

УДК 582.29 (571.54)

DOI: 10.15372/GIPR20210411

Б.-Ц.Б. НАМЗАЛОВ*, **, Т.Т. ТАЙСАЕВ*, Л.-З.В. БУДАЖАПОВ, М.Б.-Ц. НАМЗАЛОВ******Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова, 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, Россия, namzalov@rambler.ru, taisaev@bsu.ru, namzmax@gmail.com******Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 670045, Улан-Удэ, ул. Третьякова, 25з, Россия, namzalov@rambler.ru, nitrolu@mail.ru****РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОДГОЛЬЦОВО-ТАЕЖНОГО КОМПЛЕКСА И АККУМУЛЯЦИЯ ЗОЛОТА
ЛИСТВЕННИЧНИКАМИ ВОСТОЧНОГО САЯНА**

Обобщены материалы геоботанических и биогеохимических исследований растительности долины р. Иркут в отрогах Китойских Гольцов Восточного Саяна. Проанализированы особенности пространственной структуры, флористического и фитоценотического разнообразия растительности криостепных редколесий, таежных лиственничников и лугово-болотных комплексов в высокогорной долине Иркут. Выявлено, что ландшафты подгольцово-холодной лесостепи, представленные сочетанием редкостойных травяных (птылагросисово-кобрезиевых, овсянице-лиственничников, кустарниковых группировок с участием спиреи альпийской, березы круглолистной, курильского чая кустарникового и сообществ криофитных степей, типичны на высоте более 2000 м над ур. моря. Последние составляют оригинальный элемент лесостепи, в котором нередко доминирует эндемичная овсяница. В составе господствующей таежной растительности преобладают лиственничные леса. Это преимущественно лиственничники бруснично-рододендроновые лиственничниковые и лиственничники брусничные мохово-лиственничниковые. В сообществах подгольцовых лиственничников урочища Ильчир были выявлены аномалии в содержании золота в образцах кустистых лишайников — ягеле. Содержание золота в пробах лишайников колеблется от 0,1 до 0,8, местами достигает 1–3 г/т. В целом в гольцовых ландшафтах Саян золотосульфидные жильные зоны известны в породах палеозойской вулканогенно-терригенной формации и на ее контакте с карбонатной формацией. По склону пологие водораздельные гряды, поросшие таежными лиственничниками, перемежаются узкими ложбинами криогенных просадок с развитием заболоченных ивняков, осоково-кобрезиевых, птылагросисовых луговин с курильским чаем кустарниковым. Лишь в предгорьях, на коренных террасах с обнажениями пород карбонатной формации палеозоя, формируются сообщества кобрезиево-овсяницево-высокогорной степи.

Ключевые слова: вид, сообщество, подгольцовый таежный лиственничник, эндемик, реликтовая лесостепь, геохимия ландшафтов.

B.-TS.B. NAMZALOV*, **, T.T. TAISAEV*, L.-Z.V. BUDAZHAPOV, M.B.-TS. NAMZALOV******Banzarov Buryat State University, 670000, Ulan-Ude, ul. Smolina, 24a, Russia, namzalov@rambler.ru, taisaev@bsu.ru, namzmax@gmail.com******Buryat Research Institute of Agriculture, 670045, Ulan-Ude, ul. Tretyakova, 25z, Russia, namzalov@rambler.ru, nitrolu@mail.ru****VEGETATION OF THE SUBALPINE-TAIGA COMPLEX AND GOLD ACCUMULATION
BY LARCH FORESTS OF EASTERN SAYAN**

This article summarizes material of geobotanical and biogeochemical studies into the vegetation of the Irkut river valley in the spurs of the Kitoi Goletz of the Eastern Sayan Mountains. An analysis is made of the features in spatial structure, floristic and phytocenotic diversity of vegetation of cryo-steppe open woodland, taiga larch forests and meadow-bog complexes in the high-mountain valley of the Irkut river. It is found that the landscapes of the subalpine cold forest-steppe represented by a combination of sparse herbaceous (ptylagrostis-kobresia, fescue) larch forests, shrub groups with the involvement of Spiraea alpina, Betula rotundifolia, and Dasiphora fruticosa, and communities of cryophytic steppes typically occur at altitudes of 2000 m above the sea level. They latter constitute the original element of forest-steppe, which are often dominated by the endemic fescue Festuca komarovii. The dominant taiga vegetation is dominated by larch forests. Larch forests are dominant in the composition of prevailing taiga vegetation. These are mainly lingonberry-rhododendron-lichen larch forests and larch forests with lingonberry moss-lichen communities. The communities of subalpine larch forests of the Il'chir urochishche showed the presence of anomalies in gold content in samples of fruticose lichens, reindeer lichen, revealed. Gold content in lichen samples varies from 0.1 to 0.8, and in some places it reaches 1–3 g/t. In general, in the Sayan alpine landscapes, gold-sulfide vein zones are known to occur

in rocks of the Paleozoic volcanogenic-terrigenous formation and at its contact with the carbonate formation. Along the slope, gentle watershed ridges overgrown with taiga larch forests are interspersed with narrow hollows of cryogenic subsidence with the occurrence of boggy willow forests, sedge-cobresia, and *ptyagrostis* meadows with *Dasiphora fruticosa*. Only at the foothills, on bedrock terraces with outcrops of rocks of the Paleozoic carbonate formation, communities of *cobresia-fescue* alpine steppe are formed.

Keywords: species, community, subalpine taiga larch forest, endemic, relict forest-steppe, landscape geochemistry.

ВВЕДЕНИЕ

Во второй половине XX в. получил развитие эволюционный синтез, основанный на учении В.И. Вернадского о биосфере как единой и целостной организованной системе [1]. При этом появилась необходимость междисциплинарного (интеграционного) подхода в исследовании биосферных процессов. На стыке наук возникла ландшафтная экология, развивалась биогеохимия, молекулярно-генетические методы углубили понимание процессов видообразования [2, 3]. На территориях дифференцированных неотектонических движений в пределах Саяно-Байкальского горного пояса сформировались сложные и весьма неоднородные по структуре ландшафтные комплексы. Глубокое расчленение горного рельефа в плиоцен-четвертичное время усилило вскрытие рудных полей, рудноносных комплексов, что определило биогеохимические процессы в криолитозоне, обусловившие фундаментальные явления в биоте — видообразование и ценогенез [4, 5].

Геоботанические исследования растительности долины р. Иркут в отрогах Кitoйских Гольцов Восточного Саяна были проведены в рамках биологической экспедиции Бурятского государственного университета летом 1998 и 1999 гг. и продолжались в 2017 г. (рис. 1). В результате были получены интересные сведения об особенностях разнообразия растительности таежных экосистем лиственничников, подгольцовых редколесий с участками криофитных степей, а также лугово-болотных комплексов.

Продуктивными оказались геохимические исследования мерзлотных ландшафтов долины Иркут с преобладанием таежных лиственничников. В составе лишайниковых синузид в сообществах подгольцовых рододендрово-лишайниковых и лишайниково-брусничных лиственничников урочища Ильчир были выявлены аномалии в содержании золота в образцах кустистых лишайников. Это стимулировало более глубокое исследование связей растительности с ландшафтами и литологией пород, а также закономерностей миграции химических элементов с водно-солевыми надмерзлотными водами и последующей их биогенной аккумуляции в растениях.

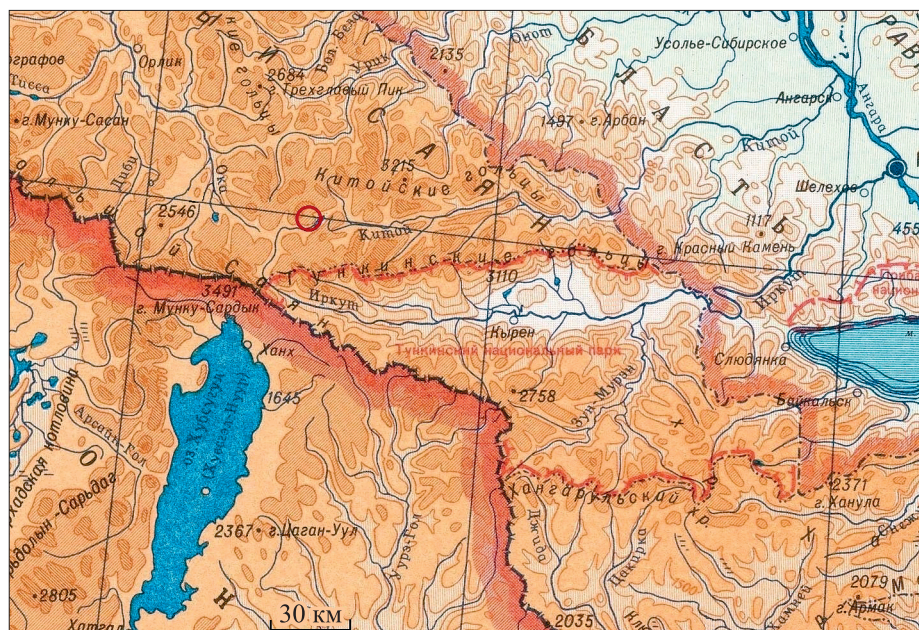


Рис. 1. Карта района исследования, по [6].

Красным кружком выделен ключевой участок детальных геоботанических и биогеохимических исследований — урочище Ильчир.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования растительности высокогорных ландшафтов урочища Ильчир Китойских Гольцов Восточного Саяна основывались на общепринятых методах [7]. Описания растительных сообществ степей, лугов и кустарниковых группировок проводились на пробных площадях 10×10 м; если площади фитоценозов составляли менее 100 м^2 , то они описывались в границах своих контуров. При характеристике лесных фитоценозов использовались площадки 20×20 м, в некоторых случаях при протяженных контурах на трансектах 20×10 м. Обилие видов дано по шкале Друде. Латинские названия растений приводятся по «Флоре Сибири» [8].

Распределение золота в ягеле изучено на золоторудных полях рудопроявлений золотокварцевой и золотосульфидной формаций в высокогорных криофитно-лесостепных и подгольцо-таежных сообществах растительности урочища Ильчир. Для обнаружения и локализации аномалий золота была проведена биогеохимическая съемка по ягелю на площади 5 км^2 по сетке 250×40 м. Золото в золе растений определялось спектрохимическим методом в Геологическом институте СО РАН (Улан-Удэ) с пределом обнаружения $0,5 \text{ мг/т}$ и атомно-адсорбционным методом в Институте геохимии СО РАН (Иркутск) с применением графитового атомизатора q-74 на приборе Perkin-Elmer модели 503 с пределом обнаружения $0,2 \text{ мг/т}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Растительность в континентальных районах Восточного Саяна, включая западные части Китойских Гольцов, относится к комбинированному альпийско (пустошно)-тундрово-таежно (лиственнично)-лесостепному типу [9]. В особенностях пространственного распределения растительности Китойского массива Саянских гор в высокогорной долине Иркутка в осевых частях водоразделов выделяются гольцово-тундровые ландшафты на высоте 2200 м над ур. моря и более [10]. Они венчают выположенные вершины гряд и купола возвышений с обнажениями миоценовых базальтовых покровов на поверхностях. На этих каменистых вершинах с выходами скальных пород распространены криопетрофитные разнотравные (мытник Эдера (*Pedicularis oederi*), лапчатка снежная (*Potentilla nivea*), лук Малышева (*Allium malyshevii*) и др.), щербистые и лишайниково-дриадовые (дриада острозубчатая (*Dryas oxyodonta*), овсяница коротколистная (*Festuca brachyphylla*), осока Ледебуря (*Carex ledebouriana*), василистник альпийский (*Thalictrum alpinum*), виды родов *Cetraria*, *Alectoria*), тундровые сообщества (рис. 2, сообщество 1, порода I).

Ниже высокогорная тундровая растительность переходит в узкую полосу криофитной лесостепи — самобытного ландшафта высокогорий Восточного Саяна, некоего аналога плейстоценовой холодной лесостепи [11, 12]. В реликтовой лесостепи, в высокогорье Китойского хребта, формируется оригинальная растительность, объединяющая лесные сообщества с кустарниковыми и степными. В этой узкой полосе на отложениях вулканогенных пород палеозоя формируются группировки подгольцовых редин, сообщества редкостойных травяных лиственничников с зарослями кустарников и сообществами высокогорных луговых и криофитных степей, типичные на высоте $2100\text{--}2200$ м над ур. моря (см. рис. 2, сообщество 2, порода II). Нередко лесные группировки криофитной лесостепи, особенно по нижней границе подгольцового пояса, в зоне контакта с таежными лиственничниками, имеют вполне сформированные таежные сообщества (сомкнутость крон $0,3\text{--}0,4$) с развитым травяным покровом. Однако при этом в сообществах отсутствует подлесок и не отмечено присутствие лишайников. Типичным является фитоценоз — лиственничник птилагростисово-кобрезиево-овсяницевый (*Larix sibirica* — *Festuca ovina* ssp. *sphagnicola* + *F. komarovii* + *Kobresia myosuroides* + *Ptilagrostis mongholica*).

В видовом составе лесного сообщества выделяется ряд высокогорных и арктоальпийских видов, таких как толстореберник альпийский (*Pachypleurum alpinum*), лапчатка снежная, ветреник сибирский (*Anemonastrum sibiricum*). Криоаридность условий подчеркивается присутствием в ценозе таких видов горнотепной экологии, как вздутоплодник сибирский (*Phlojodicarpus sibiricus*), астра альпийская (*Aster alpinus*), горечавка крупнолистная (*Dasystephana macrophylla*) и др. Следует отметить, что в составе растительности криолесостепи была выявлена интересная находка — сообщество с доминированием овсяницы Комарова (*Festuca komarovii* Krivot.) — прихубсугульско-восточносаянской эндемичной овсяницы [13]. Кобрезиево-комаровоовсяницевое криофитное степное сообщество было обнаружено на убуре в составе растительности полосы подгольцового лиственничного редколесья, на остепненном склоне краевой гряды (см. рис. 2, сообщество 3).

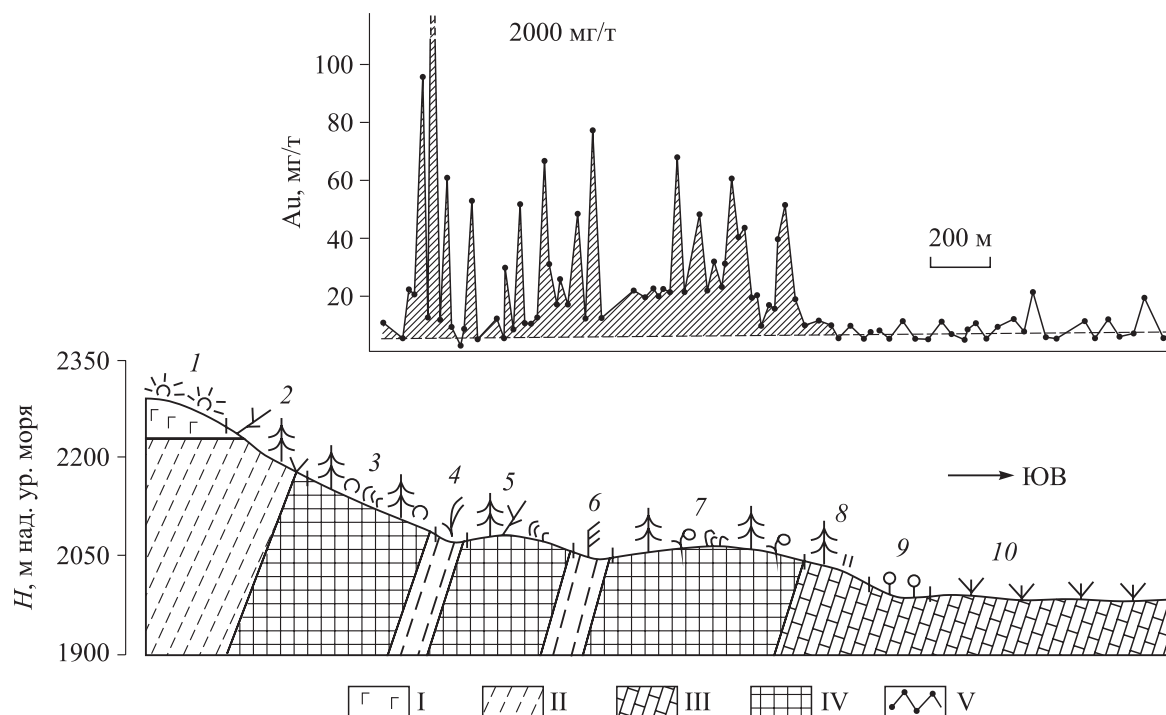


Рис. 2. Распределение растительности и золота в ягеле (лишайниковых синузиях) таежных лиственничников в районе исследования.

Распределение растительных сообществ: 1 — петрофитная лишайниково-дриадовая тундра с выходами коренных пород, 2 — криолесостепь — лиственничная редины с зарослями кустарников в сочетании с комарово-овсянищевыми криофитными степями, 3 — лиственничник ерниково-лишайниковый, 4 — ивняк горцово-кобрезиево-птилагросисовый, 5 — лиственничник бруснично-рододендроновый мохово-лишайниковый, 6 — осоково-кобрезиевый психрофитный луг, 7 — лиственничник брусничный зеленомошно-лишайниковый, 8 — лиственничник злаково-разнотравный, 9 — дернисто-осоково-хвощевый заболоченный луг, 10 — кобрезиево-овсянищевая высокогорная степь на выположенном террасовом останце долины Иркуты. Распределение золота в ягеле таежных лиственничников и литология коренных пород: I — миоценовые базальты, II — породы вулканогенно-терригенной формации палеозоя с золотосульфидной минерализацией, III — породы карбонатной формации палеозоя, IV — предполагаемые золоторудные зоны; V — места отбора проб ягеля по профилю.

Особого внимания заслуживают наблюдения Л.И. Малышева [14] по экологии и фитоценологии овсяницы Комарова, а также по восточносибирским популяциям вида из долины Ильчира и с верховьев р. Сылки. Так, например, автором указывается участие овсяницы Комарова в остепненных сообществах убутов по южным склонам, сложенным карбонатными породами, на высоте около 2000 м, с незначительным участием высокогорных растений. По мнению Л.И. Малышева [14], они являются реликтами растительного покрова, имевшего место в условиях ксеротермического климата в конце ледникового периода.

Ниже приведем конкретное геоботаническое описание.

Республика Бурятия, Окинский район, урочище Ильчир. Восточный Саян, Китойские Гольцы, долина Иркуты, вблизи западной оконечности оз. Ильчир. Координаты: 51°58'08" с. ш., 100°57'54" в. д. Высота над ур. моря — 2138 м. Площадь описания — 100 м². Дата описания — 10 августа 2017 г.

Сообщество (см. рис. 2, сообщество 2, порода II) приурочено к полосе подгольцовой лиственничной редины. Занимает крутой склон гряды, спускающейся с куполовидного базальтового возвышения, уклон 15–20°, экспозиция южная, юго-восточная. Грунт на склоне песчано-щебнистый, на мелкоземистых отложениях плотно задернованный. По склонам отмечены выходы коренных пород — плиты базальтов с россыпями мелкощебнистых, каменистых фракций.

Рассеянно по склону выделяется подрост лиственницы, а также спирея альпийская (*Spiraea alpina*), курильский чай кустарниковый (*Dasiphora fruticosa*). Лишайники отсутствуют.

Фитоценоз — криофитноразнотравно-кобрезиево-комаровоовсянищевая (*Festuca komarovii* + *Kobresia filifolia*) степь. Общее проективное покрытие (ОПП) — 60–70 %. Ярусность не выражена. В ценозе отмечаются куртины дерновин овсяницы Комарова, выделяясь ярко-зелеными мозаиками.

Видовой состав: 1. *Festuca komarovii* — cop²; 2. *Kobresia filifolia* — sp-cop¹; 3. *Ptilagrostis mongholica* — sp-cop gr; 4. *Elymus schrenkianus* — sp; 5. *Allium malyshevii* — sp; 6. *Potentilla nivea* — sp; 7. *Oxytropis strobilacea* — sp; 8. *Pulsatilla ambigua* — sp-sol; 9. *Polygonum bistorta* — sp; 10. *Phlojodicarpus villosus* — sp; 11. *Dasiphora fruticosa* — sp-cop gr; 12. *Cerastium arvense* — sol; 13. *Carex pediformis* — sp; 14. *Lomatogonium carinthiacum* — sp; 15. *Halenia corniculata* — sol; 16. *Cimicifuga squarrosa* — sp; 17. *Gentianopsis barbata* — sol; 18. *Aster alpinus* — sp; 19. *Dracocephalum grandiflorum* — sol gr; 20. *Silene chamarensis* — sol-sp; 21. *Festuca sphagnicola* — sp; 22. *Helictotrichon hookeri* — sp; 23. *Rheum compactum* — sol-un; 24. *Thalictrum alpinum* — sol-un; 25. *Stellaria umbellata* — sol; 26. *Viola* sp. — sol.

В составе ценофлоры сообщества отмечается сочетание типично горно-степных видов, таких как прострел сомнительный (*Pulsatilla ambigua*), остролодочник шишковидный (*Oxytropis strobilacea*), осока стоповидная (*Carex pediformis*), с высокогорными — лапчаткой снежной, луком Малышева, ковылечком монгольским (*Ptilagrostis mongholica*), при участии ряда характерных мезоксерофитных видов лесостепного флористического комплекса (овсец Гукера (*Helictotrichon hookeri*), змеевик большой (*Polygonum bistorta*), курильский чай кустарниковый).

Находка дает дополнительный материал о реликтово-степном генезисе овсяницы Комарова в условиях подгольцовых криолесостепных ландшафтов Восточного Саяна [15]. Выявленное эндемичное криофитно-степное сообщество в высокогорной долине Иркут (Восточный Саян) в очередной раз подтверждает богатство и оригинальность растительного мира Байкало-Саянского горного узла [5, 16] как одного из центров флороценогенеза на северо-восточных рубежах Внутренней Азии (рис. 3).

Столь интересная находка эндемичного вида овсяницы в растительности современных перигляциальных ландшафтов реликтовой холодной лесостепи Саян стимулировала поиск других любопытных явлений в структуре и особенностях функционирования высокогорных экосистем долины Ильчира. Так, обнаружен феномен криогенной миграции химических элементов, а также формирование геохимических аномалий и накопление их в растениях в условиях развития многолетнемерзлых пород (табл. 1).

В целом растения высокогорий, подгольцовых таежных экосистем богаты микроэлементами, коэффициент биологического поглощения (Ах), рассчитанный по отношению к кларку литосферы ($4,3 \times 10^{-7} \%$), больше единицы. К числу таких растений относятся рододендрон Адамса (*Rhododendron adamsii*), рододендрон мелколистный (*R. parvifolium*), береза круглолистная (*Betula rotundifolia*), можжевельник ложноказацкий (*Juniperus pseudosabina*) и др. (см. табл. 1). Установлено, что в рудных зонах содержание золота в них заметно повышается [17]. В ландшафтах золоторудных полей растения и



Рис. 3. Кобрезиево-комаровоовсяницево-криофитностепное сообщество на убуе подгольцового редколесья. Фото Б.Б. Намзалова.

Таблица 1

Ряды биологического поглощения (Ах) химических элементов растениями гольцово-таежного комплекса Восточного Саяна

Виды растений	Число проб	Ах		
		50–10	10–1	1–0,1
Ерники (<i>Betula rotundifolia</i> Spach, <i>B. divaricata</i> Pall., <i>B. humilis</i> Schrank)	18	Zn	Cu, Mn, Ag, Pb, Ba, Sr, Au	Ni, Cr, Be, V, Zr, Ti, Co
Можжевельники (<i>Juniperus pseudosabina</i> Fisch. et Mey., <i>J. sibirica</i> Burgsd.)	12	—	Zn, Pb, Sr, Ag, Cu, Mn, Sn, Au, Be	Ni, Cr, Ba, Co, Zr, Ti
Рододендроны (<i>Rhododendron adamsii</i> Rehder, <i>R. aureum</i> Georgi, <i>R. parvifolium</i> Adam.)	15	Cu, Zn	Pb, Ba, Mn, Sr, Sn, Ag, Be, Au	Ni, Cr, V, Co, Ti, Zr
Карагана гривастая (<i>Caragana jubata</i> (Pall.) Poiret.)	18	—	Pb, Zn, Ba, Mn, Sr, Cu, Be, Ag, Au, Sn, Ni	Cr, Zr, Co, Ti, V
Кустистые лишайники <i>Cetraria cucullata</i> (Bellardi) Ach., <i>C. islandica</i> (L.) Ach., <i>Alectoria ochroleuca</i> (Hoffm.) Massal., <i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Harm.	60	Zn	Pb, Mn, Ba, Au, Ag, Cu, Sr, Be	Ni, Co, Ti, V, Cr

Примечание. Прочерк — элементы отсутствуют.

животные выступают как биогеохимические барьеры, активно накапливая не только золото, но и многие другие элементы (см. табл. 1). К таковым относятся виды кустистых лишайников, интенсивно аккумулирующие растворимые формы золота из криогенных аномалий золотосульфидных зон.

Лишайники (ягель или олений мох) — характерные компоненты таежных экосистем — способны активно поглощать растворимые формы металлов рыхлыми и ветвистыми слоевищами из вод и почвогрунтов на путях из латеральных миграционных потоков. Солевые ореолы из погребенных зон оруденения проникают на поверхность в результате их диффузии через слои мерзлых тонкодисперсных отложений. Нередки явления испарительной концентрации элементов, когда ягель иссушен до хруста ветвистых слоевищ.

Лишайники гольцово-таежных экосистем богаты микроэлементами. Ряды биологического поглощения их для кустистых и листоватых лишайников следующие: $Ax \geq \frac{Pb, Mo, Ba, Au, Cu, Sr}{6-1}$; $Ax \leq \frac{Ni, Co, Ti, V}{1-0,1}$.

Лишайники умеренно накапливают золото ($Ax Au > 1$), а на золоторудных проявлениях содержание элементов, в том числе золота, в них высокое (см. табл. 1, рис. 2). Золото кварцевые жилы приурочены к разломам среди гранитов архея и палеозоя. Выходы их встречаются на курумных склонах, по уступам нагорных террас в ледниковых и речных долинах. У подножия курумных склонов, на перегибах террасовых понижений с пятнами ягеля, участками березки круглолистной, ивы сетчатой, смородины душистой наблюдаются суффозионные аккумулятивные и водные ореолы золота. Подобные проявления золота, возникающие вследствие их латеральной миграции, удалены от собственно золотоносных жил по склону на 200 м и более [18].

В подгольцовом поясе на склонах передовых гряд урочища Ильчир господствующими типами растительности выступают таежные леса — лиственничники бруснично-рододендроновые лишайниковые, брусничные мохово-лишайниковые. Интересно, что именно с рододендрово-брусничными лиственничниками связаны локусы с аномально высоким содержанием золота в лишайниковых синузиях растительных сообществ лесов (см. рис. 2, сообщества 3, 5, 7). Содержание золота в пробах лишайников колеблется от 0,1 до 0,8 г/т, местами достигает 1–3 г/т. В формировании биогеохимических аномалий золота в подножиях склонов важная роль отводится склоновым водам с высоким содержанием золота (0,01–0,08 мкг/л). При этом золото поглощается лишайниками непосредственно из золотосодержащих вод.

В целом в гольцовых ландшафтах Саян золотосульфидные жильные зоны известны в породах палеозойской вулканогенно-терригенной формации и в месте ее контакта с карбонатной формацией. Они представлены черными и зелеными сланцами, эффузивами основного состава, гравелитами с горизонтами доломитов. Также распространены золотоносные сульфидизированные пачки в горизонтах сланцев и туфопесчаниках. Отложения вулканогенных пород слагают вершины гольцов, пологие и протяженные солифлюкционные склоны с заболоченными понижениями, речными долинами. Рудоносные породы нередко на вершинах гор перекрыты миоценовыми базальтами (см. рис. 2, порода 1).

На высоких плоскогорьях с вытянутыми по склону литохимическими ореолами и потоками рассеяния породы рудоносной формации перекрыты солифлюкционными, водно-ледниковыми отложениями мощностью до 5–7 м и более, на которых сформированы подгольцовые таежные лиственничники (см. рис. 2, сообщества 3, 5, 7). Особенно активны солифлюкционные процессы на более обогреваемых склонах и покатостях южных и юго-восточных экспозиций. По профилю ряды аномалий в биогеохимическом поле золота четко дифференцированы на протяженном солифлюкционном склоне, на котором ниже купола с выходами миоценовых базальтов выделяется серия аномалий золота над породами вулканогенно-терригенной формации. Однако над породами карбонатной формации подобной аномалии золота нет — биогеохимическое поле ровное (см. рис. 2, порода III). Выявленные нами аномальные уровни концентрации золота в пробах лишайников сопоставимы с содержанием золота в ягеле на литохимических потоках рассеяния золота в золотокварцевых жилах, обнаруженных другими исследователями [17].

В отличие от аномалий в золотосодержащих породах при латеральной миграции золота, были выявлены явления, связанные с восходящей миграцией растворимых (водно-солевых) форм золота. Они образуют ореолы аккумуляции золота в солифлюкционном покрове. Последние в приповерхностном горизонте активно фиксируются лишайниками в сообществах таежных лиственничников, формируя пространственно выраженные локусы — очаги аномалии, достигающие 60–90 мг/т и более (см. рис. 2, сообщества 3, 5, 7). Поступление золота в воды происходит не только в ходе выщелачивания его из золотосодержащих сульфидных руд и их литохимических ореолов вдоль разломов на глубине, но и при фильтрации надмерзлотных вод через покровы лишайников, насыщенных золотом, что не исключает вымывания из ягеля золота также и дождевыми водами.

В целом в подобных зонах биогеохимических аномалий процесс выщелачивания золота из покровов лишайников происходит постоянно в соответствии с циклами промерзания и оттаивания, фазами вегетации растений [19]. В результате наших исследований выявлено, что растительность гольцово-таежных ландшафтов Саян и Прихубсугулья, а также Прибайкалья активно поглощает растворимые формы золота, связанные с его биогенным и сорбционным накоплением, и представляет собой мощный биогенный барьер концентрации золота в областях развития мерзлотных процессов [15, 20].

Среди разнообразия растительности, слагающей горно-водораздельные и подгольцовые ландшафты в высокогорной долине Иркутка урочища Ильчир, следует особо отметить таежные лиственничные сообщества (рис. 4), а также сообщества криофитных степей в составе подгольцового редколесья —



Рис. 4. Лиственничник бруснично-рододендроновый мохово-лишайниковый в отрогах Китойского хребта (окрестности оз. Ильчир, Восточный Саян). Фото Б.Б. Намзалова.

Таблица 2

**Характеристика лесных сообществ из лиственничника подгольцового
и таежных лиственничников с обилием лишайников – концентраторами золота
(Восточный Саян, Китойский хребет, долина Иркуты, урочище Ильчир, 10–11 августа 2017 г.)**

Вид растения	Фитоценозы			
	Лиственнич- ник птила- гростисово- кобрезиево- овсянищевый (10Л, сомкну- тость 0,3, вы- сота 2150 м)	Лиственнич- ник ернич- ко-лишайни- ковый (10Л, сомкнутость 0,4, высота 2100 м)	Лиственнич- ник брус- нично-родо- дендроновый лишайни- ковый (10Л, сомкнутость 0,5, высота 2050 м)	Лиственнич- ник брус- ничный зеленомош- но-лишайни- ковый (10Л, сомкнутость 0,4–0,6, высо- та 2000 м)
Подлесок				
Рододендрон мелколистный (<i>Rhododendron parvifolium</i>)	—	sp-cop	cop ²	sp
Береза круглолистная (<i>Betula rotundifolia</i>)	—	cop ²	sp gr	—
Пятилистник кустарниковый (<i>Dasiphora fruticosa</i>)	—	sp	—	sp-sol
Спирея альпийская (<i>Spiraea alpine</i>)	—	sp	+	sp-sol
Ива растопыренная (<i>Salix divaricata</i>)	—	—	—	sp
Жимолость алтайская (<i>Lonicera altaica</i>)	—	—	sp	+
Водяника черная (<i>Empetrum nigrum</i>)	—	sp	sp-sol	—
Травяно-кустарничковый ярус				
Арктоус красноплодный (<i>Arctous erythrocarpa</i>)	—	+	sp	—
Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	—	sp	sp-cop	cop ²
Багульник болотный (<i>Ledum palustre</i>)	—	—	sp	sp
Бадан толстолистный (<i>Bergenia crassifolia</i>)	—	—	—	sp
Ковылечек монгольский (<i>Ptilagrostis mongholica</i>)	cop-sp	sp	+	—
Овсяница алтайская (<i>Festuca altaica</i>)	—	sp	sp	sol-sp
Овсяница овечья (<i>F. ovina</i>)	—	sp	sp-sol	sp
Овсяница сфагновая (<i>F. sphagnicola</i>)	sp-cop	—	—	—
Овсяница Комарова (<i>F. komarovii</i>)	cop	—	—	—
Осока Ильина (<i>Carex iljinii</i>)	—	sp	sp-sol	sp
Кобрезия мышехвостниковая (<i>Kobresia myosuroides</i>)	cop	+	—	sp
Змеевик большой (<i>Polygonum bistorta</i>)	sp	sp-sol	sol	—
Змеевик живородящий (<i>P. viviparum</i>)	—	sol	+	sp
Ревень компактный (<i>Rheum compactum</i>)	sol	—	—	—
Ветреник сибирский (<i>Anemonastrum sibiricum</i>)	sol	—	—	—
Лапчатка снежная (<i>Potentilla nivea</i>)	sp	+	—	—
Горечавка холодная (<i>Gentiana algida</i>)	—	sp	+	+
Горечавка бородатая (<i>G. barbata</i>)	sol	—	—	—
Горечавка крупнолистная (<i>Dasystephana macrophylla</i>)	sol	—	—	—
Майник двулистный (<i>Maianthemum bifolium</i>)	—	—	sol	+
Толстореберник альпийский (<i>Pachypleurum alpinum</i>)	sp	sp	—	—
Вздутоплодник мохнатый (<i>Phlojodicarpus villosus</i>)	+	—	—	—
Родиола розовая (<i>Rhodiola rosea</i>)	—	sol gr	—	—
Эдельвейс бледно-желтый (<i>Leontopodium ochroleucum</i>)	sol	—	—	—
Астра альпийская (<i>Aster alpines</i>)	sp-sol	—	—	—
Мохово-лишайниковый покров				
Кладония лесная (<i>Cladonia arbuscula</i>)	—	cop gr	cop	sp-cop
Кладония оленья (<i>C. rangiferina</i>)	—	—	cop	cop
Кладония звездчатая (<i>C. stellaris</i>)	—	cop	sp-cop	sp
Цетрария исландская (<i>Cetraria islandica</i>)	—	sp-cop	sp-sol	sp
Аулакомниум болотный (<i>Aulacomnium palustre</i>)	—	—	sp	sp
Плевроциум Шребера (<i>Pleurozium schreberi</i>)	—	—	sp-cop	sp
Гилокомиум блестящий (<i>Hylocomium splendens</i>)	—	sol	sp	cop-sp

Примечание. «+» – вид присутствует, «—» – отсутствует.

оригинального ландшафта криолесостепи Саян, о чем было сказано выше (см. рис. 2). Сообщества подгольцовых лиственничников с хорошо развитым мохово-лишайниковым ярусом отчетливо проявляются в интервале высот от 1900 до 2150 м по профилю (см. рис. 3, 4; табл. 2). При этом общими для них являются монодоминантность древесного полога из лиственницы сибирской, средние показатели сомкнутости крон — от 0,4 до 0,6. В видовом составе подлеска общим для всех трех сообществ является рододендрон мелколистный (сор²), который имеет наибольшее обилие в бруснично-рододендроновых лиственничниках на высоте более 2000 м над ур. моря. Остальные виды из подлеска в кустарниковом ярусе имеют средние показатели обилия (преимущественно sp), лишь высокогорный кустарник береза круглолистная выходит на позиции основного эдификатора в ценозах подгольцовых лиственничников на высоте более 2100 м над ур. моря.

В травяно-кустарниковом ярусе доминирует брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), однако в составе рододендроновых лиственничников фитоценотическая роль этого вида значительно снижена и носит фрагментарно-мозаичный характер распределения с обилием sp-сор. Количество сквозных видов, отмеченных во всех трех эталонных сообществах, — 6 из 14 (более 40 %): это брусника, овсяница алтайская (*Festuca altaica*), овсяница овечья (*Festuca ovina*), осока Ильина (*Carex iljinii*), змеевик живородящий (*Polygonum viviparum*), горечавка холодная (*Gentiana algida*) (обилие — sp). Специфических видов немного, особенно следует отметить участие бадана толстолистного (*Bergenia classifolia*) в лиственничниках с более низкими гипсометрическими показателями по высотной привязке. С другой стороны, в сообществах лиственничников, наиболее приближенных к гольцам, отмечается единичное участие высокогорных видов — толстореберник альпийский и родиола розовая (*Rhodiola rosea*). Хорошо развитый мохово-лишайниковый покров в подгольцово-таежных лиственничниках более монолитен и по видовому составу мало различается. Следует отметить, что подгольцовые лиственничники с развитой синузией кустистых лишайников были отмечены как характерный тип горно-таежной растительности Восточного Саяна [21]. Господствующая фракция в составе лишайников составляет четыре вида с показателями обилия сор — sp-сор: кладония лесная (*Cladonia arbuscula*), кладония звездчатая (*C. stellaris*), цетрария исландская (*Cetraria islandica*). Лишь кладония оленья (*Cladonia rangiferina*) отсутствует в подгольцовых лиственничниках. Моховая синузия в ярусе слабее выражена, высокой встречаемостью выделяются гиелокомиум блестящий (*Hylocomium splendens*) и плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В растительности урочища Ильчир Китойских Гольцов Восточного Саяна доминируют таежные лиственничники. На протяженных солифлюкционных склонах южных и юго-восточных экспозиций широко распространены лишайниковые бруснично-рододендроновые лиственничники, в понижениях рельефа по склону — мохово-лишайниковые. Менее развиты сообщества травяных лиственничников в полосе предгорий в долине. В растительности гольцов преобладают каменистые лишайниковые, кобрезиевые и дриадовые тундры, лишь на более мелкоземистых перегибах склонов, уступах нагорных террас формируются ерниковые, рододендроновые кустарниковые тундры с участием таволги альпийской, курильского чая кустарникового, ивы мохнатой и растопыренной.

Биогеохимические процессы в ландшафтах относятся к существенным факторам, влияющим на биоразнообразие. Ландшафтно-геохимический анализ позволяет вскрыть новые экологические ниши, выявить активные геодинамические процессы в ландшафтах, углубить понимание процессов видообразования и ценогенеза в биоте. Эти биокинетические явления наиболее ярко проявляются с изменением геохимических условий, в частности с миграцией химических элементов и поглощением их растениями из растворимых форм. В этом отношении весьма показательны лишайники, представляющие собой ощутимый биогенный барьер, на котором происходит накопление золота в областях развития мерзлотных ландшафтов долины р. Иркут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. Химическое строение Земли и ее окружения. — М.: Наука, 1965. — 374 с.
2. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и их роль в органической эволюции // Геохимия. — 1963. — № 3. — С. 199–212.
3. Малышев Л.И. Видообразование растений в горах Сибири // Сиб. экол. журн. — 2002. — № 5. — С. 531–540.

4. **Намзалов Б.Б.** Байкальский фитогеографический узел как новейший центр эндемизма Внутренней Азии // Сиб. экол. журн. — 2009. — № 4. — С. 563–571.
5. **Намзалов Б.Б., Тайсаев Т.Т.** Эндемизм биоты Байкальской природной территории: истоки, новейшие узлы и перспективы исследований // Вестн. Бурят. науч. центра СО РАН. — 2015. — № 1 (17). — С. 164–174.
6. **Иметхенов А.Б.** Физическая карта // Атлас Республики Бурятия. — М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 2000. — С. 8–9.
7. **Полевая геоботаника** / Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. — М.; Л.: Наука, 1964. — Т. 3. — 530 с.
8. **Флора Сибири.** В 14 т. / Под ред. Л.И. Малышева. — Новосибирск: Наука, 1987–1997.
9. **Огуреева Г.Н.** Структура высотной поясности растительности гор Южной Сибири // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. биол. — 1983. — Т. 88, вып. 1. — С. 66–77.
10. **Телятников М.Ю.** Растительность восточной части Восточного Саяна (высокогорный и горно-лесной пояса). — Новосибирск: Академиздат, 2016. — 104 с.
11. **Крашенинников И.М.** Анализ реликтовой флоры Южного Урала в связи с историей растительности и палеогеографией плейстоцена // Сов. ботаника. — 1937. — № 4. — С. 16–47.
12. **Лавренко Е.М.** О растительности плейстоценовых перигляциальных степей СССР // Бот. журн. — 1981. — Т. 66, № 3. — С. 313–327.
13. **Алексеев Е.Б.** Festuca L. Овсяница // Флора Сибири. — Новосибирск: Наука, 1990. — Т. 2. — С. 130–162.
14. **Малышев Л.И.** Растительность Восточного Саяна в пределах Бурятской АССР // Научные чтения памяти М.Г. Попова. — Иркутск: Ирк. кн. изд-во, 1963. — Т. 5. — С. 3–47.
15. **Тайсаев Т.Т., Намзалов Б.Б., Ошорова Б.В.** Геохимия ландшафтов и видообразование в экосистемах горных областей севера Центральной Азии // Экосистемы Центральной Азии: исследования, проблемы охраны и природопользования: Материалы IX Убсу-Нурского междунар. симпозиума (Кызыл, 16–20 сент. 2008 г.). — Кызыл: Тываполиграф, 2008. — С. 94–97.
16. **Намзалов Б.Б., Алымбаева Ж.Б., Холбоева С.А.** Овсяницы Байкальской Сибири: эколого-географический анализ и некоторые аспекты филогении // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. — 2011. — Т. 116, вып. 5. — С. 47–54.
17. **Мельников П.И., Иванов О.П., Макаров В.Н., Питулько В.М., Шварцев С.Л.** Явление криогенной миграции химических элементов и его значение для поисков месторождений в районах многолетней мерзлоты // Докл. АН СССР. — 1988. — Т. 303, № 4. — С. 963–967.
18. **Тайсаев Т.Т.** Криогенные системы некоторых золото-кварцевых месторождений // Докл. АН СССР. — 1991. — Т. 317, № 2. — С. 440–443.
19. **Тайсаев Т.Т.** Явление криобиогенеза и самоорганизация мерзлотных геохимических ландшафтов // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 1. — С. 20–24.
20. **Тайсаев Т.Т.** Ландшафтно-геохимический фактор биоразнообразия и особенности традиционного природопользования горных экосистем // Сиб. экол. журн. — 2002. — № 5. — С. 617–624.
21. **Смагин В.Н., Ильинская С.А., Назимова Д.И., Новосельцева И.Ф., Чередникова Ю.С.** Типы лесов гор Южной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1980. — 336 с.

Поступила в редакцию 18.01.2021

После доработки 22.03.2021

Принята к публикации 24.06.2021