

## Экологические условия на постсолифлюкционных участках и их роль в формировании первичной сукцессии

С. Г. ПРОКУШКИН, В. Г. ШКИКУНОВ, Т. Н. БУГАЕНКО

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН  
660036, Красноярск, Академгородок  
E-mail: shkik@ksc.krasn.ru*

### АННОТАЦИЯ

Изучены экологические условия, формирующиеся на солифлюкционных площадях, часто встречающихся в криолитозоне Центральной Эвенкии. Отмечено существенное изменение микросреды на отдельных солифлюкционных “микроэкосистемах”, резко отличающихся от контрольных в насаждении. Возникшие на этих площадях экологические условия приводят к изменению видового состава растительности и ее разнообразия. Однако каких-либо существенных отличий отдельных экологических групп в зависимости от гидротермических и трофических условий не выявлено.

**Ключевые слова:** постсолифлюкционные участки, первичная сукцессия, криолитозона, Центральная Эвенкия.

В зоне многолетней и островной мерзлоты, а также в области длительного сезонного промерзания почв часто на склонах происходит их жидко- и вязкотекучее движение – солифлюкция [1, 2]. Районы классического развития солифлюкции – это острова Шпицберген, Полярный и Приполярный Урал, криолитозона Приенисейской Сибири, Чукотский полуостров, Аляска, территория тундры и лесотундры Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов [1–4].

В условиях криолитозоны Приенисейской Сибири обычно встречается быстрая дифференциальная солифлюкция, которая имеет локальный характер и проявляется в виде медленных, быстрых, а иногда и катастрофических сплывов с образованием борозд, рытвин и деллей. Процессы этой солифлюкции нередко локально активизируются в периоды переувлажнения сезонно-талого слоя

на осыпных и делювиальных склонах, сложенных щебнеглыбовым материалом с суглинистым наполнителем. Такая солифлюкция наиболее активна на склонах средней крутизны – 8–15° и более [1–3, 5, 6].

Солифлюкционные процессы широко распространены и в Центральной Эвенкии. По данным А. П. Абаимова [7], только в 2001 г., характеризующемся большим количеством летних осадков (около 310 мм), в среднем течении р. Н. Тунгуска на 100-километровом отрезке отмечено 72 свежих солифлюкций площадью от 5 до 10 га и более. Встречаются также старые солифлюкционные участки, возраст которых более 50 лет.

В условиях криолитозоны частота солифлюкционных процессов зависит от количества летних осадков, и поэтому их масштабы могут существенно возрасти при сценарии “влажного потепления климата”. Однако в настоящее время как последствия солифлюкционных процессов, так и закономерности постсолифлюкционных изменений почвенного и растительного покрова не были

---

Прокушкин Станислав Григорьевич  
Шкикунов Виктор Геннадьевич  
Бугаенко Татьяна Николаевна

предметом исследований, в то время как их влияние на лесные экосистемы, особенно в северной тайге, не менее существенно, чем пожары и сплошные рубки, так как они приводят к полному уничтожению биогеоценозов на этих участках.

В связи с этим цель исследований – изучение на постсолифлюкционных участках экологических условий, обуславливающих процессы первичной сукцессии и формирование экологической структуры растительного покрова на различных этапах развития сообщества.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В зависимости от масштаба солифлюкции и сложившихся постсолифлюкционных климатических условий основные сукцессии лиственничных лесов в мерзлотной зоне идут или с образованием каменистых россыпей и обнажением грунта, или с последующим лесовосстановлением со сменой или без смены типа растительности [8]. В нашем случае исследования проводились на солифлюкционных участках, расположенных на склонах юго-восточных экспозиций с успешно возобновляющейся лиственницей Гмелина (*L. gmelinii* (Rupr.) Rupr.) [9].

Для выявления специфичности отдельных постсолифлюкционных стадий протекания сукцессий в зависимости от степени деградации и возраста нарушенных площадей они разбиты на три эколого-генетических ряда, представляющих собой участки с разной степенью восстановления: до 10 лет (1-я стадия – пионерная, восстановления); 10–40 лет (2-я стадия – период формирования древесного полога – молодняки) и более 40 лет (3-я стадия – дифференциации древостоя). В данном сообщении рассматривается лишь первая стадия постсолифлюкционного восстановления лесной растительности – на солифлюкции трехлетней давности.

Солифлюкционные процессы в отличие от пожаров и сплошных рубок приводят к полному разрушению исходных экосистем, на которых в первый период доминирующую роль в восстановлении и формировании нового биогеоценоза играют гидротермические условия и освещенность. В зависимости от

этих факторов заселение всей нарушенной площади происходит неоднородно как во времени, так и в пространстве, что обусловлено различной степенью пригодности возникших здесь отдельных микроучастков для поселения живых организмов. Последствия солифлюкций, как и пожаров и концентрированных рубок, особенно сложны и разнообразны на мерзлотных почвах, где диапазон и степень трансформации среды в результате этих процессов очень велики. В результате их действия относительно целостные лесные биогеоценозы не только полностью уничтожаются, но и сами солифлюкционные участки дробятся на множество микроэкологических (микроэдафических) структур, являющихся затем местом начальной фазы формирующихся биогеоценозов. В связи с этим темпы их формирования и пространственная структура на солифлюкционных участках будут весьма неоднородны, так как они в значительной степени обусловлены сложившимися факторами микросреды в отдельных микроэкосистемах в постсолифлюкционный период. Поэтому в большинстве случаев известные закономерности восстановительных процессов биогеоценозов для всей солифлюкционной площади не будут адекватно отражать всей картины количественной и качественной зависимости данного процесса от физико-химических особенностей субстрата, микрорельефа, трофического, гидротермического и климатического режимов в элементарных частях разрушенного биогеоценоза – “микроэкосистемах” [10–12].

Предложенный этими авторами принцип “ценопопуляционно-микроэкосистемного” изучения экологии лесовосстановления в последние годы довольно часто применяется в условиях средней и южной тайги, в то время как для северных регионов он не использовался. Здесь на солифлюкционных площадях не выявлены специфические закономерности изменения экологических условий в отдельных “элементарных” микроэкосистемах. В то время как оценка роли этих факторов в восстановительных сукцессиях очень важна как с теоретической, так и с практической точки зрения.

В связи с этим нами использован вышеуказанный “микроэкосистемно-ценопопуляци-

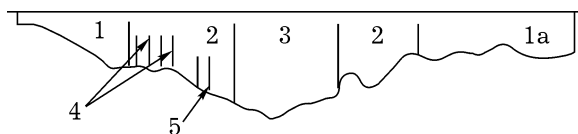


Рис. 1. Поперечный профиль постсолифлюкционного участка трехлетней давности с отмеченными границами микрогруппировок: 1 и 1а – западная и восточная бровки; 2 – наносный мелкозем; 3 – русло ручья; 4 – ветниковые островки на мелкоземе; 5 – снесенные комья почвы с корнями деревьев и травянистой растительностью

онный” метод, на основании которого выявлялась специфичность трансформации и формирования экофитоценологических условий на отдельных микроучастках солифлюкции. С этой целью поперек склона в средних и нижних его частях на каждой солифлюкции заложили топоэкологические профили шириной 25 м и длиной во всю ширину солифлюкционного участка (25–30 м). На этих трансектах выполнено картирование глубины смыва почвы с выделением на нарушенной поверхности пяти микрогруппировок растительности (рис. 1) с разной степенью нарушенности и проведено описание видового состава: 1) ветниковая микрогруппировка, занимающая солифлюкционные почвенно-грунтовые толщи по восточной и западной бровкам; 2) мелкоземисто-каменистые продукты выветривания базальтов (долеритов) в виде наносного мелкозема; 3) дно временного водотока – материнская порода; 4) отдельные островки-микроповышения в пределах участков с мелкоземом; 5) островки почвенно-грунтовой толщи, занятые ветниково-кустарниковой микрогруппировкой.

На каждом микроучастке в зависимости от его размера и микрорельефа наметили 1–8 точек, где в течение 1,5 мес. (с 15 июня по 24 июля) в послеполуденное время (с 13:00 до 18:00) через каждые 3–5 сут замеряли температуру и влажность приземного слоя воздуха, температуру почвы на глубине 0–5; 5–10 см и освещенность. Напротив каждого топоэкологического профиля солифлюкционного участка в коренных (ненарушенных) насаждениях поперек склона также заложили топоэкологические профили (контроль), где в зависимости от микрорельефа выделили 10 микроплощадок, на которых затем выполняли измерения экологических условий [13, 14].

Исследование видового состава коренных лиственничников в прилегающих к солифлюкционным террасам неповрежденных участках и выявление видового состава растительных микрогруппировок на солифлюкции проводили по стандартным методикам [15–17]. Названия видов сосудистых растений приведены в соответствии со списком С. Л. Черепанова [18]. Названия бриофитов и лишайников даны в соответствии со списками М. П. Андреева и др., М. С. Игнатова и др. и Н. А. Константинова и др. [19–21]. Определение требования видов к почвенному богатству и увлажнению проводилось в соответствии с методическими указаниями работы [22].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ данных по температуре в приземном слое воздуха на солифлюкционном участке первой стадии сукцессии показал, что средняя ее величина за период наблюдения на всех выделенных микроучастках как в средней, так и в нижней части склона значительно выше, чем на контрольных площадках (рис. 2). Так, различия между ними в средней части склона составляют от 2,9 до 7,0, а в нижней – от 2,9 до 10,1 °С.

Температура почвы на глубине 5 и 10 см также выше на солифлюкции, чем на контроле: различия на глубине 5 см между микроучастками и контролем составляют от 5,2 до 10,2 °С в средней части склона и от 6,1 до 12,9 °С в нижней, а на глубине 10 см колеблются от 6,7 до 11,2 и от 8,5 до 14,4 °С в средней и нижней части склона соответственно (рис. 2, А–Е).

Такие значительные различия между средними температурами приземного слоя воздуха и почвы на микроучастках и на контроле за период наблюдения в первую очередь связаны с полным отсутствием древесного яруса на всей площади солифлюкции.

Сравнение температур приземного слоя воздуха и почвы на глубине 5 и 10 см на отдельных микроучастках солифлюкции показало, что наиболее прогреваемыми как в средней, так и в нижней частях склона являются наносный мелкоземный микроучасток – м2, где температура достигает 29,8,

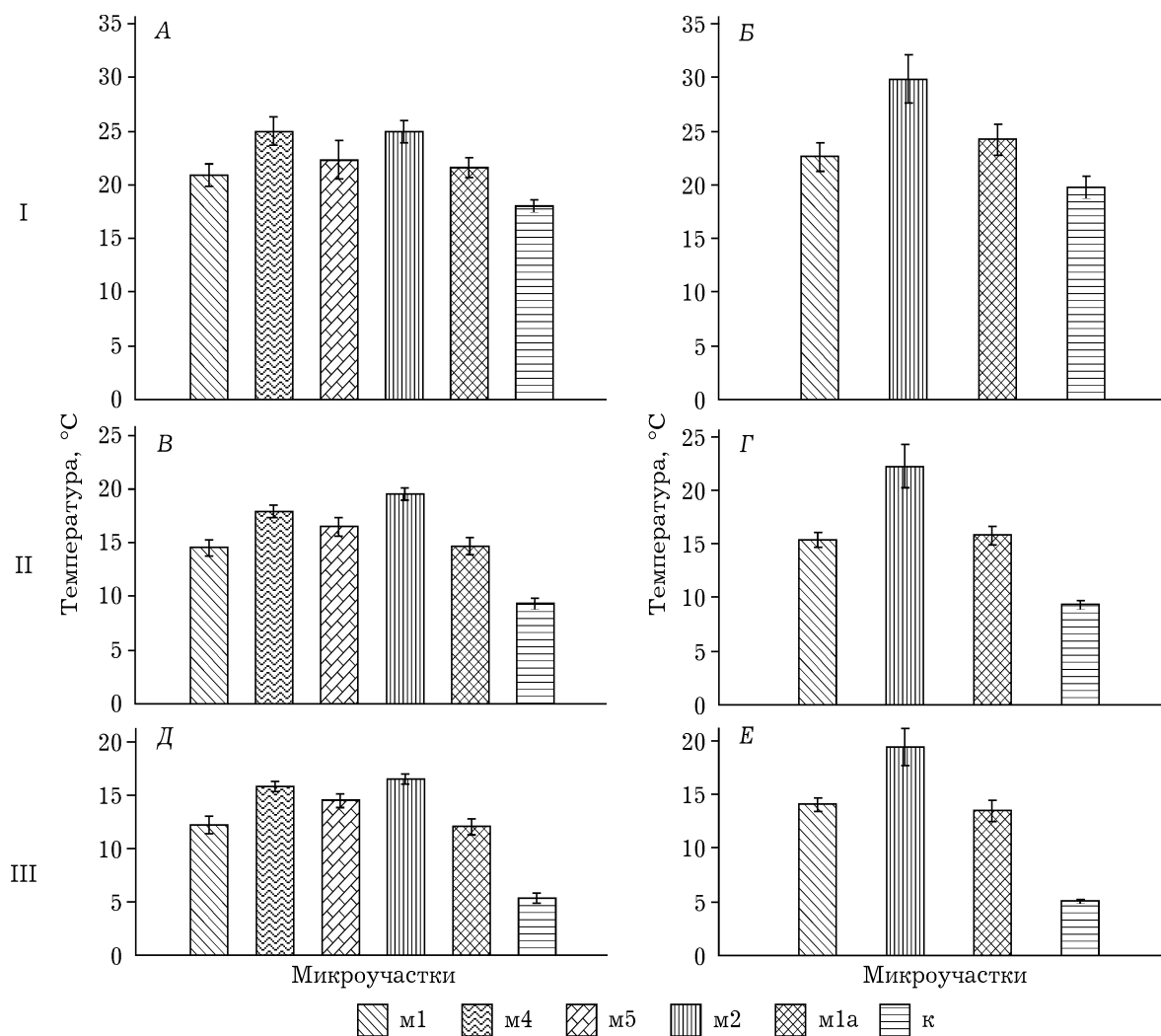


Рис. 2. Температурные условия в отдельных микроэко системах на трехлетнем постсолифлюкционном участке и на контроле: I – температура приземного слоя воздуха: А – в средней части склона, Б – в нижней части склона; II – температуры почвы на глубине 5 см: В – в средней части склона, Г – в нижней части склона; III – температуры почвы на глубине 10 см: Д – в средней части склона, Е – в нижней части склона. Условные обозначения см. рис. 1; к – контроль

22,2 и 19,4 °С, и островки-микроповышения в пределах мелкозема (m4), здесь она составляет 25,0, 17,9 и 15,8 °С. Эти два микроучастка на солифлюкции отличаются от остальных слабым развитием живого напочвенного покрова, представленного лишь единичными видами растений с низким проективным покрытием (см. таблицу), что и обуславливает наиболее высокое их прогревание. Различия между ними и остальными микроучастками на солифлюкции составляют от 5,4 до 8,9 и от 1,3 до 4,1 °С (см. рис. 2, А–Е).

Кроме того, отметим, что в отдельные солнечные дни температура приземного слоя воздуха на отдельных микроучастках соли-

флюкции достигает 47,1 и 42,3, 25,2 °С соответственно в почве на глубине 5 и 10 см.

Анализ влажности приземного слоя воздуха показывает, что она на всех микроучастках солифлюкции и на контроле прямо противоположна температуре приземного слоя (рис. 3, А, Б). Поэтому во всех случаях на контроле влажность приземного слоя воздуха выше и достигает 75–84 %. На солифлюкционных микроучастках она в средней части склона на 3,7–25,0 %, а в нижней на 4,5–31,2 % ниже, чем на контрольных микроучастках (см. рис. 3, А, Б).

Среди наблюдаемых микроучастков наибольшая влажность приземного слоя возду-

Видовой состав растительности в отдельных микроэкосистемах на постсолифлюкционном участке через два-три года после солифлюкции в коренном сообществе

| Вид  | Микрогруппировка |     |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     | Коренное сообщество |    |    |  |
|--|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|----|----|--|
|  | м2*              |     |     | м3* |     |     | м1 и м1а* |     |     | м5* |     |     | 1*                  | 2* | 3* |  |
|  | 04*              | 06* | 04* | 04* | 06* | 06* | 04*       | 06* | 06* | 04* | 06* | 06* |                     |    |    |  |
| 1  | 2                | 3   | 4   | 4   | 5   | 6   | 7         | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |                     |    |    |  |
| <i>Equisetum arvense</i> L.                            | +                | +   |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>E. hyemale</i> L. (не ветвистый)                    | +                |     |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>E. palustre</i> L. (ветвистый)                      | +                | +   | +   |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    | +  |  |
| <i>E. scirpoides</i> Michx.                            |                  | +   |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Botrychium boreale</i> Milde                        | +                | +   | +   |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
|  |                  |     |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Diplazium sibiricum</i> (Turcz. ex G. Kunze) Kurata |                  |     |     | +   |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Gymnocarpium robertianum</i> (Hoffm.) Newm.         | +                | +   |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Larix gmelinii</i> (Rupr.) Rupr.                    | +                | +   | +   |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Picea obovata</i> Ledeb.                            |                  | +   |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Pyrola rotundifolia</i> L.                          |                  |     |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Actaea erythrocarpa</i> Fisch.                      |                  |     |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Delphinium elatum</i> L.                            |                  |     |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Urtica dioica</i> L.                                | +                | +   |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Betula pendula</i> Roth                             | +                | +   |     |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |
| <i>Duschekia frutikosa</i> (Rupr.) Pouzar              | +                | +   | +   |     |     |     |           |     |     |     |     |     |                     |    |    |  |



|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                |  |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------|--|
| <i>Chrysozplenium alternifolium</i> L.                               | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Mitella nuda</i> L.   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Saxifraga nelsoniana</i> D. Don                                   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Rosaceae       |  |
| <i>Potentilla inquinans</i> Turcz.                                   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Potentilla stipularis</i> L.                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                |  |
| <i>Rosa acicularis</i> Lindl.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                |  |
| <i>Rubus arcticus</i> L.   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Rubus sachalinensis</i> Levl.                                     | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Sorbus sibirica</i> Hedl.   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Spiraea media</i> Franz Schmidt                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                |  |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Onagraceae     |  |
| <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub                            | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Epilobium</i> L.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                |  |
| <i>Epilobium davuricum</i> Fisch. ex Hornem.                         | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Caprifoliaceae |  |
| <i>Linnaea borealis</i> L.   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Lonicera pallasi</i> Ledeb.                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                |  |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Valerianaceae  |  |
| <i>Valeriana capitata</i> Pallas.                                    | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Polemoniaceae  |  |
| <i>Polemonium boreale</i> Adam                                       | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Campanulaceae  |  |
| <i>Campanula langsdorffiana</i> Fisch. ex Trautv.                    | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Asteraceae     |  |
| <i>Senecio nemorensis</i> L.   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Cyperaceae     |  |
| <i>Carex globularis</i> L.   | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |
| <i>Carex parallela</i> ssp. <i>redowskiana</i><br>(C.A. Meyer) Egor. | + | + | + | + | + | + | + | + | + |                |  |

| 1   | 2 | 3 | 4 | 5         | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|----|----|----|
| <i>Carex sabymensis</i> Less. ex Kunth          | + | + |   |           | + | + |   |   |    | +  |    |
| <i>Carex media</i> R. Br.                       |   |   |   | Росaceae  |   |   |   |   |    |    |    |
| <i>Calamagrostis langsdorffii</i> (Link) Trin.  | + | + |   |           | + | + | + |   |    | +  |    |
| <i>Hierochloa odorata</i> (L.) Beauv.           | + | + |   |           | + | + |   |   |    |    |    |
| <i>Poa palustris</i> L.                         | + | + | + |           | + | + | + |   |    | +  | +  |
|   |   |   |   | Бриофиты  |   |   |   |   |    |    |    |
| <i>Aulacomnium turgidum</i> (Wahlenb.) Schwaeb  |   |   |   |           | + | + | + |   |    | +  | +  |
| <i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.        | + | + |   |           | + | + | + |   |    |    |    |
| <i>Dicranum congestum</i> Brid.                 |   |   |   |           | + | + | + |   |    | +  | +  |
| <i>Dicranum polysetum</i> Sw.                   |   |   |   |           | + | + |   |   |    | +  | +  |
| <i>Drepanocladus</i> sp.                        |   |   |   |           |   |   |   |   |    |    | +  |
| <i>Hylacomium splendens</i> (Hedw.) B. S. G.    | + | + |   |           |   |   |   |   |    | +  | +  |
| <i>Marchantia polymorpha</i> L.                 |   |   |   |           | + | + |   |   |    |    |    |
| <i>Mnium cinclidioides</i> Hueb.                |   |   |   |           | + | + |   |   |    |    |    |
| <i>Mnium punctatum</i> Hedw.                    |   |   |   |           | + | + |   |   |    |    |    |
| <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.       |   |   |   |           | + | + |   |   |    | +  | +  |
| <i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.            | + | + |   |           | + | + |   |   |    |    |    |
| <i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hampe             |   |   |   |           | + | + |   |   |    |    | +  |
| <i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not |   |   |   |           | + | + |   |   |    |    |    |
| <i>Tomenthypnum nitens</i> (Hedw.) Loeske       |   |   |   |           | + | + | + |   |    | +  | +  |
|   |   |   |   | Лишайники |   |   |   |   |    |    |    |
| <i>Cladonia mitis</i> (Sandst.) Hustich         |   |   |   |           |   |   |   |   |    |    | +  |
| <i>Cladonia ochrochlora</i> Flk.                |   |   |   |           |   |   |   |   |    |    | +  |
| <i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Web.           |   |   |   |           |   |   |   |   |    |    | +  |
| <i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.           |   |   |   |           |   |   |   |   |    | +  | +  |
| <i>Peltigera malacae</i> (Ach.) Funk.           |   |   |   |           |   |   |   |   |    | +  | +  |

П р и м е ч а н и е. 1\* – коренной листовичник в средней части склона, редкопокровная микроассоциация; 2\* – коренной листовичник в средней части склона, разногравно-группанковая с *Rosa acicularis* Lindl. микроассоциация; 3\* – коренной листовичник в нижней части склона.

04\* – описание, выполненное в 2004 г.; 06\* – описание, выполненное в 2006 г.

m1 и m1a\* – почвенно-растительные толщи по границам солифлюкци; m2\* – мелкозем; m3\* – выходы основной породы (дно временного водотока); m5\* – островки снесенной растительности.



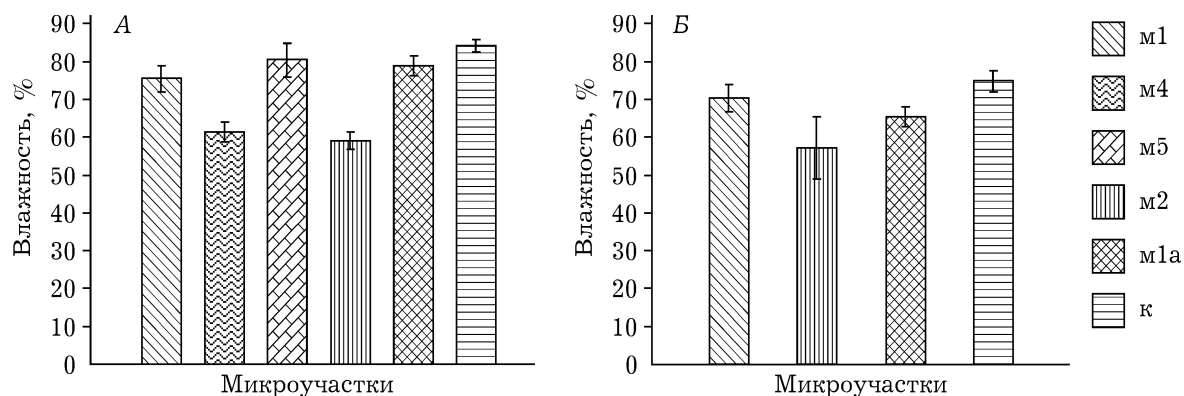


Рис. 3. Влажность приземного слоя воздуха в отдельных микроэкосистемах на постсолифлюкционном участке трехлетней давности и на контроле: А – средняя часть склона, Б – нижняя часть склона. Условные обозначения см. рис. 1; к – контроль

ха прослеживается на менее прогреваемых бровках и вейниково-кустарниковых участках (m1, m1a и m5), где она в средней части склона достигает 75,5, 79,0 и 80,4 % и 70,6 и 65,7 % – в нижней части (m1 и m1a), и в среднем она на этих микроучастках в средней части склона выше на 17,0–19,2 % и на 16,8 % – в нижней, чем в хорошо прогреваемых микроучастках с мелкоземом (m2) и островках-микрорывьях (m4) (см. рис. 3, А, Б).

Сравнение влажности приземного слоя воздуха на однотипных микроучастках в средней и нижней частях склона солифлюкции и на контроле показывает, что она на этих микроучастках солифлюкции в средней части склона выше, чем в нижней, на 5–13 и до 9 % – на контроле.

При этом, если температура приземного слоя воздуха в отдельные солнечные дни на микроучастках солифлюкции достигает весьма высоких значений, что отмечено выше, то влажность приземного слоя воздуха в них довольно низкая и составляет в некоторых случаях до 16 %.

Другим важным экологическим показателем, влияющим на успешность и специфичность восстановления фитоценоза, является освещенность. За период наблюдения отмечено, что на микроучастках солифлюкции ее максимальная величина в отдельные солнечные дни достигает 78 тыс. люкс, а в пасмурные – 19 тыс.

Изменение ее средних значений за период наблюдения как в средней, так и в нижней части склона коррелирует с температу-

рой приземного слоя воздуха. Освещенность в солнечные и пасмурные дни на всех солифлюкционных микроучастках в средней и нижней частях склона на 860–22 700 и на 600–25 000 люкс соответственно выше, чем на контроле. Так, на солифлюкции она в среднем за наблюдаемый период составляет от 3360 до 29 200 люкс, тогда как на контроле – 2500–4310 люкс. Лишь на западной бровке (m1) в нижней части склона она несколько меньше, чем на контроле, что связано с ее затенением стеной сохранившегося вдоль кромки солифлюкции листовничника (рис. 4, А, Б).

Максимальные значения освещенности (от 15 300 до 29 200 люкс) в средней и нижней частях склона отмечены на микроучастках с наносным мелкоземом (m2) и на микрорывьях в пределах мелкоземных участков, наносных островках (m4), на которых практически полностью отсутствует живой напочвенный покров. Поэтому освещенность здесь на 11 300–25 908 люкс выше, чем на остальных микроучастках солифлюкции (см. рис. 4, А, Б).

Сравнение освещенности на контроле и микроучастках солифлюкции в средней и нижней частях склона показывает, что она в нижней части склона на отдельных микроучастках несколько выше, чем в средней.

Таким образом, из анализа изучаемых экологических показателей видно, что экологические условия на солифлюкции резко отличаются как на отдельных микроучастках, так и от контроля. В связи с этим сложивши-

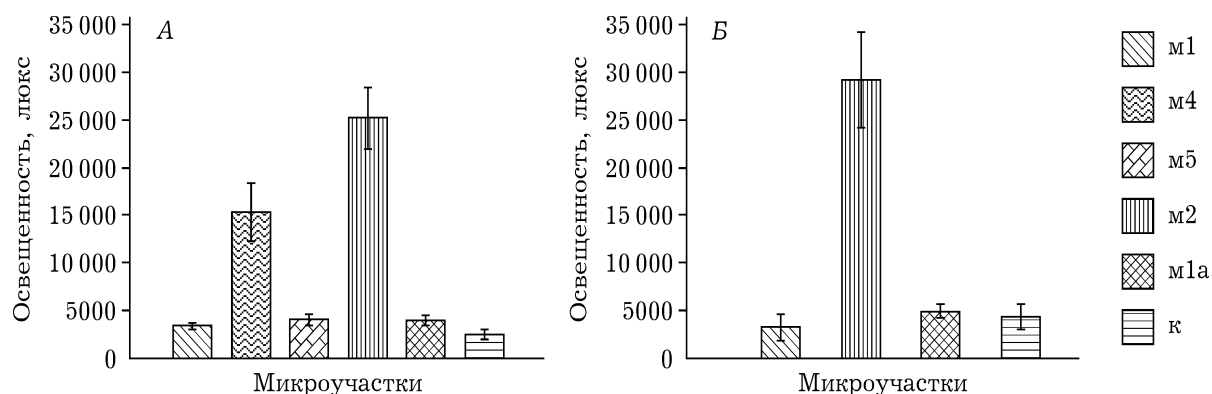


Рис. 4. Освещенность в отдельных микроэкосистемах на постсолифлюкционном участке трехлетней давности: А – средняя часть склона; Б – нижняя часть склона. Условные обозначения см. рис. 1; к – контроль

еся экологические условия на солифлюкционных микроучастках неоднозначно повлияли и на возобновительные процессы формирующегося фитоценоза, и за три постсолифлюкционных года произошло медленное восстановление древесных пород (лиственницы и душекии) и живого напочвенного покрова, не характерного для напочвенного покрова коренных лиственничников.

При описании контрольных лиственничников выявлено, что в нижней части склона доминирует лиственничник багульниково-брусничный зеленомошный с подлеском из *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar. Видовой состав сообщества включает 15 видов сосудистых растений, входящих в 14 родов и 11 семейств, и 13 видов зеленых мхов и лишайников (см. таблицу). Контрольным сообществом для средней части склона является комплекс микроассоциации разнотравно-грушанковой с *Rosa acicularis* Lindl. и мертво- или редкпокровной микроассоциации послепожарного происхождения 25–30-летнего возраста. Видовой состав первой микроассоциации включает в себя 21 вид растений, относящихся к жизненным формам “деревья”, “кустарники” “кустарнички” и “травянистые многолетники” и входящих в 19 родов и 15 семейств, а также 7 видов зеленых мхов. Вторая микроассоциация представлена семью видами растений тех же жизненных форм, которые входят в 7 родов и 6 семейств, и одним видом зеленого мха. В целом вдоль всего склона в контрольных коренных лиственничниках насчитывается 24 вида высших сосудистых растений, входящих в 22 рода и 16 семейств,

и 13 видов зеленых мхов и лишайников (см. таблицу).

На солифлюкционной террасе при описании растительности через три года после солифлюкции выделено 4 микрогруппировки растительного покрова [23]. Микрогруппировки растительности оказались приурочены к появившимся после солифлюкции микроместобитаниям – почвенно-растительным толщам на границе солифлюкции и неповрежденных участков (бровки м1 и м1а), мелкозему (м2), выходам основной породы (м3) и островкам снесенной растительности внутри солифлюкционной террасы (м5).

Описание видового разнообразия выделенных на солифлюкционной террасе микрогруппировок в 2004 г. показало, что в видовой состав микрогруппировки почвенно-растительных толщ на границах солифлюкционного участка (бровки м1 и м1а) входит 26 видов сосудистых растений и 9 видов зеленых мхов. При повторном описании этой микрогруппировки в 2006 г. отмечено увеличение числа сосудистых растений до 31 вида, при этом один вид (*Actaea erythrocarpa* Fisch.) выпал из списка этой микроассоциации, а видовой состав зеленых мхов не изменился (см. таблицу). Растительная микрогруппировка на мелкоземе (м2) в 2004 г. представлена 34 видами сосудистых растений и тремя видами зеленых мхов. В 2006 г. отмечено уже 35 видов сосудистых растений, при этом пять видов (кустарник *Salix* sp.3 и четыре травянистых вида *Equisetum hyemale* L., *Euphorbia* sp., *Hierochloe odorata* (L.) Beauv. и *Sedum purpureum* (L.) Schult.) выпали из списка и

шесть видов высших сосудистых растений (*Linnaea borealis* L., *Equisetum scirpoides* Michx., *Ribes rubrum* L., *Picea obovata* Ledeb., *Rubus arcticus* L., *Valeriana capitata* Pallas.) добавились в список видового состава данной микрогруппировки, а состав видов зеленых мхов так же, как и у предыдущей микрогруппировки, не изменился (см. таблицу).

Видовой состав микрогруппировки на выходах материнской породы (дно временного водотока – м3) в 2004 г. был представлен восемью видами сосудистых растений (древесных и травянистых). В 2006 г. видовое разнообразие увеличивается до 17 видов сосудистых растений (см. таблицу).

Видовое разнообразие вейниково-кустарниковой микрогруппировки на островках снесенной растительности (м5) формируют 23 вида сосудистых растений и 4 вида зеленых мхов. В 2006 г. добавилось еще 4 вида сосудистых растений: *Senecio nemorensis* L., *Campanula langsdorffiana* Fisch. ex Trautv., *Carex media* R. Br. и *Trientalis europaea* L., а вид *Mitella nuda* L. выпал. Таким образом, видовое разнообразие в целом по всему солифлюкционному участку в 2 раза и более выше разнообразия коренного сообщества, для солифлюкции отмечено 53 вида сосудистых растений, в то время как на контроле только 24 вида. Виды на солифлюкции объединены 39 родами и 26 семействами, в коренном же местообитании 22 родами и 16 семействами. С видовым составом зеленых мхов

и лишайников наблюдается обратная картина: на солифлюкции их насчитывается 10 видов, а на контроле – 13, и, как видно из таблицы, различие видового состава невелико.

Характеризуя видовой состав микрогруппировок растений на солифлюкции (как сосудистые растения, так и мхи) по отношению к некоторым экологическим факторам, можно отметить следующее.

Через 3 года после солифлюкции ведущими по отношению к увлажнению на солифлюкции являются те же группы, что и на контроле, – ксеромезо- и мезофиты, их основные представители – *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G. Kunze) Kurata., *Duschekia frutikosa* (Rupr.) Pouzar., *Ribes rubrum* L., *Poa palustris* L., *Sorbus sibirica* Hedl., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. (рис. 5, А). Однако на солифлюкции группа мезофитов в 1,5 раза более многочисленна, а ксеромезофитов на 8–16 % меньше, чем в коренном сообществе. Группа мезогигрофитов наиболее многочисленна на выходах основной породы (м3), что обусловлено появлением здесь временного водотока в результате таяния мерзлоты.

Через 5 лет значительных изменений численности ксеромезо- и мезофитов не произошло (рис. 5, Б). Увеличивается участие мезогигрофитов в сложении растительного покрова на солифлюкции, что вызвано, вероятно, более интенсивным таянием подстилающих слоев мерзлоты в отсутствие защитного слоя растительности.

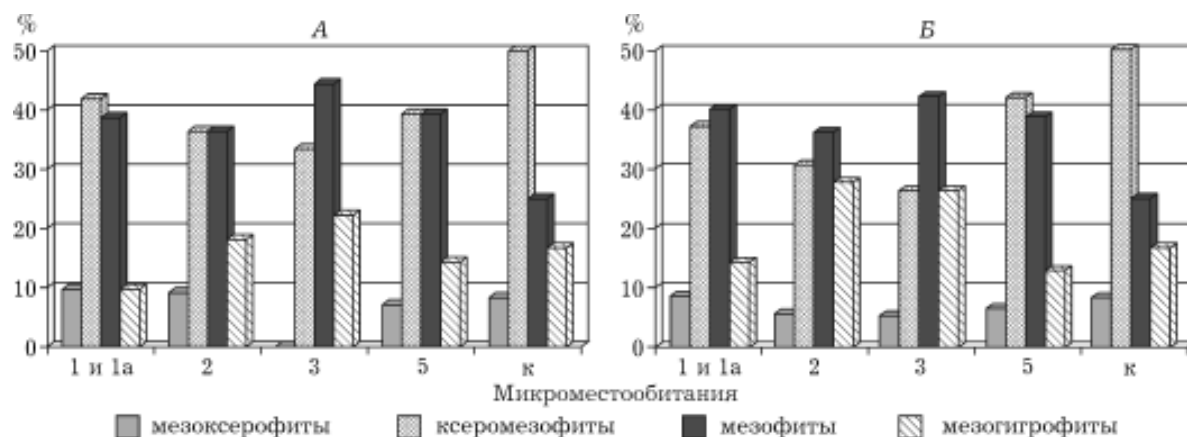


Рис. 5. Группы видов по отношению к увлажнению на постсолифлюкционном участке трехлетней давности: А – 2004 г. и Б – 2006 г. Обозначения микроместообитаний: 1 и 1а – западная и восточная бровки, 2 – мелкозем, 3 – выходы основной породы, 4 – островки снесенной растительности, к – контроль

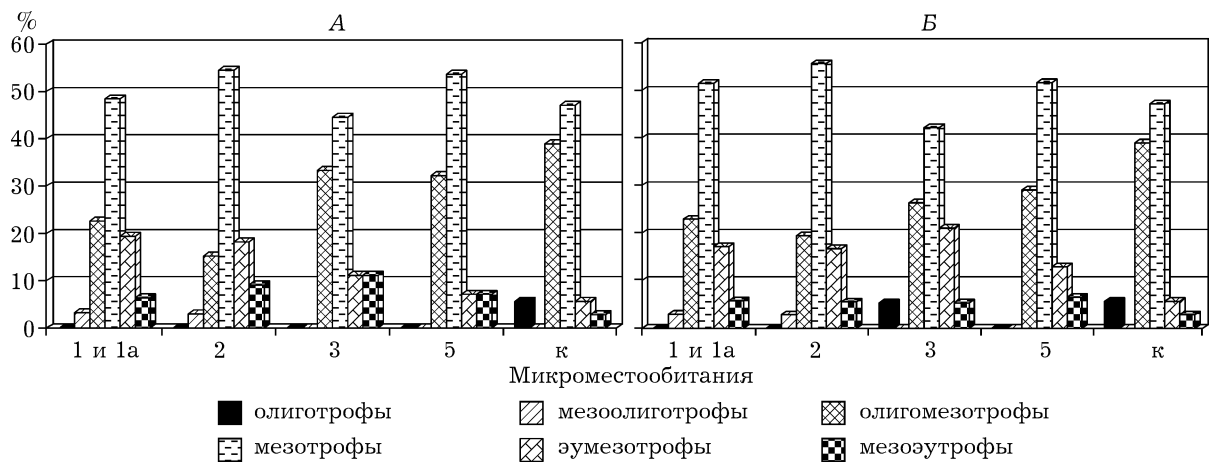


Рис. 6. Группы видов по отношению к почвенному богатству на постсолифлюкционном участке трехлетней давности: А – 2004 г. и Б – 2006 г. Обозначения микроместообитаний соответствуют рис. 5

По отношению к почвенному богатству самыми многочисленными для всех микроместообитаний являются группы мезотрофов и олигомезотрофов, представителями которых являются *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G. Kunze) Kurata., *Duschekia frutikosa* (Rupr.) Pouzar., *Ribes rubrum* L., *Rosa acicularis* Lindl., *Rubus sachalinensis* Levl., *Sorbus sibirica* Hedl., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. (рис. 6, А). Эти же группы являются ведущими для коренного сообщества. Таким образом, почвенное богатство на солифлюкции в значительной степени сходно с коренным сообществом, где отсутствует представитель группы мезоолиготрофов, в то время как на солифлюкции один вид (*Polytrichum juniperinum* Hedw.) из этой группы отмечен на мелкоземе (м2) и боковых бровках (м1 и м1а).

Через 5 лет процентное соотношение групп видов по отношению к почвенному богатству принципиально не изменяется (рис. 6, Б). Можно отметить, что группа эумезотрофов представлена на солифлюкции более равномерно и превышает их количество на контроле в 2 раза и более. На выходах основной породы (дно водотока – м3) появляется представитель олиготрофов (*Carex globularis* L.).

#### ВЫВОДЫ

Таким образом, микроэкологические условия, складывающиеся на первоначальном этапе постсолифлюкционной сукцессии, резко отличаются от микросреды в коренном

лиственничном насаждении. Они также весьма различаются между отдельными микрочастьями солифлюкции. Наиболее экстремальные условия для восстановления растительности отмечены на микрочастке с мелкоземом и островах с вейником.

В результате сложившихся экологических условий в ходе постсолифлюкционной сукцессии растительность изменилась и значительно отличается от контроля большим разнообразием на уровне как видов, так и родов и семейств.

По отношению к таким экологическим факторам, как плодородие и увлажнение, ведущие группы на солифлюкции и в контрольных сообществах сходны. Лишь на солифлюкционном участке через 5 лет наблюдается усиление участия мезогигрофитов.

Авторы искренне благодарны д-ру биол. наук А. П. Абаимову за идею и возможность выполнения этих исследований в экстремальных условиях Центральной Эвенкии.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №: 03-04-48037; 05-05-64208; 07-04-96812.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жигарев Л. А. Причины и механизм развития солифлюкции. М.: Наука, 1967. 197 с.
2. Каплина Т. Н. Криогенные склоновые процессы. М.: Наука, 1965. 295 с.
3. Горшков С. П., Венденберг Дж., Алексеев Б. А., Мочалова О. И., Тишкова М. А. Климат, мерзлота и ландшафты Среднеенисейского региона. М.: Наука, 2003. 96 с.

4. ГУП СО "ТЦ Уралгеомониторинг": [www.ugm.ru/sgmsn/proc.html](http://www.ugm.ru/sgmsn/proc.html)
5. Титов Э. Э. Основные черты современного коллювиального морфогенеза в горах Северо-Востока СССР // Геоморфология. 1976. № 2. С. 11–25.
6. Титов Э. Э. Скорости перемещения обломочного материала на склонах гор Северо-Востока СССР // Вестник МГУ. География. 1970. № 4. С. 95–97.
7. Abaimov A. P., Zyryanova O. A., Prokushkin S. G. Long-term investigation of larch forests in cryolithic zone of Siberia: brief history, recent results and possible changes under global warming // Eurasian J. For. Res. 2002. Vol. 5, N 2. P. 95–106.
8. Абаимов А. П. Особенности и основные направления динамики лесов редколесий в мерзлотной зоне Сибири // Сиб. экол. журн. 2005. № 4. С. 663–675.
9. Орешенко Д. А., Бугаенко Т. Н., Абаимов А. П., Орешенко С. А. Пространственно-временные изменения естественного возобновления на участках, минерализованных солифлюкцией // Ботанические исследования в Сибири. Красноярск. 2006. № 14. С. 81–86.
10. Бузыкин А. И., Гавриков В. Л., Секретенко О. П., Хлебопрос Р. Г. Анализ структуры древесных ценозов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. 95 с.
11. Санников С. Н., Санникова Н. С. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса. М.: Наука, 1985. 149 с.
12. Санникова Н. С. Микроэкосистемный анализ ценопопуляций древесных растений. Екатеринбург: Наука, 1992. 64 с.
13. Программа и методика биогеоценологических исследований / под ред. акад. В. Н. Сукачева и д-ра биол. наук Н. В. Дылиса. М.: Наука, 1966. 336 с.
14. Программа и методика биогеоценологических исследований / под ред. д-ра биол. наук Н. В. Дылиса. М.: Наука, 1974. 404 с.
15. Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
16. Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 430 с.
17. Понятовская В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника / ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагин. М.; Л.: Наука, 1964. С. 209–299.
18. Черепанов С. Л. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
19. Andreev M. P., Kotlov Yu. V., Makarov I. I. Checklist of lichens and lichenicolous fungi of the Russian Arctic // Bryologist. 1996. Vol. 99, N 2. P. 137–169.
20. Игнатов М. С., Афонина О. М. Список мхов территории бывшего СССР // Arctoa. 1992. Т. 1, № 1–2. С. 1–85.
21. Константинов Н. А., Потемкин А. Д., Шляков Р. Н. Список печеночников и антоцеротовых территорий бывшего СССР // Там же. С. 87–127.
22. Методические указания по экологической оценке кормовых угодий тундровой и лесной зон Сибири и Дальнего Востока по растительному покрову / под ред. И. А. Цаценкина, И. В. Савченко, С. И. Дмитриева и др. М.: Наука, 1978. 302 с.
23. Бугаенко Т. Н., Орешенко Д. А., Шкикунов В. Г. Исследования компонентов лесных экосистем Сибири // Материалы конф. молодых ученых. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2005. С. 12–14.

## **Ecological Conditions and Their Role in the Formation of Primary Succession in Postsolifluction Areas**

S. G. PROKUSHKIN, V. G. SHKIKUNOV, T. N. BUGAENKO

*V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS  
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok  
E-mail: shkik@ksc.krasn.ru*

Ecological conditions in solifluction areas that are widespread in the cryolithic zone of Central Evenkia are investigated. Essential changes of microhabitat in some solifluction "microecosystems" are recorded. They are sharply different from microhabitat in the reference stand. These new ecological conditions result in changes of plant species composition and its diversity. However, no essential differences among ecological groups with respect to hydrothermal and trophic conditions were revealed.

**Key words:** postsolifluction areas, primary succession, cryolithic zone, Central Evenkia.