

УДК 581.524.3:551.332.21

ДИНАМИКА ВАЖНЕЙШИХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРВИЧНОЙ СУКЦЕССИИ НА НЕВОЗМУЩАЕМЫХ И ВОЗМУЩАЕМЫХ УЧАСТКАХ МОЛОДЫХ МОРЕН ЛЕДНИКА МАЛЫЙ АКТРУ (СЕВЕРО-ЧУЙСКИЙ ХРЕБЕТ)

Тимошок Е.Н., Тимошок Е.Е.

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Томск, e-mail: ten80@mail.ru*

Задачей статьи являлось исследование динамики важнейших количественных показателей (общее проективное покрытие, проективное покрытие ярусов, число видов) первичной сукцессии на молодых моренах ледника Малый Актру (Северо-Чуйский хребет, Алтай) и выявление возмущений, оказывающих воздействие на эти показатели. Были выявлены такие возмущения, как влияние ледника, воздействие ветров в зимний период и склоновые процессы. Было установлено, что в условиях молодых морен ледника Малый Актру рост проективного покрытия носит типичный для слабых возмущений S-образный характер. Возмущения приводят к падению скорости роста проективного покрытия. Для динамики числа видов характерен ранний скачок, также типичный для слабых возмущений с последующим снижением количества видов, при этом сам показатель слабо зависит от возмущений. Динамика ярусов находится под сильным влиянием возмущений. Основной рост проективного покрытия зависит от динамики кустарникового яруса. Возмущения замедляют развитие древесного и кустарникового яруса.

Ключевые слова: экология, первичная сукцессия, морена, возмущения

DYNAMIC OF THE MOST IMPORTANT QUANTITATIVE SHOWINGS OF THE PRIMARY SUCCESSION AT THE FORELAND OF THE MALY AKTRU GLACIER (SEVERO-CHUISKY RANGE) UNDER THE DIFFERENT LEVELS OF DISTURBANCES

Timoshok E.N., Timoshok E.E.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the SB RAS. Tomsk, e-mail: ten80@mail.ru

The main goal of the article is investigation of the dynamics of the most important quantitative showings of the primary succession (cover, number of species, storey cover), disturbances and their influence on the showings. The area of researches is situated at the foreland of the Maly Aktru glacier (Severo-Chuisky range, Central Altai). The main disturbances are direct influence of the glacier, winter winds influence and slope processes. Increasing of the cover has typical S-form pattern, influences significantly decrease growth rates. Number of species dynamics has a typical for a weak disturbances regime spike, later species number is decreasing. Generally changes of species dynamics sustain a little of influence of the disturbances. Storey cover sustains heavy influence of disturbances. Main growth of cover is created by the changes of shrub storey. Disturbances decrease rates of increasing of cover of shrub and tree storeys.

Keywords: ecology, primary succession, glacier foreland, disturbances

Исследования первичных сукцессий – колонизации лишенных растительности участков и последующих смен растительности, приводящих к формированию стабильных экосистем, привлекают внимание исследователей всего мира. Одним из наиболее важных объектов исследований являются молодые морены ледников, при изучении первичных сукцессий на которых одним из приоритетных является вопрос о влиянии возмущений: временных отклонений условий на подверженном сукцессии участке территории от средних для изучаемого района [11, 14, 15]. Подобных исследований для молодых морен ледников России и Алтае-Саянской горной области не проводилось.

Целью данной статьи было показать различия в динамике основных количественных показателей первичной сукцессии: проективного покрытия, видового разнообразия и ярусов растительности на

невозмущаемых и возмущаемых участках, на примере молодых морен ледника Малый Актру.

Краткая характеристика района исследований

Долинный ледник Малый Актру входит в горно-ледниковый бассейн Актру (2150–2400 м над ур.м.), расположенный на северном макросклоне Северо-Чуйского хребта (Центральный Алтай). Климат бассейна характеризуется низкими температурами (среднегодовая $-5,2^{\circ}\text{C}$, среднелетняя $+8,7^{\circ}\text{C}$), высокими амплитудами суточных колебаний ($15\text{--}20^{\circ}\text{C}$). Бассейн считается климатически репрезентативным для Алтая [6, 9]; включает 7 ледников, важнейшими из которых являются долинные ледники Малый Актру, Правый и Левый Актру. По итогам Международного полярного года и Международного геофизического года решением исполнительного комитета

ЮНЕСКО горно-ледниковый бассейн Актру был включен в список восьми репрезентативных по гляциологическим и гидрометеорологическим показателям горно-ледниковых бассейнов СССР [4, 6].

Молодые морены ледника Малый Актру расположены на высотах 2200–2250 м над ур.м. Освобождение территории ото льда началось в середине XIX в. и продолжается до настоящего времени. К 2002 г. ледник отступил на 714 м [3]. На обследованных моренах выражены разные элементы мезо- и микрорельефа (пологие участки, с мезопонижениями временных водотоков, валы осцилляционных морен и др.). Морены сложены валунами, щебнем и хрящом, с небольшим количеством мелкозема, который содержит карбонаты, выщелачивающиеся в ходе развития растительности [8].

Ледник Малый Актру является гляциологическим репером Алтая, наиболее обеспеченным гляциологическими данными [3, 7, 9]. На молодых моренах этого ледника совместно с гляциологами [7] были установлены постоянные реперы, отмечающие границы ледника с интервалом в 5 лет, что предоставило уникальную возможность провести исследования первичных сукцессий с высокой точностью датировки участков.

Предыдущими исследованиями [7] для молодых морен ледника Малый Актру установлено три стадии первичной сукцессии: пионерная, разнотравно-мохово-ивовая и разнотравно-мохово-ивово-березковая. Для пионерной стадии (возраст территории до 30 лет после дегляциации) характерна колонизация пионерными видами (*Crepis karelinii*, *Draba cana*, *Trisetum mongolicum*, *Dracocephalum imberbe*, *Chamaenerion latifolium*). Для разнотравно-мохово-ивовой стадии (30–90 лет после дегляциации) характерно формирование первых микрогруппировок, включающих куртины *Miricatia dahurica*, одну или несколько ив (*Salix saposhnikovii*, *S. hastata*, *S. coesia*, *S. berberifolia* и др.) и травянистых растений (чаще всего *Castilleja pallida*). Разнотравно-мохово-ивово-березковая стадия (более 90 лет после дегляциации) характеризуется формированием разреженного древесного яруса из молодых деревьев кедра и лиственницы, высоким обилием *Betula rotundifolia*, под густыми зарослями которой разрастаются мхи (*Abietinella abietina*, *Brachythecium salebrosum*, *Sanionia uncinata*), и травяным ярусом, развивающимся между зарослями кустарников с доминированием многолетних трав *Astragalus frigidus*, *Oxytropis ambigua*, *Hedysarum neglectum*.

Сукцессия почв на молодых моренах ледника Малый Актру направлена на фор-

мирование горно-таежных мерзлотных криоземов и подбуров [1]. На обследованной морене органогенный горизонт (2–3 см) формируется на фрагментах возрастом около 60 лет. На наиболее старых участках морены формируется слабо дифференцированная ювенильная почва. Для достижения почвой зрелого состояния необходимо 300–500 лет [1,9].

Материалы и методы исследования

Исследования проводились с использованием стандартных фитоэкологических и геоботанических методов, основным был метод геоботанических описаний (на площади 10×10 м). Для каждого 5-летнего фрагмента выполнялось по два описания на наиболее репрезентативных участках. Точные датировки для участков возрастом более 100 лет (после 1911 г.) отсутствуют в связи со сложностью поведения ледника в этот период. Этот участок характеризуется значительной однородностью, поэтому здесь выбраны две пары репрезентативных участков (первый с условным возрастом «около 125 лет», второй – «около 150 лет»). Выделение возмущений осуществлялось на основе хорошо известных закономерностей [14]. Для исследования динамики ярусов использовался метод функциональных групп [13], основывающийся на выборе групп растений, с учетом сходства свойств видов и/или сходства их отношений к определенным внешним условиям.

Результаты исследования и их обсуждение

Для обследованных морен выявлено три основных источника возмущений.

1. Воздействие ледника. Сильные холодные ветры, распространяющиеся на расстояние до 200 м от языка ледника [4], наблюдаемый визуально сток талых вод по поверхности и в поверхностных слоях моренного субстрата вблизи языка ледника служат мощным возмущающим фактором. Здесь присутствует погребенный лед, таяние которого приводит к охлаждению субстрата. В связи с этим наиболее свежие моренные отложения, относящиеся к пионерной стадии сукцессии (возрастом менее 10–15 лет), считаются возмущаемыми. По мере отступления ледника влияние этого фактора исчезает.

2. Воздействие ветров в зимний период. Влияние ветров в зимний период нарушает снеговой покров на возмущаемых участках (за счет сдувания снега с гребней осцилляционных морен в низины), вызывает более глубокое зимнее промерзание субстрата, поломку частей промерзших растений, находящихся выше снега. Влияние этого фактора позднее частично компенсируется распространением пологообразующих ив (*Salix saposhnikovii*, *Salix glauca* и др.) и *Betula rotundifolia*. Плотные поселения этих видов удерживают снег и защищают внутренние

части скоплений от ветра и связанных с ним повреждений. Таким образом, фитоценоз на поздних стадиях сукцессии компенсирует это возмущение в соответствии с принципом Ле-Шателье-Брауна: если на систему, находящуюся в устойчивом равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий равновесия, то в системе усилятся процессы, направленные на компенсацию внешнего воздействия.

3. Склоновые процессы. Большинство склонов в колонизируемых частях молодых морен являются гравитационными [5]. Развитие склона направлено на их выполаживание и сглаживание рельефа, в результате чего на склонах всегда существует вертикальное смещение субстрата. На молодых моренах ледника Малый Актру присутствуют как постепенное и постоянное смещение субстрата в результате действия гравитации, так и резкие случайные смещения, например, под воздействием землетрясений, неоднократно происходивших на Алтае после начала дегляциации [2]. Развитие системы в ходе сукцессии направлено на компенсацию этих возмущений (закрепление корневыми системами растений моренного субстрата).

Как показывают проведенные исследования, фрагменты возрастом до 10–15 лет, подвергающиеся наибольшему возмущению под влиянием ледника, практически не колонизируются (рис. 1). Наиболее

быстрый, скачкообразный рост проективного покрытия отмечен на невозмущаемых участках в конце второй (разнотравно-мохово-ивовой) стадии сукцессии, на возмущаемых участках – в начале третьей стадии. Скачкообразный рост сменяется постепенным, протекающим до конца наблюдаемого периода. Различия, обусловленные возмущениями, начинают сказываться в начале второй (разнотравно-мохово-ивовой) стадии и обуславливают существенное отличие проективного покрытия на возмущаемых и невозмущаемых участках, начиная с возраста 66–70 лет. При этом темпы роста этого показателя, величина скачка и значения проективного покрытия на возмущаемых участках заметно ниже. К возрасту 126–130 лет различия уменьшаются, что говорит о снижении влияния возмущений и их компенсации за счет развития фитоценоза (фиксации субстрата корнями, рост проективного покрытия). В целом S-образный характер роста проективного покрытия отмечен для молодых морен различных горных систем [10, 11, 14, 15] и, по мнению J. Matthews [11], является типичным. Выявленные на обследованных моренах отличия между возмущаемыми и невозмущаемыми участками хорошо согласуются с результатами, полученными на молодых моренах ледников Австрийских Альп, Скалистых гор (Канада), Норвегии и Швеции [10, 11, 13, 14, 15].

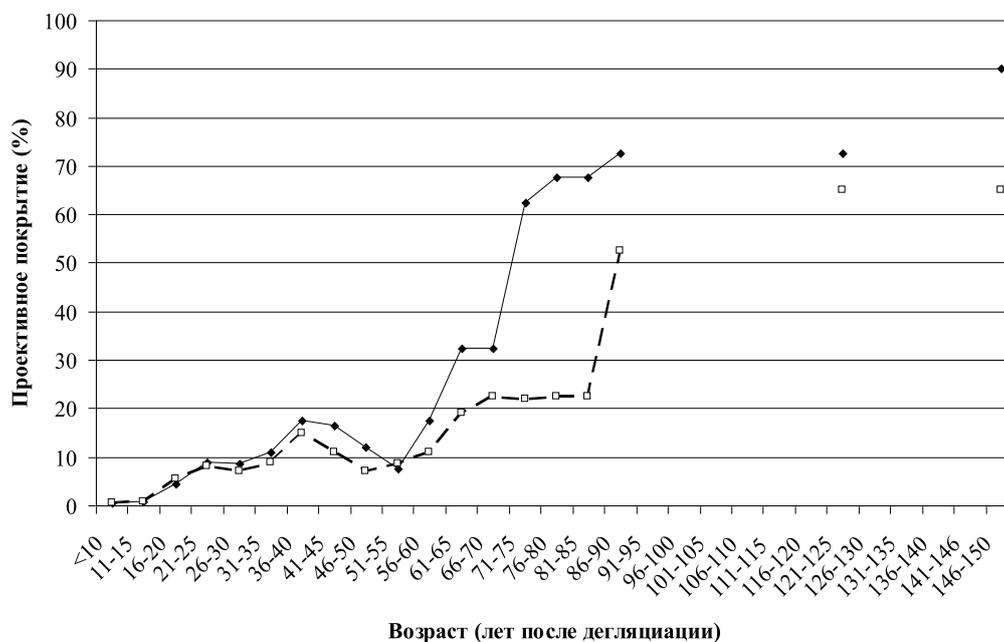


Рис. 1. Динамика общего проективного покрытия на возмущаемых и невозмущаемых участках молодой морены ледника Малый Актру (сплошная линия – невозмущаемые участки, прерывистая – возмущаемые участки)

Анализ полученных данных показывает, что число видов, участвующих в первичной сукцессии, скачкообразно увеличивается на пионерной стадии (рис. 2), и к ее концу достигает пика в 40–45 видов. При этом пик числа видов на возмущаемых участках превышает таковой на невозмущаемых. Позднее число видов сильно изменяется, но постепенно снижается до минимума (14–16 видов). В целом динамика этого по-

казателя в меньшей степени подвержена влиянию возмущений, чем динамика проективного покрытия. Полученные результаты также хорошо согласуются с данными, полученными на моренах ледников Альп и Норвегии [11, 15]. По мнению J. Matthews [11], подобные пики характерны для большинства молодых морен, кроме морен Северной Норвегии и Исландии, с исключительно сильными возмущениями.



Рис. 2. Динамика числа видов ($S = 100 \text{ м}^2$) на описание для возмущаемых и невозмущаемых участков молодых морен ледника Малый Актру (сплошная линия – невозмущаемые участки, прерывистая – возмущаемые участки)

Динамика ярусов

Анализ полученных данных показал, что в период времени, когда формирующийся фитоценоз подвержен сильному влиянию ледника (пионерная стадия), развивается в основном наземный ярус, в котором преобладают травы (таблица). Проективное покрытие этого яруса нарастает до 61–65 лет на невозмущаемых участках и 76–80 лет на возмущаемых. Позднее, по мере роста проективного покрытия кустарникового яруса, проективное покрытие наземного яруса снижается. Увеличение роли кустарникового яруса начинается на участках возрастом 16–20 лет независимо от возмущений. На невозмущаемых участках проективное покрытие этого яруса начинает преобладать над таковым наземного яруса уже на участках возрастом 21–25 лет, на возмущаемых, значительно позже – на участках 36–40 лет. Особенно большое различие в проективном покрытии кустарникового и наземного ярусов наблюдается в интервале от 66 до 95 лет, в период быстрого разрастания кустарников на невозмущаемых участках. Именно скачок проективного покрытия этого яруса создает общий скачок проек-

тивного покрытия, описанный ранее. После возраста 95 лет на невозмущаемых участках проективное покрытие этой группы начинает снижаться, оставаясь относительно стабильным на возмущаемых участках. Наиболее вероятной причиной этого является развитие древесного яруса, приводящее к подавлению кустарников. Суммарная проекция крон деревьев к возрасту 150 лет достигает 9–10% на невозмущаемых участках и 3–4% – на возмущаемых.

В целом наибольшим проективным покрытием на протяжении всей наблюдаемой сукцессии на молодых моренах ледника Малый Актру обладают кустарники, и рост проективного покрытия идет в основном за счет этой группы. Снижение роли кустарников начинается только с увеличением суммарной проекции крон деревьев до 10%, фактически – формирования редины, которая впоследствии может развиваться в сомкнутый лес. На возмущаемых участках вклад кустарников в формирование проективного покрытия в первые 35 лет сопоставим с вкладом трав, затем становится большим, при этом также наблюдается задержка развития яруса приблизительно на 15 лет.

Динамика вклада функциональных групп растений в проективное покрытие
возмущаемых и невозмущаемых участков

Возраст участка (лет после дегляциации)	Невозмущаемые участки				Возмущаемые участки			
	ОПП	На- земный ярус	Кустар- никовый ярус	Дре- весный ярус	ОПП	На- земный ярус	Кустар- никовый ярус	Дре- весный ярус
< 10	Отсутствует				< 1%	< 1%	-	-
11–15	Отсутствует				~1,5%	~1,5%	-	-
16–20	4–5%	3–4%	1%	-	5–6%	4–5%	1%	-
21–25	8–10%	4%	5–6%	-	7–9%	3–4%	4–5%	-
26–30	7–10%	2–3%	5–7%	-	6–8%	3–4%	3–4%	-
31–35	10–12%	3–4%	7–8%	-	8–10%	4–5%	4–5%	-
36–40	15–20	3–5%	15%	-	14–16	4–5%	10–12%	-
41–45	15–17%	4–6%	10–12%	-	10–12%	3–5%	5–7%	-
46–50	10–14%	2–4%	8–10%	-	6–8%	1–2%	5–7%	-
51–55	10–15%	2–4%	8–10%	-	7–10%	1–2%	2–5%	-
56–60	15–20	3–5%	10–12%	-	10–12%	3–5	6–7	-
61–65	30–35%	17–20%	15–20%	-	15–20%	4–7	10–12	-
66–70	30–35%	10–20%	20–25	-	20–25%	5–8	15–20	-
71–75	60–65%	5–7%	50–60%	1%	20–24	3–4%	16–20%	1%
76–80	65–70	30–32	40–45%	1%	20–25	10–12%	15%	1%
81–85	65–70	8–10%	50–55%	1–2%	20–25	6–10%	12–15	1–2%
86–90	Отсутствует				50–55	10	45	-
91–95	65–70	2–3%	60–65	1%	Отсутствует			
96–120	70–75%	5–7%	55–60%	5–7%	60–70:	5–7%	40–45%	3–4%
121–150	90%	3–5%	80%	9–10%	60–70	2–3%	50–60%	3–4%

Пр и м е ч а н и е . На фрагменте данного возраста проективное покрытие группы отсутствует.

Заключение

Таким образом, на молодых моренах ледника Малый Актру возмущения создают существенные отличия большинства важнейших показателей сукцессии. Для участков, подверженных возмущениям, характерно замедленное развитие первичной растительности, более медленное увеличение проективного покрытия, а его скачок с характерной S-образной кривой роста наступает позже. Число видов на возмущаемых участках нарастает быстрее и в среднем выше, однако обилие отдельных видов ниже, чем на невозмущаемых. Развитие ярусов на возмущаемых участках также сдвинуто во времени. Так, скачок обилия кустарникового яруса, создающий S-образную форму кривой, в этих условиях сдвинут на 15 лет, развитие хотя бы 10% покрытия лесного яруса – на неопределенный промежуток времени, превышающий 50 лет.

Список литературы

1. Давыдов В.В., Тимошок Е.Е. Формирование почв на молодых моренах в бассейне Актру (Центральный Алтай, Северо-Чуйский хребет) // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 3. – С. 505–514.
2. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – 536 с.
3. Нарожный Ю.К., Никитин С.А. Современное оледенение Алтая на рубеже XXI века // Материалы гляциологических исследований. – 2003. – Вып. 95. – С. 93–102.
4. Подрезов О.А. Особенности режима температуры близ конца ледника Малый Актру // Гляциология Алтая. – 1962. – Вып. 2. – С. 127–132.
5. Рычагов Г.И. Общая геоморфология. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 416 с.
6. Севастьянов В.В. Климат высокогорных районов Алтая и Саян. – Томск: Изд-во ТГУ, 1998. – 201 с.
7. Динамика ледников и формирование растительности на молодых моренах Центрального Алтая / Е.Е. Тимошок, Ю.К. Нарожный, М.Н. Диркс и др. – Томск: Изд-во НТЛ, 2008. – 208 с.
8. Тимошок Е.Е., Тимошок Е.Н., Давыдов В.В. Наблюдаемая взаимосвязь экосистемных и климатических

процессов на моренах горно-ледникового бассейна Актру // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т.25. – № 2. – С. 144–151.

9. Тронов М.В. Ледники и климат. – Л.: Гидрометиздат, 1966. – 408 с.

10. Birks, H.J. The present flora and vegetation of the moraines of the Klutlan Glacier, Yukon Territory, Canada // Quaternary Research,–Amsterdam: Elsevier. – 1980. – vol. 14. – P. 60–86.

11. Matthews J.A. The ecology of recently deglaciated terrain. – New York: Cambridge university press, 1992. – 408 p.

12. Steffen W.L., Walker B.H., Ingram J.S.I., Koch G.W. Global change and terrestrial ecosystems. The operational plan. International Geosphere-Biosphere Programme. IGBP Report. 1992. – Stockholm: SE. – № 21 – 97 p.

13. Stork A. Plant immigration in front of retreating glaciers, with examples from the Kebnekajse area, northern Sweden // Geografisca Annaller. – 1963. –Vol. 45. – P 1–22.

14. Whittaker, R.H. Communities and ecosystems. 1975 – New York: Macmillan. – 385 p.

15. Zollisch B. Die Vegetationsentwicklung im Pasterzen vorfeld // Wiss. Alpenvereinsheft (Munchen). – 1969. – Vol. 21. – P. 267–290.

References

1. Davydov V.V., Timoshok E.E. Sibirskij e'kologicheskij zhurnal – Siberian ecology journal, 2010, no 3. pp. 505–514.

2. Kondorskaya N.V., Shebalin N.V. Novyj katalog sil'nykh zemletryasenij na territorii SSSR s drevnejshix vremen do 1975 g. [New catalog of powerfull earthquakes at the USSR territory from ancient times up to 1975 year], Moskva: Nauka, 1977, 536 p.

3. Narozhnyj Yu.K., Nikitin S.A. Materialy glyaciologicheskix issledovanij – Materials of glaciological studies, 2003, iss. 95. pp. 93–102.

4. Podrezov O.A. Glyaciologiya Altaya – Glaciology of Altai, 1962, issue 2. pp. 127–132.

5. Rychagov G.I. Obshhaya geomorfologiya [Geberal geomorphology], M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 2006, 416 p.

6. Sevast'yanov V.V. Klimat vysokogornyx rajonov Altaya i Sayan [Climate of high-altitudinal areas of Altai and Saian mountains], Tomsk: Izd-vo TGU, 1998. 201 p.

7. Timoshok E.E., Narozhnyj Yu.K., Dirks M.N. at al. Dinamika lednikov i formirovanie rastitel'nosti na molodykh morenax Central'nogo Altaya. [Dynamic of glacier and forming of the vegetation at the forelands of Central Altai], Tomsk: Izd-vo NTL, 2008, 208 p.

8. Timoshok E.E., Timoshok E.N., Davydov V.V. Optika atmosfery i okeana.– Optics of the atmosphere and the ocean, 2012, vol.25, no 2, pp.144–151.

9. Tronov M.V. Ledniki i klimat.[Glaciers and climate] L.: Gidrometizdat – 1966. – 408 s.

10. Birks, H.J. Quaternary Research. 1980. vol. 14. pp. 60–86.

11. Matthews J.A. The ecology of recently deglaciated terrain. NY: Cambridge university press. 1992, 408 p.

12. Steffen W.L., Walker B.H., Ingram J.S.I., Koch G.W. Global change and terrestrial ecosystems. The operational plan. International Geosphere-Biosphere Programme. IGBP Report. 1992, Stockholm: SE, no 21, 97 p.

13. Stork A. Geografisca Annaller, 1963, Vol. 45, pp. 1–22.

14. Whittaker, R.H. Communities and ecosystems. 1975, NY: Macmillan, 385 p.

15. Zollisch B. Wiss. Alpenvereinsheft, 1969, Vol. 21, pp. 267–290.

Рецензенты:

Дюкарев А.Г., д.г.н., заведующий отделением экологических исследований Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск;

Бляхарчук Т.А., д.б.н., старший научный сотрудник лаборатории мониторинга лесных экосистем Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск.

Работа поступила в редакцию 30.10.2013.