

МОНИТОРИНГ ЛИШАЙНИКОВ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА В КАТОН-КАРАГАЙСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПРИРОДНОМ ПАРКЕ (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

Е.А. Давыдов¹⁾, Г.Э. Инсаров²⁾, А.К. Сундетпаев³⁾

¹⁾Россия, 656049 Барнаул, пр. Ленина, д. 61, Алтайский государственный университет; Россия, 656049 Барнаул, ул. Никитина, 111. Государственный природный заповедник «Тигирекский». eadavydov@yandex.ru

²⁾Россия, 107258 Москва, ул. Глебовская, д. 20Б, Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН; Россия; 119017 Москва, Старомонетный пер., д. 29, Институт географии РАН. insarov@lichenfield.com

³⁾Республика Казахстан, Восточно-Казахстанская область, Катон-Карагайский район, 070908 с. Катон-Карагай, ул. О.Бокеева, д. 115. Катон-Карагайский государственный национальный природный парк. sundetpaevagadil@mail.ru

Реферат. В Катон-Карагайском государственном национальном природном парке апробирована методика оценки изменений в сообществах лишайников в связи с изменениями климата. Охарактеризован видовой состав лишайников, произрастающих на каменных россыпях из крупнообломочного материала (курумах) в пределах высокогорного пояса и верхней части лесного пояса от 1460 до 2740 м над уровнем моря; выявлено 82 вида лишайников-эпилитов. Намечены экологические группы видов лишайников, различным образом изменяющих встречаемость и проективное покрытие в сообществах при движении по высотному градиенту. Виды, приуроченные к верхней полосе высокогорий, при дальнейшем потеплении могут исчезнуть с территории Парка и Алтая в целом.

Ключевые слова. Эпилитные лишайники, мониторинг, изменение климата, потепление, Алтай, Восточный Казахстан, Центральная Азия

LICHEN MONITORING IN KATON-KARAGAI NATIONAL PARK, EASTERN KAZAKHSTAN, IN CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

E.A. Davydov¹⁾, G.E. Insarov²⁾, A.K. Sundetpaev³⁾

¹⁾Altai State University, 61 Lenin Avenue, 656049 Barnaul, Russia, and Tigirek State Natural Reserve, 111 Nikitin Street, 656049 Barnaul, Russia. eadavydov@yandex.ru

²⁾Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and Russian Academy of Sciences, 20b Glebovskaya Street, 107258 Moscow, Russia, and Institute of Geography of Russian Academy of Sciences, 29 Staromonetny Lane, 119017 Moscow, Russia. insarov@lichenfield.com

³⁾ Katon-Karagai National Park, 115 Bokeev Street, 070908 Katon-Karagai, Kazakhstan. sundetpaevagadil@mail.ru

Abstract. Method for assessment of change in epilithic lichen communities under climatic stress is tested in Altai Mountains, Kazakhstan. Lichens on large fragmental rocks are studied along altitudinal gradient from 1460 to 2740 m above sea level in alpine belt, and in upper forest belt; 82 lichen species were found. Ecological groups of lichens differently modifying their occurrence and projective cover in the communities along the altitudinal gradient are outlined. Lichen species associated with the upper alpine zone are considered as threatened in Altai Mountains under further global warming.

Key words. Epilithic lichens, monitoring, climate change, global warming, Altai Mountains, Eastern Kazakhstan, Central Asia.

Введение

Тенденция повышения температуры воздуха на Алтае прослеживается с начала XVIII века по палеорекострукциям (Eichler et al., 2009; Okamoto et al., 2011). В течение последних 70-ти лет повышение температуры наблюдалось во все сезоны года по инструментальным наблюдениям практически повсеместно на территории Казахстана. Среднегодовая температура воздуха в Казахстане в этот период возрастала со скоростью 0,26°C каждые 10 лет, эта скорость выше, чем скорость увеличения среднегодовой глобальной температуры (IPCC, 2007). Анализ данных гидрометеостанции «Катон-Карагай», ближайшей к Катон-Карагайскому национальному природному парку, за последние 40 лет также выявил рост средней годовой температуры воздуха (Долгих, 2011). Отмеченное в течение последних 50-ти лет сокращение площади ледников Алтая связывают с повышением летних температур воздуха в этот период (Shahgedanova et al., 2010; Aizen, 2011).

Изменение температуры воздуха и осадков в приземном слое атмосферы вызывает ответную реакцию лишайников как на уровне организма, так и на уровне сообществ. Лишайники произрастают на

различных субстратах повсеместно, кроме территорий, постоянно покрытых снегом или льдом. В горах они встречаются во всех поясах. Лишайники используются для мониторинга отклика биоты на климатический стресс (см. Инсаров, 2002 и другие ссылки в этой работе). В ходе нашего исследования наблюдения проводились за сообществами эпилитных лишайников, так как их собственная изменчивость относительно невелика. Собственная изменчивость сообществ лишайников маскирует те изменения, которые вызываются изменениями климата. При долгосрочном мониторинге лишайников, находящихся в условиях климатических изменений, собственная изменчивость рассматривается как «шум» (Инсаров, 2002).

Определение чувствительности лишайников к изменению температуры проводится путем изучения сообществ лишайников вдоль климатических градиентов (Insarov, Insarova, 2002). В горах климатические характеристики меняются с высотой над уровнем моря, поэтому чувствительность лишайников можно оценить с помощью исследований сообществ лишайников вдоль высотного градиента. По прогнозам Межправительственной группы экспертов по изменению климата, наиболее значительные изменения климата ожидаются в горных и полярных областях (IPCC, 2007). Режим особо охраняемых природных территорий (ООПТ) обеспечивает отсутствие таких антропогенных воздействий на биоту ООПТ, как строительство, прокладка дорог, добыча полезных ископаемых, загрязнение природных сред, рубка леса или минимизирует эти воздействия. Поэтому большое значение приобретает изучение отклика биоты на изменение климата с помощью лишайников на особо охраняемых природных территориях в горах.

Изучение эпилитных лишайников в российской части Алтае-Саянского экорегиона (АСЭ) было начато в Катунском государственном биосферном заповеднике и в Природном парке «Белуха» в 2008-2009 годах (Инсаров, 2010). В рамках трансграничного сотрудничества особо охраняемых природных территорий АСЭ, в Катон-Карагайском государственном национальном природном парке проводится долговременный мониторинг сообществ эпилитных лишайников в связи с изменением климата Алтая. Цели исследования следующие: (1) предложить методологию выявления изменений в сообществах лишайников в Катон-Карагайском национальном природном парке, вызванных

изменениями климата; (2) провести базовое исследование, на основании которого последующие изменения в сообществах лишайников могут быть определены и оценены количественно.

В качестве необходимого первого шага в 2011-2012 годах проведены рекогносцировочные исследования, включающие изучение видового состава лишайников на каменных россыпях. Результаты этого изучения представлены в настоящей статье.

Природные условия Катон-Карагайского государственного национального природного парка

Парк находится в Катон-Карагайском районе Восточно-Казахстанской области, граница Парка частично проходит по границе Казахстана с Россией и Китаем. Со стороны России к территории Парка примыкают Катунский биосферный заповедник, природный парк «Белуха» и природный парк «Зона покоя Укок», со стороны Китая – природный заповедник «Канас».

Большая часть территории Парка относится к Южному Алтаю, горной стране, состоящей из системы субширотно простирающихся горных хребтов и разделяющих их межгорных понижений. В пределы Парка вошли хребты Сарым-Сакты, Тарбагатай Алтайский и Южный Алтай, а также западная часть плато Укок, южные макросклоны хребтов Листвяга и Катунский. Северные склоны хребтов – крутые уступообразные, южные – относительно длинные и пологие. Хребты Катунский (высшая точка – г. Белуха (4506 м над ур. м.) и Южный Алтай (3400 – 3500 м вблизи плато Укок) – альпийского типа, здесь расположены два центра современного оледенения. Остальные хребты более сглажены (Геология СССР, 1967; Катон-Карагайский ..., 2008). Геология Парка описана в книге Геология СССР (1967), растительный и животный мир – в книге Катон-Карагайский государственный национальный природный парк (2008).

Климат Парка резко континентальный, с большой амплитудой суточных, сезонных и среднегодовых колебаний температуры воздуха. Для территории Парка характерна сильная изменчивость метеорологических параметров (температуры, влажности, облачности и т.д.), что обусловлено строением рельефа и влиянием близлежащих ледников. Разнообразие форм рельефа приводит к образованию на сравнительно небольшой площади ряда микроклиматов, которым в равнинных условиях соответствуют

расстояния в сотни, а иногда и тысячи километров. По данным гидрометеорологической станции «Катон-Карагай» (1081 м над ур. м.), которые можно считать репрезентативными для центральной части территории парка, средние за 1971-2000 гг. характеристики имеют следующие значения. Температура приземного воздуха: годовая – 2,0°C, июля – 16,8°C; количество атмосферных осадков: годовое – 424,3 мм, июля – 57,5 мм; относительная влажность воздуха: годовая – 64%, июля – 66%. Число дней со снегом – 194. Средняя многолетняя высота снега за зиму составляет 30 см, при максимуме 74 см и минимуме 9 см. В среднегорной зоне, мощность снежного покрова колеблется от 70 до 250 см, в высокогорной превышает 250 см (Катон-Карагайский ..., 2008; Долгих, 2011; Огарь, 2010; Desmet et al., 2011).

Повышение средней годовой температуры воздуха за последние десятилетия не сопровождается изменениями в количестве и характере осадков. Относительная влажность воздуха также не изменилась (Долгих, 2011). Такое сочетание тенденций в режимах температуры и количества осадков ведет к увеличению засушливости климата, сокращению периода, когда осадки выпадают в твердом виде, к увеличению высоты нулевой изотермы в горных районах, то есть к сокращению зон, где осадки выпадают в твердом виде. Тем самым уменьшается среднее число дней со снежным покровом и увеличивается период, когда происходит фотосинтез и рост эпилитных лишайников.

Материал и методы исследования

Исследования проведены в пределах верхней части лесного пояса и в высокогорном поясе хребтов Тарбагатай Алтайский, Южный Алтай, Катунский, Листвяга и плоскогорья Укок. В ходе работы на выположенных участках каменных россыпей из крупнообломочного материала (курумов) заложены 17 пробных площадей в диапазоне высот от 1460 до 2740 м над ур. м. На каждой пробной площади на горизонтальной поверхности пяти выбранных случайным образом камней выполнены геоботанические описания лишайникового покрова и собрана коллекция эпилитных лишайников. Также для учета лишайников опробован модифицированный метод линейных пересечений (Инсаров, 2002). Гербарный материал определялся с помощью стандартных методик

световой микроскопии. Образцы хранятся в гербарии Алтайского государственного университета (ALTU).

Аннотированный список видов

В ходе работы выявлено 82 вида эпилитных лишайников; значительная часть материала требует дальнейшего изучения. Впервые для территории Катон-Карагайского национального парка в настоящей работе приводятся 72 вида; 10 видов лишайников были указаны впервые для Казахстана ранее (Davudov et al., 2012).

- *Acarospora cervina* A. Massal. – часто среди других лишайников, но в небольшом обилии на валунах и скалах. Здесь и далее под обилием вида мы понимаем его проективное покрытие.
- *Arctoparmelia centrifuga* (L.) Hale – не часто, но местами обильно, в условиях повышенной влажности воздуха в высокогорном поясе.
- *Aspicilia aquatica* Körb. – в водотоках и других местообитаниях, значительную часть года остающихся под водой.
- *Aspicilia cinerea* (L.) Körb. – постоянный вид эпилитных сообществ в лесном поясе и нижней полосе высокогорий, с высотой встречаемость падает, и вид замещается другими видами аспицилий, которые требуют дальнейшего изучения для их точной идентификации.
- *Bacidina inundata* (Fr.) Vězda – на силикатных камнях, нередко заливаемых водой по берегам водотоков.
- *Bellemerea alpina* (Sommerf.) Clauzade & Cl. Roux – единично встречен в высокогорном поясе.
- *Brodoa oroarctica* (Krog) Goward – довольно часто в высокогорных сообществах; постоянный вид эпилитно-лишайниковых тундр.
- *Calvitimela aglaea* (Sommerf.) Hafellner – часто, но в малом обилии в верхней части высокогорного пояса, обилие с высотой увеличивается.

- *Calvitimela armeniaca* (DC.) Hafellner – часто, но в малом обилии в верхней части высокогорного пояса, обилие с высотой увеличивается.
- *Candelariella aurella* (Hoffm.) Zahlbr. – часто, но в малом обилии в лесном и высокогорном поясах.
- *Candelariella vitellina* (Ehrh.) Müll. Arg. – часто, но в малом обилии в лесном и высокогорном поясах.
- *Carbonea vorticosa* (Flörke) Hertel. – часто, но в малом обилии в высокогорном поясе.
- *Dimelaena oreina* (Ach.) Norman – постоянный вид на недавно обнажившихся экспонированных поверхностях камней.
- *Immersaria athrocarpa* (Ach.) Rambold & Pietschm. – встречается достаточно редко, но талломы, как правило, довольно крупные.
- *Immersaria cupreoatra* (Nyl.) Calat. et Rambold – постоянный вид высокогорных эпилитных сообществ.
- *Lasallia pennsylvanica* (Hoffm.) Llano – довольно часто в лесном и высокогорном поясе, иногда на поздних стадиях зарастания валунов образует одновидовые сообщества.
- *Lasallia pertusa* (Rass.) Llano – на экспонированных скалах в относительно сухих условиях, в горных степях.
- *Lasallia rossica* Dombr. – часто, в относительно влажных условиях лесного и высокогорного поясов.
- *Lecanora argopholis* (Ach.) Ach. – на экспонированных скалах в относительно сухих условиях, в горных степях.
- *Lecanora baicalensis* Zahlbr. – на экспонированных скалах вместе с *Dimelaena oreina*.
- *Lecanora bicincta* Ramond – часто в высокогорном поясе и верхней части лесного.
- *Lecanora campestris* (Schaer.) Hue – на силикатных скалах в высокогорном поясе и верхней части лесного.

- *Lecanora intricata* (Ach.) Ach. – часто но в малом обилии во влажных условиях высокогорного пояса и в верхней части лесного.
- *Lecanora polytropa* (Ehrh. ex Hoffm.) Rabenh. – постоянный вид на силикатных камнях во влажных условиях высокогорного пояса.
- *Lecidea atrobrunnea* (Ramond ex Lam. & DC.) Schaer. – спорадически на силикатных камнях в высокогорном поясе.
- *Lecidea confluens* (Weber) Ach. – нередко на силикатных скалах в высокогорном поясе.
- *Lecidea lapicida* (Ach.) Ach. var. *pantherina* Ach. – часто на силикатных камнях в высокогорном поясе.
- *Lecidea paratropoides* Müll.Arg. – редко на силикатных камнях в высокогорном поясе.
- *Lecidella carpathica* Körb. – часто, но в малом обилии на экспонированных скалах в высокогорном поясе
- *Lecidella stigmathea* (Ach.) Hertel et Leuckert – нередко на скалах в лесном и высокогорном поясе.
- *Melanelia disjuncta* (Erichsen) Essl. – нередко на скалах и курумах в лесном и высокогорном поясе.
- *Melanelia stygia* (L.) Essl. – нередко на скалах и курумах в лесном и высокогорном поясе.
- *Melanelia tominii* (Oxner) Essl. – постоянный вид эпилитных сообществ на курумах.
- *Melanohalea infumata* (Nyl.) O. Blanco & al. – на камнях в верхней части лесного пояса.
- *Miriquidica deusta* (Stenh.) Hertel & Rambold – не часто на камнях в высокогорном поясе.
- *Ophioparma ventosa* (L.) Norman – на камнях в верхней части высокогорного пояса.
- *Parmelia omphalodes* (L.) Ach. – на каменистом субстрате и почве в высокогорном и лесном поясах.

- *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. – на каменистом субстрате, иногда на древесине в лесном и высокогорном поясах.
- *Physcia caesia* (Hoffm.) Fűrnr. – на скалах в горно-степных фитоценозах; нитрофил.
- *Porpidia crustulata* (Ach.) Hertel et Knoph – на камнях во влажных условиях высокогорного пояса.
- *Porpidia macrocarpa* (DC.) Hertel & A. J. Schwab – на камнях во влажных условиях высокогорного пояса.
- *Protoparmelia badia* (Hoffm.) Haffelner – постоянный вид на скалах во влажных условиях высокогорного пояса.
- *Protoparmelia cupreobadia* (Nyl.) Poelt – постоянный вид на курумах в высокогорном поясе (Davydov et al. 2012).
- *Pseudephebe minuscula* (Nyl. ex Arnold) Brodo & D. Hawksw. – нередко, но в малом обилии, на скалах в высокогорном поясе.
- *Ramalina capitata* (Ach.) Nyl. – на скалах в горно-степных фитоценозах.
- *Rhizocarpon badioatrum* (Flörke ex Spreng) Th. Fr. – нередко во влажных условиях высокогорного пояса.
- *Rhizocarpon disporum* (Nägeli ex Hepp) Müll.Arg. – нередко на скалах высокогорного пояса.
- *Rhizocarpon effiguratum* (Anzi) Th.Fr. – нередко в несомкнутых сообществах в верхней части высокогорного пояса (Davydov et al. 2012).
- *Rhizocarpon eupetraeum* (Nyl.) Arnold – спорадически встречается в высокогорном поясе.
- *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC. – постоянный вид на камнях в высокогорном поясе в широком диапазоне высот.
- *Rhizocarpon lecanorinum* Anders – спорадически встречается в высокогорном поясе.
- *Rhizocarpon pusillum* Runemark – паразитирует на *Sporastatia* spp., реже на других видах в верхней части высокогорного пояса (Davydov et al. 2012).

- *Rhizocarpon subgeminatum* Eitner – спорадически встречается в высокогорном и лесном поясе.
- *Rhizocarpon superficiale* (Schaer.) Malme – спорадически встречается в высокогорном поясе.
- *Rhizoplaca chrysoleuca* (Sm.) Zopf – часто в лесном и высокогорном поясе; нитрофил.
- *Rhizoplaca melanophthalma* (DC.) Leuckert et Poelt – часто в лесном и высокогорном поясе; нитрофил.
- *Rhizoplaca peltata* (Ramond) Leuckert et Poelt – на скалах в горно-степных фитоценозах.
- *Rimularia insularis* (Nyl.) Rambold et Hertel – нередко; паразитирует на *Lecanora bicincta*.
- *Rinodina milvina* (Wahlenb.) Th. Fr. – нередко, но в малом обилии на камнях в высокогорном поясе.
- *Rinodina parasitica* H.Mayrhofer et Poelt – единично встречен в высокогорном поясе (Davydov et al. 2012).
- *Schaereria fuscocinerea* (Nyl.) Clauzade & Roux – спорадически встречается в высокогорном поясе.
- *Sporastatia polyspora* (Nyl.) Grummann – нередко в верхней части лесного пояса.
- *Sporastatia testudinea* (Ach.) A.Massal. – постоянный вид в верхней части высокогорного пояса.
- *Tephromela atra* (Huds.) Hafellner – спорадически встречается в лесном и высокогорном поясе.
- *Tremolecia atrata* (Ach.) Hertel – часто, но в малом обилии в высокогорном поясе.
- *Umbilicaria altaiensis* J. C. Wei & Y. M. Jiang – нередко во влажных условиях высокогорного пояса (Давыдов, 2006; Давыдов и др., 2007).
- *Umbilicaria cinereorufescens* (Schaer.) Frey – редко на скалах в высокогорном поясе.
- *Umbilicaria cylindrica* (L.) Delise ex Duby – часто на камнях в высокогорном поясе и верхней части лесного.

- *Umbilicaria decussata* (Vill.) Zahlbr. – редко, на камнях в верхней части высокогорного пояса.
- *Umbilicaria deusta* (L.) Baumg. – часто на камнях в верхней части лесного пояса и нижней полосе высокогорного.
- *Umbilicaria hirsuta* (Sw. ex Westr.) Hoffm. – редко, от степного до высокогорного пояса, предпочитает скалы, посещаемые птицами.
- *Umbilicaria hyperborea* (Ach.) Hoffm. – на камнях в высокогорном поясе.
- *Umbilicaria lyngei* Schol. – часто на камнях в высокогорном поясе.
- *Umbilicaria nylanderiana* (Zahlbr.) H. Magn. – часто на камнях в высокогорном поясе.
- *Umbilicaria polaris* (Schol.) Zahlbr. (см. Davydov et al. 2011) – на скалах в высокогорном поясе, наиболее массово на обдуваемых ветром останцах на локальных вершинах.
- *Umbilicaria proboscidea* (L.) Schrad. – редко на скалах в высокогорном поясе.
- *Umbilicaria subglabra* (Nyl.) Harm. – часто на камнях в высокогорном поясе.
- *Umbilicaria torrefacta* (Lightf.) Schrad. – нередко, но в малом обилии на камнях в высокогорном поясе.
- *Umbilicaria vellea* (L.) Hoffm. – редко на камнях во влажных условиях лесного и высокогорного пояса.
- *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Hale – на камнях в горно-степных фитоценозах.
- *Xanthoparmelia stenophylla* (Ach.) Ahti & Hawksw. – на камнях в горно-степных фитоценозах.
- *Xanthoria elegans* (Link) Th. Fr. (= *Rusavskia elegans* (Link) S. Kondr. et Kärnefelt) – постоянный вид на недавно обнажившихся затененных поверхностях камней.

Заключение

Представленный список эпилитных лишайников верхней части лесного пояса и высокогорного пояса не является исчерпывающим, в него включены виды, произрастающие непосредственно на поверхности камней на каменных россыпях – курумах, в пределах площадок, выбранных для геоботанических описаний. Характеризуя изменение видового состава и встречаемости видов при движении по высотному градиенту, можно выделить несколько групп лишайников.

1. Массовые виды, встречающиеся в широком диапазоне высот – *Aspicilia cinerea*, *Dimelaena oreina*, *Lecanora bicincta*, *Lecidea lapicida*, *Melanelia tominii*, *Rhizocarpon geographicum*.

2. Виды с низким облием, встречающиеся в широком диапазоне высот – *Carbonea vorticosa*, *Immersaria athroocarpa*, *Lecanora intricata*.

3. Виды, специфических местообитаний – периодически затопляемых (*Aspicilia aquatica*, *Bacidina inundata*) или нитрофицируемых птицами (*Rhizoplaca chrysoleuca*, *Rh. melanophthalma*, *Physcia caesia*).

4. Виды, преобладающие в нижней полосе высокогорий, 1700-2400 м над ур. м., например, *Lasallia pennsylvanica*, *Protoparmelia badia*, *Umbilicaria deusta*.

5. Виды, преобладающие в верхней полосе высокогорий, выше 2300 м над ур. м. – *Brodoa oroarctica*, *Calvitimela aglaea*, *C. armeniaca*, *Ophioparma ventosa*, *Rhizocarpon effiguratum*, *Rh. pusillum*, *Sporastatia polyspora*, *S. testudinea*.

Первые две группы видов создают «фон» лишайникового покрова, виды третьей группы в своем распространении более связаны со специфическими условиями, нежели с высотой. У видов четвертой и пятой групп в изученном диапазоне высот проходит граница распространения, то есть именно они реагируют на высотноклиматический градиент и их проективное покрытие закономерно изменяется с высотой. Следовательно, можно ожидать изменений в высотном распределении этих видов и в их проективном покрытии при изменении климата. Так как при потеплении ареалы видов в горах смещаются вверх (например, Fischlin et al., 2007; Gottfried et al.,

2012; Corlett and Westcott, 2013), при дальнейшем повышении температуры виды пятой группы могут сократить зону обитания и впоследствии исчезнуть с территории Парка и Алтая в целом.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке экспедиционного фонда Российской академии наук. Авторы благодарят Е.К. Мустафина, Р.Н. Крыкбаеву, Е.М. Юрченкова за всестороннее содействие работе экспедиции, а также сотрудников Катон-Карагайского государственного национального природного парка за помощь при проведении полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР, Т. XLI – Восточный Казахстан, часть I – геологическое описание. 1967. Ред. В.П. Нехорошев. –М.: Недра. 471 С.
2. Давыдов Е.А. 2006. *Umbilicaria altaiensis* Wei et Jiang – новый вид лишайника для России, Монголии и Грузии. Ботанический журнал. Т. 91. № 8. С. 1260-1268.
3. Давыдов Е.А., Титов А.Н., Замора С.П. 2007. Дополнения к видовому составу лишайников Алтайской горной страны. II. Turczaninowia. Т. 10. №1. С. 60-67.
4. Долгих С.А. 2011. Анализ данных состояния климатических условий на территории КАСЕ за последние 40 лет. Отчет по проекту Программы развития ООН «Сохранение и устойчивое использование биоразнообразия казахстанской части Алтай-Саянского экорегиона». Астана. 22 С.
5. Инсаров Г.Э. 2002. Лишайники в условиях глобального изменения климата. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 18. –С.-Пб.: Гидрометеиздат. С. 109-141.
6. Инсаров Г.Э. 2010. Мониторинг лишайников в горных заповедниках в контексте глобальных изменений. В кн.: Изменение климата и непрерывное сохранение биоразнообразия в Алтае-Саянском экорегионе. Материалы международного совещания. Усть-Кокса – Барнаул. С. 117-127.
7. Катон-Карагайский государственный национальный природный парк. 2008. Р.Н. Крыкбаева, сост. Усть-Каменогорск. 102 С.
8. Огарь Н. 2010. Оценка уязвимости особо охраняемых территорий КАСЕ при изменении климата. Алматы. 85 С.
9. Aizen V.B. 2011. Altai-Sayan glaciers. In: Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers (Sigh V.P. (ed.)). Springer Publisher. P. 38-39.
10. Corlett, R.T. and D.A. Westcott. 2013: Will plant movements keep up with climate change? Trends in Ecology & Evolution, V.28, № 8. P. 482-488.
11. Davydov E.A., Himelbrant D.E., Stepanchikova I.S. 2011. Contribution to the study of Umbilicariaceae (lichenized Ascomycota) in Russia. II. Kamchatka Peninsula. Herzogia 24 (2). P. 229-241.

12. Davydov E.A., Konoreva L.A., Andreev M.P., Zhdanov I.S., Dobrysh A.A. 2012. Additions to the lichen biota of Altai mountains. IV. *Turczaninowia*. V. 15. No 3. P. 37-50.
13. Desmet P., Dolgikh S., Egho B., Knowls T., Payet K., Ogar N., Rouget M., Theron J.-L. 2011. An Assessment of The Protected Area Network's Vulnerability to Climate Change Impacts in the Kazakhstan Part of the Altai-Sayan Ecoregion with Recommendations for a Protected Area Adaptation Strategy. Report for the United Nations Development Program (UNDP), Conservation and Sustainable Use of Biodiversity in Kazakhstani Sector of Altai-Sayan Ecoregion (UNDP Project 00052843). Astana, Kazakhstan. June 2011. 53 P.
14. Eichler A., Olivier S., Henderson K., Laube A., Beer J., Papina T., Gäggeler H.W., Schwikowski M. 2009. Temperature response in the Altai region lags solar forcing. *Geophysical Research Letters*. V. 36. L01808, doi:10.1029/2008GL035930.
15. Fischlin A., Midgley G.F., Price J.T., Leemans R., Gopal B., Turley C., Rounsevell M.D.A., Dube O.P., Tarazona J., Velichko A.A. 2007. Ecosystems, their properties, goods, and services. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge. P. 211-272.
16. Gottfried M., Pauli H., Futschik A., Akhalkatsi M., Barancok P., Benito Alonso J.L., Coldea G., Dick J., Erschbamer B., Fernández Calzado M.R., Kazakis G., Krajci J., Larsson P., Mallaun M., Michelsen O., Moiseev D., Moiseev P., Molau U., Merzouki A., Nagy L., Nakhutsrishvili G., Pedersen B., Pelino G., Puscas M., Rossi G., Stanisci A., Theurillat J.-P., Thomaselli M., Villar L., Vittoz P., Vogiatzakis I., Grabherr G. 2012. Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change*. V. 2. P. 111-115. doi:10.1038/nclimate1329.
17. Insarov G., Insarova I. 2002. Long-term monitoring of the response of lichen communities to climate change in the Central Negev Highlands (Israel). *Bibliotheca Lichenologica*, V. 82. P. 209-220.
18. IPCC, 2007: *Climate Change 2007, 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.)) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 996 P.
19. Okamoto S., Fujita K., Narita H., Uetake J., Takeuchi N., Miyake T., Nakazawa F., Aizen V. B., Nikitin S.A., Nakawo M. 2011. Reevaluation of the reconstruction of summer temperatures from melt features in Belukha ice cores, Siberian Altai. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 116. D02110. doi:10.1029/2010JD013977.
20. Shahgedanova M., Nosenko G., Khromova T., Muraveyev A. 2010. Glacier shrinkage and climatic change in the Russian Altai from the mid-20th century: an assessment using remote sensing and PRECIS regional climate model. *Journal of Geophysical Research*. V. 115. D16107. doi:10.1029/2009JD012976.