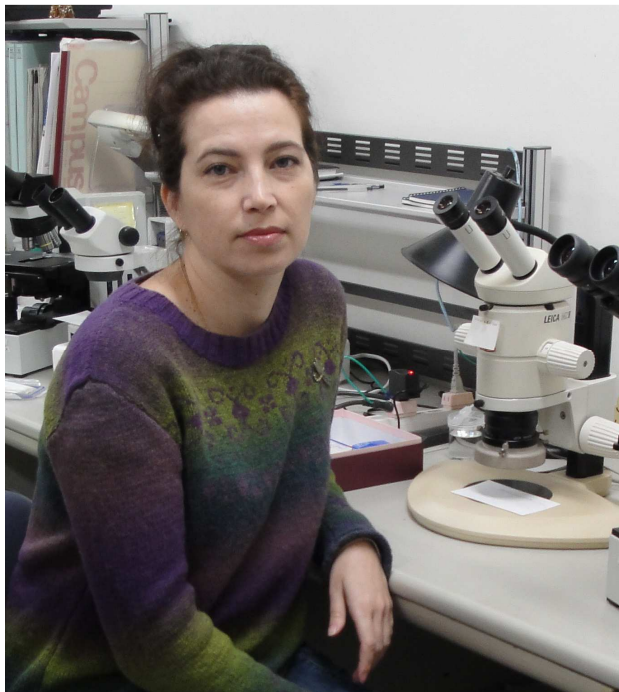


# НЕВИДИМАЯ ЖИЗНЬ В ПЕСКАХ ТУКУЛАНОВ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)

**И.А. Галанина**

*Владивосток, Биолого-почвенный институт ДВО РАН, [gairka@yandex.ru](mailto:gairka@yandex.ru)*



*Ирина Александровна Галанина, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Биолого-почвенного института ДВО РАН.*

## **Введение**

В Центральной Якутии уже многие тысячи лет существует уникальный феномен под названием тукуланы. Ими именуются комплексы параболических дюн, сложенных кварцевым песком и широко распространенных на высоких речных террасах и даже водораздельных пространствах в бассейне среднего течения р. Лены и ее притоков - Вилюя, Линдэ, Тюнга, Синей (рис. 1). Размеры тукуланов варьируют от нескольких сотен метров до 40-60 км в поперечнике, а площадь наиболее крупных достигает более 400 кв. км (дюнный массив Махатта).

В пределах крупных тукуланов имеются как незакрепленные участки, где происходит активное современное перевеивание песка и движение

цепочек элементарных дюн, так и частично закрепленных куртинами растительности и небольшими группами деревьев.



**Рис.1. Тукуланы, золовые формы рельефа, представляющие собой вытянутые параболические дюны и бугристые пески.**

В окружении тукуланов наблюдаются еще более обширные участки древних дюнных массивов, полностью закрепленных парковыми сосново-березовыми лесами. Рельеф не закрепленных и частично закрепленных тукуланов весьма разнообразен, здесь встречаются термосуффозионные<sup>1</sup> просадки и каньоны, котловины выдувания, золово-биогенные<sup>2</sup> бугры [1]. По периферии крупных тукуланов наблюдается множество выходов водных источников межмерзлотного

---

<sup>1</sup> Термосуффозия - процесс подповерхностного оттаивания и выноса тонкодисперсного грунта подземными водами. В результате выноса мелкозема дневная поверхность начинает проседать, что приводит к появлению небольших впадин, воронок и даже провалов. Иногда термосуффозионные воронки выстраиваются в цепочки и маркируют положения узких подземных (межмерзлотных) водных потоков. В Центральной Якутии процессы термосуффозии развиваются исключительно в пределах современных и древних дюнных массивов.

<sup>2</sup> Золово-биогенные формы рельефа состоят из песка переплетенного корнями и ветками растений. Несомые ветром частицы песка задерживаются стеблями и ветками живых растений, что приводит к формированию бугров разной величины, извилистых грав и гряд. При этом полужасыпанные растения начинают ветвиться, давать дополнительные корни.

типа, а во внутренних частях встречаются специфические озера, сток которых, а иногда и питание, осуществляются путем фильтрации воды через толщу тукулана. С разнообразием форм рельефа, наличием сквозных таликов и с другими факторами связано ландшафтное разнообразие тукуланов. Резкие изменения освещенности и увлажненности грунта делают возможным сосуществование сухолюбивых (степных) и влаголюбивых (тундровых и таежных) видов в непосредственной близости.

### **Суровые условия тукуланов и растительный мир**

Микроклимат на поверхности незакрепленных дюн очень специфичен. Местами здесь очень сухо, поскольку поверхностный песок не способен удерживать воду. В то же время местами снизу подступает создающая водоупор мерзлота, и некоторым растениям удается дотянуться до воды. Зимой здесь очень холодно. На открытых пространствах тукуланов снег частично сдувается сильными ветрами и уплотняется, выступающие на поверхность участки дюн охлаждаются до  $-45$   $-50^{\circ}\text{C}$ . Зато летом в безветренные солнечные дни температура на поверхности поднимается до  $+60^{\circ}\text{C}$ , что приводит к сильному испарению и обезвоживанию поверхностного слоя дюнных песков. Жесткие условия обитания живущих на тукуланах растений обусловлены не только скачками влажности и температуры, но интенсивным выдуванием грунта из-под растений, приводящим к частичному обнажению корневой системы. Или, наоборот, растение непрерывно засыпается все новыми порциями песка, и вынуждено непрерывно расти вверх. Жесткие и контрастные условия местообитания приводят к непрерывному угнетению растений и

появлению причудливых карликовых, кустарниковых и стелящихся биоморф<sup>3</sup>.

Первые сведения о распространении тукуланов сообщаются в работах Р.К. Маака [2], А. А. Григорьева [3], С. С. Кузнецова [4], Т. А. Работнова [5]. На протяжении прошедшего полувека тукуланы активно посещались гидрогеологами, мерзлотоведами, геологами и географами, но были незаслуженно практически лишены внимания ботаников, почвоведов и экологов. Специальных ботанических исследований на подвижных песках было проведено очень немного: имеется лишь неполный список флоры<sup>4</sup> песков. Растительность тукуланов в целом изучали только Т.Д. Работнов [5] и С.З.Скрябин и др. [6], причем в основном это касалось сосудистых растений<sup>5</sup>. Сведения об обитающих в пределах тукуланов лишайников<sup>6</sup> единичны [7, 8].

По мнению некоторых геоботаников [6] флора тукуланов имеет довольно бедный видовой состав. Вместе с тем, здесь обнаружено несколько эндемичных видов, встречающихся только на дюнах Центральной Якутии. К ним относятся тонконог Скрябина (*Koeleria skryabinii* Karav. et Tzvelev), тонконог Караваева (*Koeleria karavajevii* Govor.), полынь Караваева (*Artemisia karavajevii* Leonova), тимьян Сергиевской (*Thymus sergievskajae* Karav.). Исследователями отмечалась хорошая приспособленность растений эоловых песков к суровым условиям существования [6].

---

<sup>3</sup> Биоморфа - жизненная форма. Например, конкретные особи одного и того же вида в зависимости от условий местообитания приобретают форму дерева или кустарника и т.д. Полное разнообразие растительного покрова определяется суммой генетического (разнообразие видов и таксонов всего ландшафтного района), ценотического (разнообразие локальных группировок видов, например, пойменный луг, парковый сосновый лес и др.) и биоморфического (разнообразие жизненных форм).

<sup>4</sup> Флора - видовой состав растительного покрова. Флористическое разнообразие конкретных ландшафтов и более обширных территорий определяется количеством различных видов, родов и семейств растений.

<sup>5</sup> Сосудистые или высшие растения представляют наиболее продвинутую таксономическую группу. Сосудистые, в отличие от более примитивных растений, имеют настоящие корни, стволы, ветви, листья (хвою), снабженные капиллярами, по которым вода и минеральные вещества всасываются растением из грунта.

<sup>6</sup> Лишайники - очень древняя и обособленная группа организмов, представляющих собой результат длительной эволюции симбиоза (совместного проживания) одноклеточных зеленых водорослей и грибов.



Изучение растительного покрова именно тукуланов интересно не столько во флористическом отношении, сколько в фитоценотическом<sup>7</sup> и биоморфическом<sup>8</sup>. Якутские тукуланы по существу являются борельно-субарктическими пустынями или криопустынями. В климатическом отношении они не имеют себе аналогов, хотя в отдаленном приближении сходны с высокогорными полупустынями Тибета, равнин Альтиплано в Южно-Американских Андах.

Во времена последних глобальных похолоданий, когда пиковые зимние температуры опускались значительно ниже, а осадков было существенно меньше, чем в настоящее время, занятые дюнами пространства Центральной Якутии были во много раз обширнее, а условия обитания были еще более жесткими и в чем-то, вероятно, напоминали марсианские. В этом плане, современная растительность тукуланов и, особенно, крайне недостаточно исследованная здесь лихенофлора представляют собой уникальный объект для понимания процессов адаптации и выживания видов в экстремальных крио-аридных условиях.

В большинстве природных ландшафтов Арктики и Субарктики лишайники, мхи и некоторые виды травянистых растений являются пионерными организмами, начинающими поселяться на новообразованном обнаженном субстрате и формирующими начальный почвенно-растительный покров. Каким образом происходит закрепление рыхлой и подвижной поверхности тукуланов Центральной Якутии, какие виды поселяются первыми и как им удастся выжить в экстремальных условиях? С этими вопросами вплотную соприкасаются общие вопросы эволюции, возможности жизни на таких планетах как

---

<sup>7</sup> Фитоценотический уровень – изучение разнообразия растительного покрова на уровне фитоценозов (растительных сообществ).

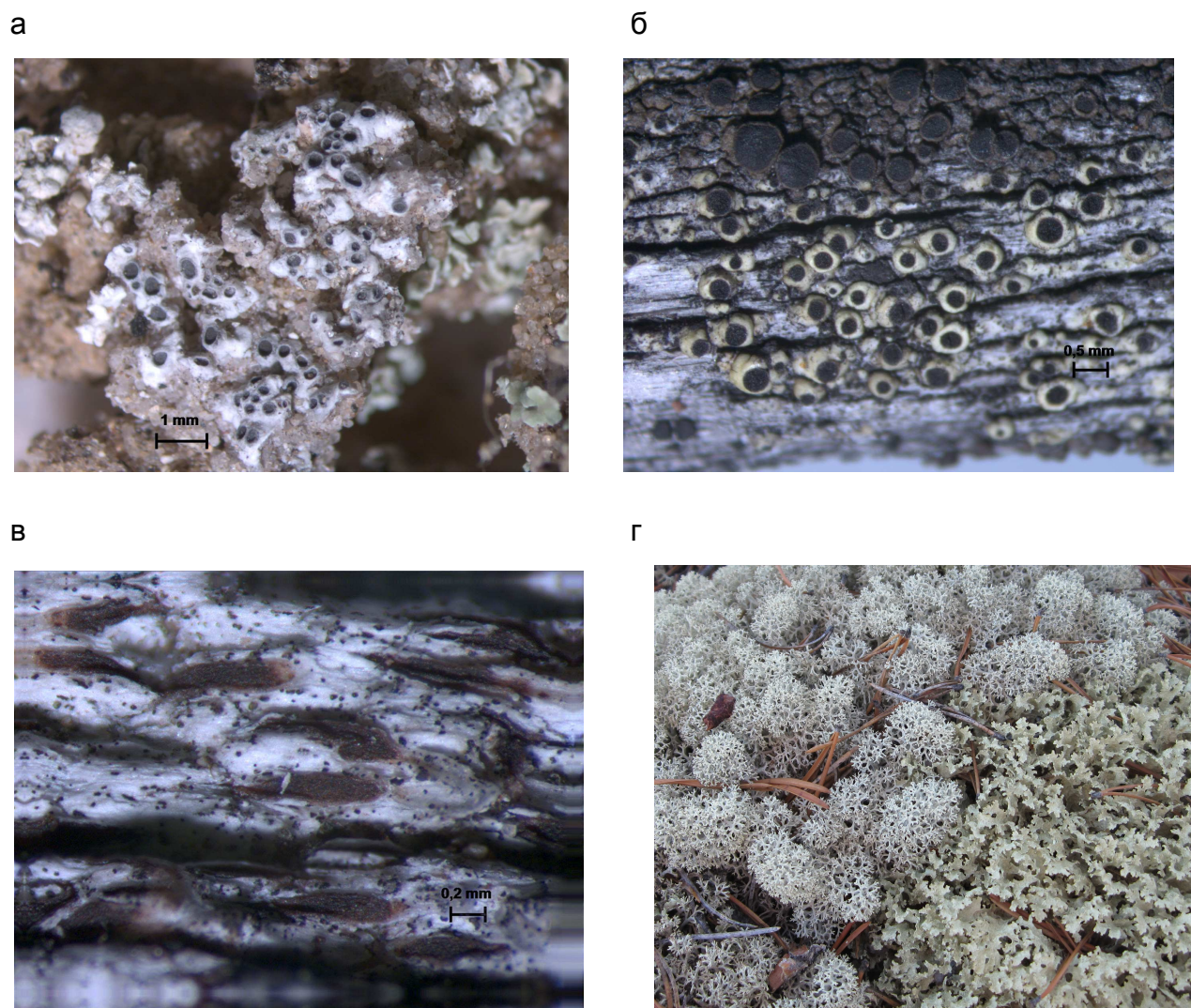
<sup>8</sup> Биоморфический уровень – изучение разнообразия жизненных форм организмов.

Марс, поверхность которого представляет сплошную криопустыню, а суточные температуры на экваторе изменяются от +25 до -100 °С.

Оригинальные исследования тукуланов – своего рода криопустынь Центральной Якутии – начаты институтом мерзлотоведения Якутской АН. Основной целью их является установление хода развития этих образований, прогноз их дальнейшего существования в современных климатических условиях и оценка влияния на растительность, почвы и мерзлотную обстановку. В рамках экспедиций этого института были предприняты и специальные ботанические работы на эоловых песках: в 2012 г. доктором биологических наук А.В. Галаниным, а в 2015 г. кандидатом биологических наук И.А. Галаниной. Они охватили правобережье р. Вилюй в окрестностях с. Кысыл-Сыр и крупный тукуланный массив Махатта на левобережье Вилюя. За две экспедиции были обследованы несколько крупных дюнных массивов Центральной Якутии, сделаны первичные описания (60) и собрано около 400 листов гербария сосудистых растений, около 1000 образцов лишайников с коры деревьев, растительных остатков и с поверхности дюн.

Неожиданным результатом наших экспедиций стало то, что удалось приоткрыть дверь в совершенно незамечаемый своеобразный мир криопустыни – мир, открытый только тем, кто может посмотреть на тукуланы через микроскоп. Оказалось, что вся поверхность дюн покрыта тонкой пленкой биовещества – и эта пленка является первичной и главной средой для поселения всех остальных макроорганизмов. Из чего же состоит эта пленка? Это лишайники, один из необычайных и интереснейших объектов живой природы (рис. 2а, б, в, г). По своему составу лишайник представляет собой симбиоз

клеток гриба и зеленых водорослей, а иногда и третьего компонента – цианобактерий<sup>9</sup>.



**Рис. 2. Лишайники:** а -- *Diploschistes muscorum* (Scop.) R. Sant. на песке; б -- *Rinodina sibirica* H. Magn. (в верхней части) и *Cyphelium tigillare* (Ach.) Ach. (в нижней части). на сухой древесине; в -- *Xylographa trunciseda* (Th. Fr.) Minks ex Redinger на сухой древесине; г -- *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda и *Flavocetraria nivalis* (L.) Kärnefelt & A. Thell на почве.

О взаимоотношении бионтов в лишайнике, о его строении и жизненных формах существует богатая литература, например Флора

---

<sup>9</sup>цианобактерии или синезелёные водоросли -- это тип крупных грамотрицательных бактерий, способных к фотосинтезу, сопровождающемуся выделением кислорода. Это прокариоты (безъядерные), одноклеточные, нитчатые и колониальные микроорганизмы. Некоторые способны к азотфиксации.

лишайников России [9], так как этот феномен привлекает внимание биологов очень давно. Здесь же хочется рассказать о том, как лишайник поселяется на песках. Эта совершенно невидимая глазу человека жизнь развивается в песках Центральной Якутии очень активно.

Первичная сукцессия на дюнных комплексах, то есть их постепенное зарастание с нуля растительностью, – явление интереснейшее, ведь ее ход и особенности здесь могут быть отслежены почти с математической четкостью. Однако несмотря на кажущуюся легкость, работы такого рода практически не проводились [10]. Столь же слабо изучены сукцессии на дюнах и в биоте криптогамных организмов<sup>10</sup>. Связь между зарастанием эоловых песков и развитием лишайников известна [11], лишенологии уже давно пишут о том, что на поверхности песков происходит формирование первичной «биологической корки» [12]. Лишайники обладают необычайной пластичностью к крайним проявлениям таких факторов, как температура и влажность, это позволяет им занимать очень разные субстраты и распространяться от Арктики и Антарктики до тропиков и пустынь [13, 14]. Именно поэтому лишайники – одни из первых организмов «пионеров», закрепляющих песчаную поверхность. Они дают начало всей растительной сукцессии.

Несмотря на свою выносливость, лишайники очень чувствительны к некоторым факторам среды. Одним из таких факторов является стабильность субстрата. Столь медленно растущий организм (скорость роста лишайников варьирует от 0,01 мм до нескольких мм в год) может

---

<sup>10</sup> криптогамные организмы это таксономическая группа, включающая мхи, печеночники, водоросли, лишайники и грибы. Слово "криптогамный" с греческого переводится как "тайнобрачные". Криптогамные организмы не имеют цветков и распространяются спорами или с помощью разнообразных типов вегетативного размножения.



развиваться только в случае, когда субстрат стабилен. Как же этот фактор ведет себя на песчаных перевеваемых дюнах? На поверхности песков появляется погребенная органика в виде опавших сосновых шишек и иголок, сухой древесины и коры сосны, древесных углей, оставшихся после пожаров, а так же моховые первичные зарастания (рис. 3 а, б).

а



б



**Рис. 3.** а -- Масса погребенной древесины и других различных растительных остатков, стабилизирующие поверхность песка; б -- Сосновые шишки, так же стабилизируют поверхность песка и сами являются субстратом для лишайников.

Эти фрагменты органики стабилизируют песчаную поверхность вокруг себя и одновременно еще являются субстратом для лишайников. А в песке всегда есть споры лишайников и вегетативные propagулы (соредии<sup>11</sup> и изидии<sup>12</sup>).

---

<sup>11</sup>Соредии представляют собой микроскопические или субмикроскопические (от 20 до 100--200 мкм в диаметре), более или менее плотные или рыхлые, зернистые, округлые структуры, лишенные сформированного корового слоя и состоящий из переплетенных гиф микобионта (гриба) и клеток фотобионта (водоросли) [9].

<sup>12</sup>Изидии формируются как мелкие поверхностные выросты таллома или в результате вторичного роста корового слоя, покрывающего лишенные коры вегетативные propagулы (например, соредии) [9].

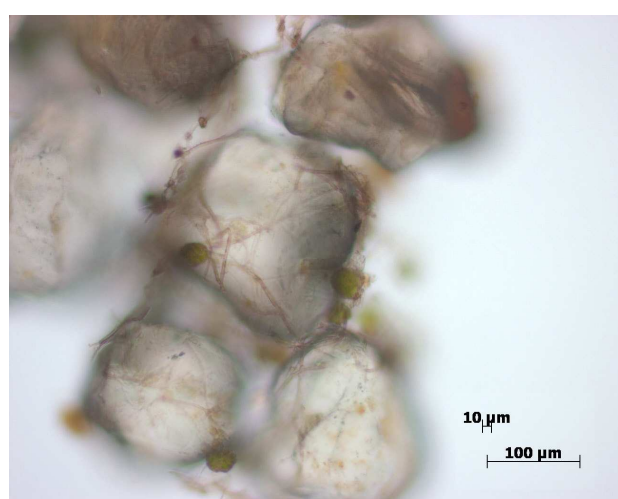


Многие виды лишайников, встречающиеся здесь, имеют органы вегетативного размножения: соралии, изидии. Поэтому диазачатков всегда достаточно для засеивания новых участков, и этот процесс идет постоянно. В результате в толще песка появляются микронеоднородности, связанные с развитием грибных гифов. Бесцветные гифы скрепляют песчинки между собой, продолжая стабилизировать поверхность песка, на глубину до 1,5 см (рис. 4а, б, в, г).

а



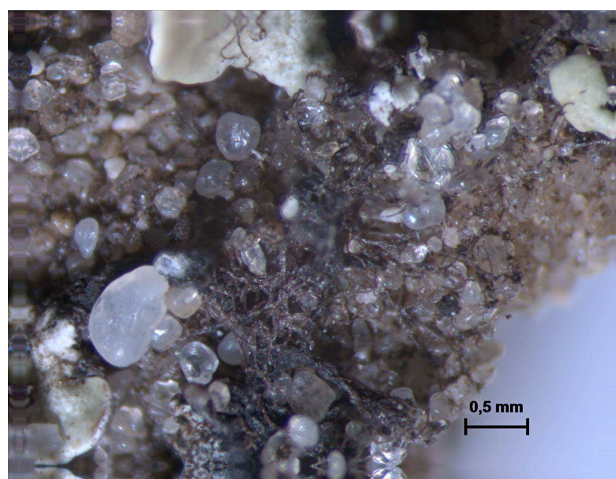
б



в



г

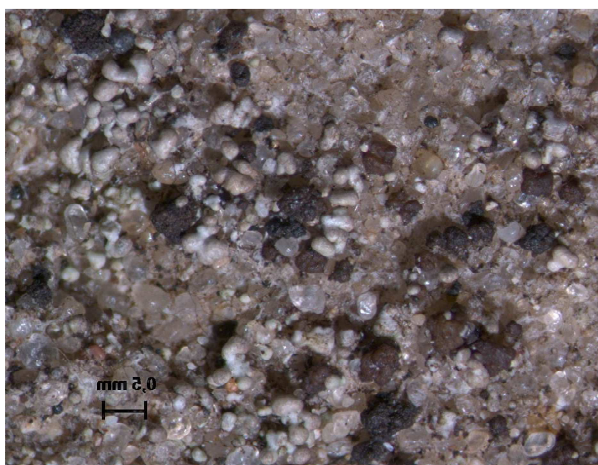


**Рис. 4.** а -- Фрагмент песка, скрепленного гифами гриба на глубину до 1,5 см; б -- Песчинки опутанные гифами гриба и фрагменты формирующегося лишайника с зелеными водорослями под микроскопом, увеличение x1000; в -- Зеленые клетки водоросли и гифы гриба образуют первые фрагменты лишайника, под микроскопом увеличение x1000; г -- Коричневые гифы гриба на поверхности песка.

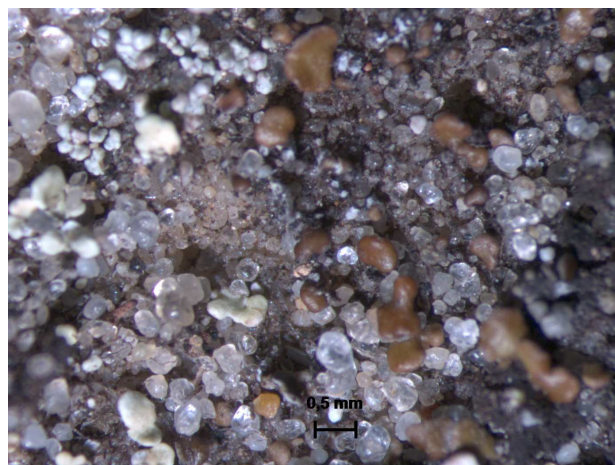
На поверхности песка тем временем идет начальная стадия формирования талломов, развивается подслоевище накипных лишайников и формируется первичное слоевище кустистых лишайников (рис. 5а, б), а затем уже идет формирование собственно талломов лишайников.

Приведем основные лишайники-пионеры на песках Центральной Якутии: это трапелиопсис гранулоза (*Trapeliopsis granulosa* (Hoffm.) Lumbsch), плацинтиелла улигиноза (*Placynthiella uliginosa* (Schrad.) Coppins & P. James, диплосхистес мускорум (*Diploschistes muscorum* (Scop.) R. Sant.), стереокаулон (*Stereocaulon* sp.), кладония шариконосная (*Cladonia coccifera* (L.) Willd.), кладония стрикта (*Cladonia stricta* (Nyl.) Nyl.). На растительных остатках, частично погребенных песком, тоже развиваются лишайники: клиостомум корrugатум (*Cliostomum corrugatum* (Ach.: Fr.) Fr., гипоценомице скаларис (*Hypocenomyce scalaris* (Ach.) M. Choisy), трапелиопсис флексуоза (*Trapeliopsis flexuosa* (Fr.) Coppins & P. James).

а



б



**Рис. 5.** а -- Первичное слоевище (серого цвета) *Stereocaulon* sp.; б -- Первичное слоевище (коричневого цвета) *Cladonia* sp.

В процессе этой пионерной стадии происходит закрепление песка гифами гриба, рост подслоевищ лишайников и создание твердой корки



на поверхности дюны. Общее проективное покрытие лишайников в этот период оценить крайне сложно, так как длительное время процесс идет без видимых внешних признаков. В ландшафте это могут быть обширные пространства песков, на которых нет видимых лишайников, мхов или сосудистых растений (рис. 15). Такие массивы могут тянуться на десятки квадратных метров, при этом разнообразие лишенобиоты на такой площади невелико, может быть 1–7 видов.



**Рис. 6. Обширные пространства песка покрытые лишайниковой коркой.**

В ландшафте это могут быть обширные пространства песков, на которых нет видимых лишайников, мхов или сосудистых растений (рис. 6). Такие массивы могут тянуться на десятки квадратных метров, при этом разнообразие лишенобиоты на такой площади невелико, может быть 1–7 видов.

Таким образом, попадая в криопустыню и видя перед собой «голые» барханы, не обманывайтесь: жизнь здесь уже началась. Пока

невидимая нашему глазу, она медленно начала свой путь, подспудно охватывая толщу песка на 1-2 см. Это грибные гифы, оплетающие песчинки, «строят» свой загадочный и великолепный мир, мир, на котором спустя десятилетия и столетия могут возникнуть роскошные луга и леса. Этот необычный мир первичной биологической пленки – грибы, лишайники, микробы и другие микроорганизмы - еще ждет своих исследователей. Только они смогут наконец сказать – что же было в начале нашего мира?

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, проект № 15-45-05129 р\_восток\_a.

#### Список литературы

1. Андреев В. Н., Галактионова Т. Ф., Перфильева В. И., Щербаков И. П. Основные особенности растительного покрова Якутской АССР -- Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. – 156 с.
2. Маак Р. К. Вилюйский округ Якутской области. – СПб., 1886. – Ч. 2. 363 с.
3. Григорьев А. А. Геоморфологический очерк Вилюйского района // Труды Совета по изучению производительных сил. Серия якутская. К десятилетию Якутской АССР. Якутская АССР. Вып. 1. Геоморфология. 1932. – 94 с.
4. Кузнецов С.С. Барханная область в Якутском крае // Природа, 1927. № 10. С. 785–790.
5. Работнов Т. А. Ландшафты песчаных образований в низовьях Вилюя // Землеведение, 1935. Т. XXXVII. С. 321–338.
6. Скрыбин С. З., Павлов П. Д., Скрыбина Е. А. Тукуланы – своеобразный ландшафт Центральной Якутии // Охрана природы Якутии. Матер. V Респ. совещ. по охране природы Якутии. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1971. С. 37–39.

7. Порядина Л. Н. Лишайники золотых образований Центральной Якутии // Материалы IX Международной НПК «Наука и современность – 2011». Новосибирск, 2011. С. 27-30

8. Галанина И. А. Лихенобиота вилюйских тукуланов (Якутия) // Современная Микология в России. Материалы III Международного микологического форума. Москва 14-15 апреля, 2015. С. 336-337.

9. Флора лишайников России: Биология, экология. Разнообразие, распространение и методы изучения лишайников / Отв. ред. М. П. Андреев, Д. Е. Гимельбрант. – М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 392 с.

10. Вика С., Намзалов Б. Б., Овчинников Г. И. и др. Пространственная структура золотых урочищ восточного побережья озера Байкал. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003. – 75 с.

11. Filion L., Payette S. Subarctic lichen polygons and soil development along a colonization gradient on eolian sands // Arctic and Alpine Research, 1989. V. 21(2). P. 175–184.

12. Büdel B. Biological soil crusts in European temperate and Mediterranean regions // Biological soil crusts: structure, function, and management. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001. P. 75–86.

13. Галанин А. А. Лихенометрия: современное состояние и направление развития метода (аналитический обзор). Магадан: СВНИ ДВО РАН, 2002. 74 с.

14. Галанин А. А. Лишайниковый симбиоз – первая попытка колонизации суши // Наука и техника в Якутии, 2011. №1 (20). С. 12-18.