видов. Видовое биоразнообразие площадей на участке после восстановительных работ превышает исходные площади более чем в 6,8 раза, а проективное покрытие в 5,3 раза. Основываясь на изучении особенностей видового состава растительного покрова и характера его размещения, авторы приходят к выводу, что восстановительные технологии позволяют в сокращенные сроки добиться восстановления главных компонентов экосистемы – растительности, почвы, исключить наиболее длительную стадию восстановительной сукцессии – пионерную и ускорить прохождение второй – травянистой и третьей – стадии мелколиственных деревьев и кустарников и сохранить *Rhododendron aureum*. В настоящий момент формирование сообщества на исследуемой территории не завершено.

**Ключевые слова.** Биоразнообразие, восстановительные сукцессии, проективное покрытие, рододендрон золотистый, техногенно нарушенные земли.

**Summary.** The purpose of the work is to assess the successional dynamics of plant communities that form in a technogenically disturbed area after restoration work and beyond. The aim of the work is to form high-altitude ecosystems that best match the composition, structure and functions of the destroyed one and preserve the landscape-forming species, the golden rhododendron (*Rhododendron aureum* Georgi). This species plays a significant role in the formation of the biodiversity of the subgolic communities of the Stanovoi Highlands. In 2019 and 2020, an experiment was launched to restore mountain-tundra ecosystems in a disturbed area in the subgolic belt of the Udokan range. The site was disrupted as a result of construction work carried out by Udokan Copper LLC. The technological stage of reclamation with the application of a soil and vegetation layer was carried out on an experimental site with an area of 3 hectares, and then moss-lichen curtains were transferred with the participation of *Rhododendron aureum*. Four permanent sites were established to assess the succession dynamics and study the microgroups of plant communities. Species of vascular plants, mosses, and soil lichens were carefully identified in each fragment. The overall projective coverage and abundance of the species were noted, and the appearance and growth of the first tree species were recorded. The species biodiversity of the areas on the site after restoration work exceeds the initial areas by more than 6,8 times, and the projective coverage by 5,3 times. Based on the study of the characteristics of the species composition of the vegetation cover and the nature of its placement, the authors conclude that restoration technologies make it possible to restore the main components of the ecosystem – vegetation, soil – in a short time, eliminate the longest stage of restoration succession – the pioneer stage and accelerate

the passage of the second – herbaceous and third – stages of small-leaved trees and shrubs and preserve the *Rhododendron aureum*. At the moment, the formation of a community in the study area has not been completed.

**Key words.** Biodiversity, golden rhododendron, projective cover, regenerative successions, technogenically disturbed lands.

**Введение.** Изучение динамики формирования растительности после техногенных нарушений сообществ является значимым направлением исследований. Необходимость изучения механизмов и процессов изменения растительного покрова является важной теоретической и практической задачами. Отечественными исследователями заложены основы изучения динамики растительности и выделены несколько основных типов, которые различаются по временному фактору, степени, постоянству процессов, их обратимости, историческому и другим признакам (Сукачев, 1945; Работнов, 1950; Корчагин, 1976; Миркин, 1985). В процессе сукцессии формируется зрелое климаксовое сообщество, соответствующее условиям обитания (Александрова, 1964). В зависимости от условий, сукцессионные ряды могут состоять из различного числа стадий и иметь разную продолжительность (Горчаковский, 1984).

В настоящее время большое внимание уделяется изучению возможностей формирования устойчивых экосистем, близких к зональным, на месте земель, нарушенных в результате добычи полезных ископаемых. На второй план отходит скорейшее озеленение монокультурами, позволяющее снизить негативные последствия разрушений природных экосистем, развитие эрозии или избежание распределения вредных веществ. При этом отмечается, что ландшафт практически навсегда сохранит техногенный характер, и будет представлять собой экоклин, внедренный в систему естественных ландшафтов, со специфическими свойствами и режимами функционирования (Андроханов, 2012). Таким образом, при работах по восстановлению экосистем речь может идти только о создании природоподобного сообщества.

Высокогорные территории северных широт Сибири требуют особого внимания, ввиду небольшой освоенности региона, сложности и суровости природно-климатических условий для проведения рекультивационных работ. Необходимо учесть особенности динамики высокогорных сукцессий при естественном самозарастании: малая мощность почв, замедленное восстановление, участие узкого набора видов при самозарастании, влияние микроусловий.

Цель данного исследования – оценка сукцессионной динамики растительных сообществ, формирующихся на техногенно нарушенном участке после проведения восстановительных работ и за его пределами.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в 2019–2024 гг. на нарушенной планировочными работами высокогорной территории ООО «Удоканская медь», расположенной в подгольцовом поясе хр. Удокан в Каларском муниципальном округе Забайкальского края. Географические координаты участка, на котором были проведены восстановительные работы – 56.6243° с. ш., 118.3633° в. д. (Желибо, 2023; Zhelibo, Pomazkova, 2024).

В соответствии с лесорастительным районированием (Приказ ..., 2014) и Перечня лесных районов Российской Федерации территория относится к Забайкальскому горно-мерзлотному району Южно-Сибирской горной зоны. Рельеф гольцово-альпийский, преобладают крутые склоны с курумами и скальными выступами, в вершинной части куполообразные, со следами оледенения (Атлас..., 1997; Малая..., 2009). Крутизна склонов достигает 40°. Климат резко континентальный, среднегодовое количество осадков до 600 мм; среднегодовая температура около –11,3 °С. Средняя температура воздуха в июле +14,7 °С, в январе –37,3 °С (Плюхин, 1990). Территория исследования относится к области сплошного распространения многолетней мерзлоты. Основными растительными поясами являются таежный, подгольцовый и тундровый.

В 2019 и 2020 гг. был заложен эксперимент по восстановлению горно-тундровых экосистем на нарушенном участке в подгольцовом поясе хребта Удокан. Участок был нарушен в результате строительных работ проводимых компанией ООО «Удоканская медь». На экспериментальном участке площадью 3 га был выполнен технологический этап рекультивации с нанесением почвенно-растительного слоя, а затем осуществлен перенос мохово-лишайниковых куртин с участием ландшафтообразующего вида – рододендрона золотистого (*Rhododendron aureum* Georgi).

Для оценки сукцессионной динамики и изучения микрогруппировок растительных сообществ были заложены 4 постоянные площадки размером 1 × 1 м: на участке восстановления 2019 г.; на участке восстановления 2020 г.; на участке технологической рекультивации на удалении 5 м от участка восстановления и на участке технологической рекультивации на удалении 10 м от участка восстановления. В каждом фрагменте тщательно выявляли виды сосудистых растений, мхов, напочвенных лишайников. Отмечали общее проективное покрытие и обилие вида, проведена фиксация появления и роста первых древесных видов. При обработке материалов использовался экологофлористический метод Браун-Бланке (Westhoff, Maarel, 1978). Отдельно отмечали прегенеративные и генеративные особи сосудистых растений. С целью изучения формирования сообщества использовались показатели: значимые группы видов (доминанты); типы жизненных форм; структурные показатели растительных сообществ (флористическое богатство, соотношение числа видов и их обилие, мозаичность).

**Результаты и обсуждение.** В процессе формирования растительного сообщества биологическое разнообразие на участке восстановления составляет 39 видов, а за его пределами 6. По результатам наблюдений был составлен следующий ряд растительных сообществ. В целом, имеется 4 основные группы растений, заселяющих нарушенную территорию:

- мохообразные;
- злаковые и осоковые виды растений;
- мелколиственные виды древесных растений;
- хвойные древесные и кустарниковые растения.

В пределах площадки восстановления наблюдается следующая смена ассоциаций: *Rhododendronetum carexosum* → *Rhododendronetum carexosum* → *Rhododendronetum carexosum* → *Rhododendronetum luzuloso-chamaenerinosum* → *Salixeto-Rhododendronetum luzulosum*.

Доминантом в ряде ассоциаций выступает перенесенный в куртине рододендрон золотистый, если исключить его из анализа и обратить внимание на заселяющие межрядовое пространство виды, сложение ассоциаций будет несколько иным: *Carexetum rhytidiumosum* → *Carexetum rhytidiumosum* → *Carexetum-rhytidiumosum* → *Luzuletum chamaenerosum* → *Salixetum luzulosum*.

За пределами восстановительных мероприятий формирование ассоциаций проходит по другому сценарию: *Polytrichumetum* → *Carexetum polytrichumosum* → *Carexetum polytrichumosum* → *Carexetum polytrichumosum* → *Carexetum polytrichumosum*.

При формировании пионерных сообществ растительности наблюдается слабая вариация видов в несомкнувшемся состоянии, доминантами выступают: *Rhododendron aureum*, *Carex brunnescens*, *Salix schwerinii*; *Carex brunnescens*, *Luzula rufescens*.

На всех стадиях сохраняется формирование монодоминантных пятен, со временем изменяется их состав. Если в первые два года «пятна» образуют такие виды, как: осока буреющая (*Carex brunnescens* (Pers.) Poir.), осока шаровидная (*Carex globularis* L.), осока амгунская (*Carex amgunensis* F. Schmidt), осока прямоколосая (*Carex atherodes* Spreng.), то на последующих этапах их сменяют: ожика рыжеватая (*Luzula rufescens* Fisch. ex E. Mey.), смилацина трехлистная (*Smilacina trifolia* (L.) Desf.), таран альпийский (*Aconogonon alpinum* (All.) Schur).

В тоже время на перенесенных моховых куртинах произрастает голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum* L.), береза кустарниковая (*Betula fruticosa* Pall.), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.), багульник болотный (*Ledum palustre* L.), клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr.), которые являются источником заселения.

Наблюдаются различия в динамике формирования сукцессий на участке восстановительных мероприятий и за его пределами (рис. 1). На участке, где не были проведены восстановительные мероприятия, все растения встречаются единично и распределены по площади случайно. Общее проективное покрытие растений за пять лет не превышает 15 %.

Данная динамика отчетливо прослеживается при фотофиксации учетных площадей (рис. 2).

**Вывод.** В процессе самозарастания нарушенных территорий формирование сукцессий возможно по нескольким сценариям: с доминированием древесных кустарников, злаковых или мохообразных растений. Это зависит от наличия мероприятий, позволяющих сократить сроки и расширить перечень видового разнообразия, как на пионерной стадии, так и в последующем. Проведение биологического этапа восстановления экосистем позволяет сократить длительность пионерной стадии, ускорить прохождение второй – травянистой и третьей стадии – мелколиственных деревьев и кустарников и сохранить *Rhododendron aureum*.

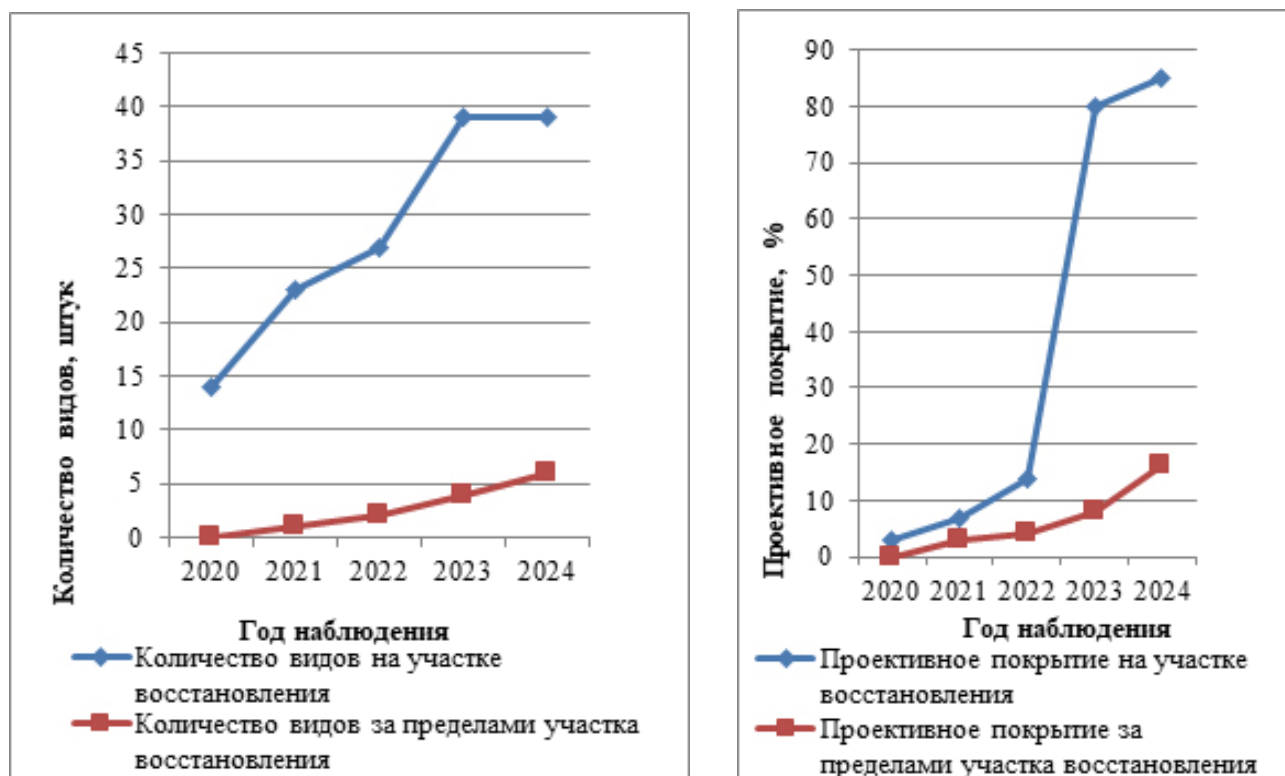


Рис. 1. График флористического разнообразия и проективного покрытия учетных площадей на участке восстановления и за его пределами.

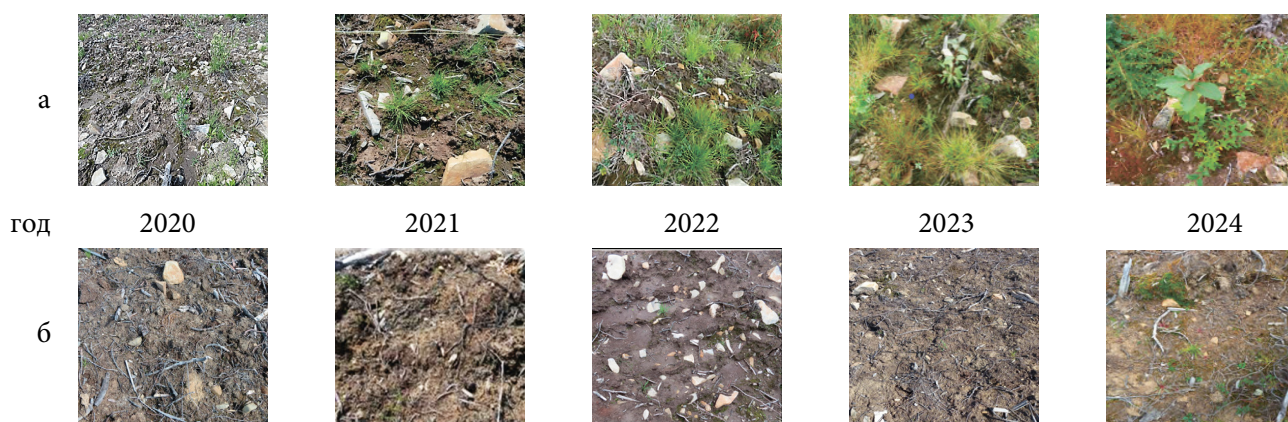


Рис. 2. Динамика растительности учетных площадей: а) – в пределах восстановительных мероприятий; б) – за пределами восстановительных мероприятий.

**Благодарности.** Работа выполнена по государственному заданию Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН № 21032200126-6.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Александрова В. Д.** Изучение смен растительного покрова. // Полевая геоботаника. – М.; Л., 1964. – Т. 3. – С. 300–447.
- Андроханов В. А.** Проблемы рекультивации северных территорий // Успехи современного естествознания, 2012. – № 11–1. – С. 28–31.
- Атлас Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа.** – М., 1997. – 48 с.
- Горчаковский П. Л.** Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // Экология, 1984. – № 5. – С. 3–16.
- Желибо Т. В.** Компенсационная пересадка *Rhododendron aureum* Georgi (Ericaceae) в высокогорье Северного Забайкалья // Успехи современного естествознания, 2023. – № 5. – С. 27–32.

Приказ Минприроды России от 18.08.2014 N 367 (ред. от 02.08.2023) «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте России 29.09.2014 N 34186).

**Корчагин А. А.** Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника. – Л.: Наука. 1976. – Т. 5. – С. 7–320. *Малая энциклопедия Забайкалья: Природное наследие.* – Новосибирск: Наука, 2009. – 698 с.

**Миркин Б. М.** Теоретические основы современной фитоценологии. – М.: Наука, 1985. – 137 с.

**Плюхин Б. В.** Удокан: Климатические особенности и охрана атмосферы. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1990. – 111 с.

**Работнов Т. А.** Некоторые вопросы изучения структуры луговых травостоев. // Бюл. Моск. О-ва испытателей природы. Отд. Биол., 1950. – Т. 55. – Вып. 1. – С. 37–45.

**Сукачëв В. Н.** Биогеоценология и фитоценология // Докл. АН СССР, 1945. – Т. 47, № 6. – С. 447–449.

**Zhelibo T. V. Pomazkova N. V.** Method of restoration of degraded mining landscapes // BIO Web of Conferences, 2024. – Vol. 128. – P. 00036. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202412800036>.

**Westhoff V., Maarel E. van der** The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities. – The Hague, 1978. – P. 287–399.