

УДК 551.7:56:581.524.3:581.48

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ФОРМАЦИЙ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ НИЖНЕЙ ТУНГУСКИ В ПОСЛЕЛЕДНИКОВОЕ ВРЕМЯ

Кошкаров А.Д., Кошкарова В.Л.

ФИЦ КНЦ СО РАН «Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН», Красноярск,
e-mail: koshkarov.al@ksc.krasn.ru

В статье освещены результаты палеоботанического изучения двух разрезов, заложенных в торфяных отложениях на двух тестовых участках, в среднем течении р. Нижняя Тунгуска. На основании палеокарпологического и радиоуглеродного анализов реконструированы изменения растительности, климата и ландшафтов от 6500 лет назад и до современности. Материалом для исследования стали макроостатки ископаемых растений. Изменения видового состава макроостатков доминантных видов растений в каждом разрезе позволили объединить их в макрокомплексы, каждый из которых характеризует определенное время и ландшафтно-климатический режим. При анализе морфолого-анатомической физиономичности каждого ископаемого объекта по степени сохранности, проведена дифференциация их на две территориальные группы растений – локальная и сопредельная, т.е. расположенная по гипсометрическому уровню выше. В каждой группе определялся эдификатор и доминанты прошлого фитоценоза с использованием метода эколого-ценотического анализа, применяемого при фитоиндикации современных лесных экосистем и с учетом экологической приуроченности вида. Установлена динамика фитоценотической структуры растительных сообществ. Восстановление их видовой структуры позволило детализировать преобразования сукцессий с дифференциацией факторов, влияющих на их динамику. Дана количественная оценка их климатической обусловленности. Определены особенности формирования лесных сообществ во временным срезам голоцена. В период 6500–5000 лет назад при сопряженных изменениях тепла и влажности одновременно на всей территории исследования существовали южнотаежные ландшафты. Далее (5000–3000 л.н.) сформировавшаяся климатическая обстановка, вследствие наступившего похолодания, обусловила господство смешанных среднетаежных лесов. Последующее одновременное уменьшение температуры и влажности способствовало вытеснению темнохвойных формаций с доминированием в их составе двух лиственниц (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. и *Larix sibirica* Ledeb.). В настоящее время наметилась тенденция к расширению ареала темнохвойных.

Ключевые слова: Эвенкия, макроостатки, реконструкция растительности, климат, голоцен, геохронология

ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL FEATURES OF FOREST FORMATION FORMATION IN THE MIDDLE CURRENT OF THE LOWER TUNGUSKA IN LAST LATE TIME

Koshkarov A.D., Koshkarova V.L.

FIC KSC SB RAS Forest Institute named after V.N. Sukacheva SB RAS, Krasnoyarsk,
e-mail: koshkarova.vl@ksc.krasn.ru

The article highlights the results of a paleobotanical study of 2 sections laid in peat deposits at 2 test sites, in the middle reaches of the Lower Tunguska River. Based on paleocarpological and radiocarbon analyzes, changes in vegetation, climate, and landscapes from 6500 years ago to the present have been reconstructed. The material for the study was the macroremains of fossil plants. Changes in the species composition of macroremains of dominant plant species in each section made it possible to combine them into macrocomplexes, each of which characterizes a certain time and landscape-climatic regime. When analyzing the morphological and anatomical physiognomy of each fossil object according to the degree of preservation, they were differentiated into 2 territorial groups of plants – local and contiguous, i.e., located at the hypsometric level above. In each group, the edifier and dominants of the past phytocenosis were determined using the method of ecological-cenotic analysis, which is used for phytoindication of modern forest ecosystems and considering the ecological confinement of the species. The dynamics of the phytocenotic structure of plant communities has been established. The restoration of their species structure made it possible to detail the transformations of successions with the differentiation of factors influencing their dynamics. A quantitative assessment of their climatic condition is given. The features of the formation of forest communities based on the Holocene time sections have been determined. In the period 6500-5000 years ago, with conjugate changes in heat and humidity, southern taiga landscapes existed simultaneously throughout the study area. Further (5000-3000 years ago), the formed climatic situation due to the onset of a cold snap determined the predominance of mixed middle taiga forests. The subsequent simultaneous decrease in temperature and humidity contributed to the displacement of dark coniferous formations dominated by two larch trees (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. and *Larix sibirica* Ledeb.). Currently, there has been a tendency to expand the range of dark conifers.

Keywords: Evenkia, fossil macroremains, vegetation reconstruction, climate, Holocene, geochronology

Голоцен (последние 10 тысяч лет от современности) является одной из более-менее разработанных моделей для расшифровки закономерностей естественного развития лесных экосистем прошлого.

Однако определение влияния различных факторов на их формирование требует еще детального, на видовом уровне, изучения. Имеющийся к настоящему времени палинологический материал по голоцену Восточ-

ной Сибири малочисленный, интерпретация которого выполнена в основном на родовой таксономии ископаемых флор [1; 2]. Поэтому оценка особенностей влияния эколого-географических условий на организацию фитоценотической структуры регионального растительного покрова, как одного из компонентов геосистем, является определенным информационным вкладом в повышение качества реконструкции и прогноза изменений природной среды. Детальное воссоздание видовой структуры лесных сообществ, их эколого-ценотическая оценка позволят установить характер вековых сукцессионных процессов, скорость и направленность, величину сдвига природных зональных и провинциальных границ и миграционные возможности основных лесобразующих пород. Такая информация выявляет не только динамику пространственной дифференциации типов растительности, но и механизмы трансформации их структуры под воздействием различных внешних факторов в долговременной ретроспективе, и в первую очередь климата. И здесь применение палеокарпологического метода при изучении голоценовых отложений приобретает неотъемлемую часть палеоботанических исследований. Данные палеокарпологии дают таксономически наиболее богатые видовые палеокомплексы растений [1], которые лучше отражают условия среды.

Основная цель исследования – выполнить реконструкцию растительного покрова на основе палеокарпологического изучения голоценовых отложений. В ее задачи входило: выявить последовательность смен эколого-ценотических групп прошлых растительных сообществ, дать количественную оценку климата их существования и провести анализ динамики лесных формаций по гипсометрическим уровням.

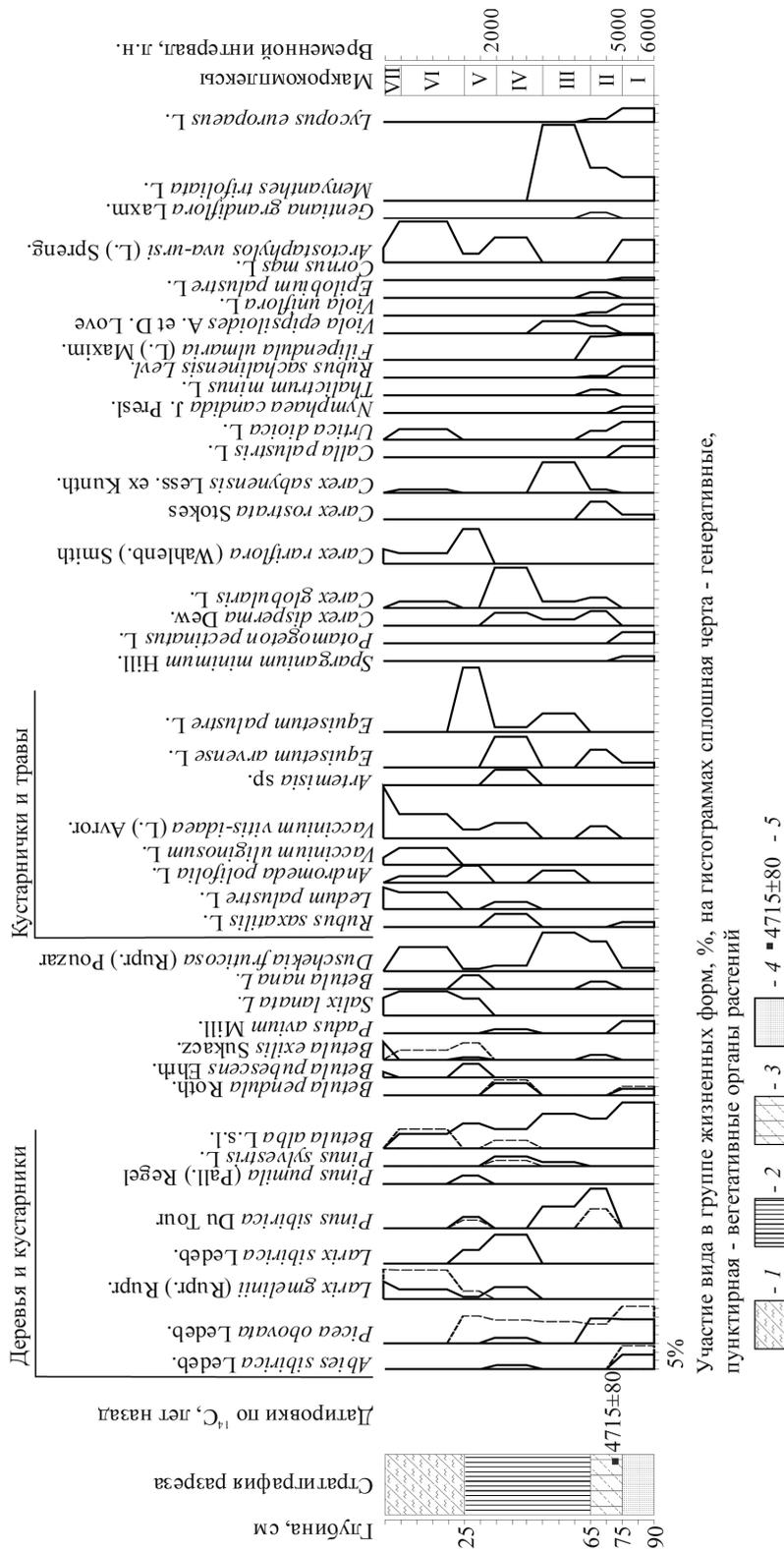
Материалы и методы исследования

В работе представлены результаты палеокарпологического исследования двух разрезов, заложенных на двух тестовых участках: западный – разрез «Порох», восточный – разрез «Бугарикта». Их территории расположены в среднем течении р. Нижней Тунгуски средней подзоны тайги в пограничной полосе с северной тайгой.

Материалом для исследования стали макроостатки ископаемых растений (семена, плоды, вегетативные части растений, обломки и уголки древесины и др.), извлеченные из голоценовых отложений. Данные видового состава макроостатков доминант-

ных видов растений в каждом разрезе позволили разделить их на макрокомплексы по лидирующим эдификаторам. Выделенные макрокомплексы – это временные интервалы, каждый из которых характеризуется своим ландшафтно-климатическим режимом.

Процедура обработки палеокарпологических данных проводилась с позиций лесоведения по общепринятой методике, с дополнениями авторов применительно к голоцену, что подробно освещалось авторами ранее [3]. Уместно отметить, что объектами палеокарпологии становятся только те остатки видов растений, которые были типичны и доминировали в прошлых фитоценозах. Особенностью применяемого авторами метода является то, что индивидуально изучается анатомо-морфологический портрет каждого ископаемого объекта. Поскольку голоценовым макроостаткам свойственна хорошая физиономичность, то помимо видовой идентификации это позволило дифференцировать их на три группы удаленности от материнского растения: локальная, сопредельная, региональная. Это хорошо диагностируется по наличию следов транспортировки на поверхности ископаемых объектов. По этому же признаку установлено, что во всех макрокомплексах остатки вегетативных частей растений по большей части являются локальными. На этой основе определялось пространственное распределение палеосообществ разной структуры и статуса. Судя по составу изученных ранее субрецентных макрокомплексов в центральной части Эвенкии (район п. Тура) [3], основная часть доминирующих и содоминирующих остатков каждого макрокомплекса в первую очередь правильно отражает растительное сообщество в точке его формирования. Содержание в комплексах остатков от 1 до 10% указывает на состав растительности, окружающей точку исследования, характеризуя лесную формацию. Участие же в комплексе остатков менее 5% и единично говорит об их привнесенности и свидетельствует о доминантах палеоландшафта. Таким образом, каждый ископаемый макрокомплекс позволяет реконструировать не только локальный тип растительности, но и местный, и региональный. Выявление эдификаторов и доминантов в прошлых растительных сообществах разного уровня проводилось с использованием метода эколого-ценотического анализа [4], применяемого при фитоиндикации современных лесных экосистем.



Участие вида в группе жизненных форм, %, на гистограммах сплошная черта - генеративные, пунктирная - вегетативные органы растений

Рис. 1. Карнограмма разреза «Порох»
 Виды торфа: 1 – осоково-сфагновый, 2 – древесный, 3 – гинново-древесный, 4 – Песок, 5 – Глубина отбора образцов на радиоуглеродный анализ и датировки по ¹⁴C

И здесь, в первую очередь, наиболее четким показателем преобразований, происходящих в растительном покрове, являлся видовой состав травяно-кустарничкового яруса, как наиболее мобильного структурного компонента, быстрее реагирующего на различные флуктуации природных условий. По результатам анализа ископаемого материала для каждого разреза построены карпограммы, отражающие изменения видового состава комплексов макроостатков растений по временным отрезкам голоцена, а, следовательно, и динамику биоразнообразия прошлых фитоценозов (например, рис. 1).

Для характеристики палеоклимата в точках исследования привлечены данные метеостанций аналоговых территорий. Основным актуалистическим источником палеорекоkonструкций стали геоботанические карты современного растительного покрова, лесоустроительные материалы, а также при заключительном анализе палеоботанического материала стала эколого-фитоценологическая карта современного растительного покрова Сибири.

Результаты исследования и их обсуждение

Западный тестовый участок расположен на правом берегу р. Нижняя Тунгуска надпойменной террасы приустьевой части р. Порох в междуречье рек Кочумдек и Тунчана. В растительном покрове здесь доминируют лиственничники зеленомошно-лишайниковые и кустарничково-моховые с примесью березы, ели, кедра и режесосны. Закладка разреза «Порох» (64°24'27" с.ш., 93°4'48" в.д.) и отбор образцов сделаны в редкостойном лиственничнике (9Л1Б) осоково-багульниково-сфагновом в окружении лиственничника лишайниково-зеленомошного с небольшой примесью березы и кедра. На основании палеокарпологического анализа образцов построена карпограмма (рис. 1) эколого-ценотических спектров комплексов макроостатков растений по временным отрезкам голоцена, которые отразили динамику трансформации растительного покрова начиная с 6000 лет назад (далее л.н.). В первой половине периода на территории господствовали пихтово-еловые и елово-кедровые, в конце с участием сосны, разнотравные леса южнотаежного облика. Далее их сменили лиственничные формации, вначале с доминированием лиственницы сибирской, затем с лиственницей Гмелина.

Восточный тестовый участок расположен на левом берегу Нижней Тунгуски в 3,5 км

на ССЗ от устья р. Бугарикта (200 км выше п. Тура). На территории наиболее высокие части водоразделов заняты лиственнично-сосновыми бруснично-багульниково-моховыми лесами с подлеском из ольхи. На менее высоких и пониженных частях господствуют разные типы кустарничково-сфагновых лиственничников. Большие площади заняты верховыми кустарничково-сфагновыми болотами. Разрез «Бугарикта» (64°0'46" с.ш., 103°4'27" в.д.) заложен на осоково-багульниково-сфагновом болоте в окружении лиственничника багульниково-брусничного с елью, который выше по уровню сменяется лиственнично-сосновым лесом толокнянково-бруснично-лишайниковым. Палеокарпологический материал, представленный в карпограмме (рис. 2), отразил смены растительности, начиная с 7000 л.н. Здесь четко проявилось господство елово-лиственничных формаций с лиственницей сибирской в первой половине периода и с лиственницей Гмелина – во второй.

Общий таксономический состав реконструированной ископаемой флоры составил 70 таксон, из них – 65 виды.

На основании синтеза палеокарпологического материала, рассмотренного выше нового и полученного ранее по анализу разрезов лесных почв в окрестностях п. Туры [3], считается, что эволюция растительного покрова в среднем течении р. Нижней Тунгуски восстанавливается по семи возрастным уровням (таблица), начиная со второй половины атлантического периода общепринятой хроностратиграфической схемы голоцена [5].

Проведенные исследования выявили существование в конце атлантического периода мягкого, более сухого и теплого климата, чем ныне. В то время территория среднего течения Нижней Тунгуски была занята в западной части темнохвойной тайгой южнотаежного облика, а в восточной господствовали смешанные леса с участием южнотаежных элементов. Далее сформировавшаяся климатическая обстановка вследствие наступившего короткопериодного похолодания способствовала большому развитию смешанных среднетаежных лесов, исчезновению пихты, но появлению сосны и укреплению позиции кедра на западе. Позже пришедшее похолодание и нарастание континентальности климата привело к вытеснению темнохвойных пород и господству лиственничных формаций вначале с доминированием *Larix sibirica*, а затем только из *Larix gmelinii*.

Динамика голоценовых растительных формаций в бассейне р. Нижней Тунгуски в голоцене

Временные периоды голоцена, лет назад	Время, датированное по ¹⁴ C, лет назад	Абсолютная высота над уровнем моря в метрах	
		100 (западная часть)	200 (восточная часть)
Современность		Лиственничная лишайниково-зеленомошная, ед. береза, кедр	Лиственнично-сосновая толокнянково-бруснично-лишайниковая
0–500	510 ± 30*	Березово-лиственничная (<i>Larix gmelinii</i>) толокнянково-брусничная	Березово-лиственничная (<i>Larix gmelinii</i>) кустарничково-моховая
0–1000	910 ± 40#	Лиственнично-кедровая (<i>Larix gmelinii</i>) бруснично-толокнянковая	Кедрово-лиственничная (<i>Larix gmelinii</i>) толокнянково-брусничная с кедровым стлаником (<i>Pinus pumila</i>)
1000–2000	1690 ± 40*	Сосново-кедровые толокнянково-брусничная (<i>Larix gmelinii</i> , <i>Larix sibirica</i>) с кедровым стлаником (<i>Pinus pumila</i>) Т°января выше на 3°С, Т°июля выше на 2°С. Годовые осадки больше на 60 мм	Сосново-лиственничная кустарничковая (<i>Larix gmelinii</i> , <i>Larix sibirica</i>)
2000–3000	2420 ± 45*	Сосново-лиственничная бруснично-толокнянковая (<i>Larix gmelinii</i> , <i>Larix sibirica</i>) Т°января ниже на 2°С, Т°июля ниже на 1°С. Годовые осадки меньше на 100 мм	Сосново-лиственничная мохово-кустарничковая (<i>Larix gmelinii</i> , <i>Larix sibirica</i>) Т°января ниже на 4°С, Т°июля ниже на 0,5°С. Годовые осадки меньше на 30 мм
3000–4000	3325 ± 45* 3910 ± 80*	Сосново-кедровая кустарничково-осоковая	Березово-кедрово-лиственничная с ольхой кустарничковая (<i>Larix sibirica</i>)
4000–5000	4715 ± 80#	Елово-кедровая разнотравно-брусничная	Елово-лиственничная (<i>Larix sibirica</i>) разнотравно-кустарничковая леса
5000–6500	5150 ± 70# 6595 ± 85*	Пихтово-еловая кустарничково-разнотравная южнотаежного облика Т°января выше на 4°С, Т°июля выше на 2°С. Годовые осадки меньше на 50 мм	Кедрово-лиственничная (<i>Larix sibirica</i>) разнотравно-кустарничковая с южнотаежными элементами леса в сочетании с лесостепными участками Т°января выше на 2°С, Т°июля выше на 1°С. Годовые осадки больше на 150 мм

Примечание. Радиоуглеродные датировки выполнены: * – в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН [1], # – в Институте геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН к.г.-м.н. Л.А. Орловой.

В последнем 2000-летнем интервале (после позднеголоценового похолодания 3000–2000 л.н.) наступившее потепление и уменьшение континентальности климата способствовало сокращению участия лиственниц в древесном пологе лесных формаций, особенно *Larix gmelinii* в западной части бассейна р. Н. Тунгуска, и укреплению позиций сосны и кедра. В это же время в подлеске принимает участие и *Pinus pumila*, ареал которого постепенно смещается на восток. Последующее похолодание и усиление континентальности постепенно преобразовало растительный покров в современный облик.

Заключение

Установлено, что в динамике лесных формаций среднего течения р. Нижней Тунгуски в голоцене проявились общие закономерности эволюции растительного покрова Центральной части Средней Сибири, выявленные по палинологическим данным.

Кроме того, корреляция полученного палеокарпологического материала с подобным палеоботаническим показывает четкое совпадение основных рубежей смен растительного покрова с хорошо датированными записями изменения природной среды Сибири [6; 7]. Выполненные исследования дополнили банк данных по видовому биоразнообразию растительности голоцена детально-региональной информацией мало изученной истории голоцена Эвенкии, что поможет надежнее строить научный прогноз для решения вопросов рационального природопользования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ – грант № 18-04-01068.

Список литературы / References

1. Бляхарчук Т.А. Последледниковая динамика растительного покрова Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области (по данным спорово-пыльцевого анализа болотных и озерных отложений): дис. ... докт. биол. наук. Томск, 2010. 519 с.

Blyakharchuk T.A. Postglacial dynamics of the vegetation cover of the West Siberian Plain and the Altai-Sayan mountainous region (according to the data of spore-pollen analysis of bog and lacustrine deposits): *dis. ... dokt. biol. nauk.* Tomsk, 2010. 519 p. (in Russian).

2. Безрукова Е.В., Белов А.В., Летунова П.П., Кулагина Н.В. Отклик природной среды Ангаро-Ленского плато на глобальные изменения климата в голоцене // *Геология и геофизика.* 2014. № 55 (4). С. 594–604.

Bezrukova E.V., Belov A.V., Letunova P.P., Kulagina N.V. The response of the natural environment of the Angara-Lena plateau to global climate changes in the Holocene // *Geologiya i geofizika.* 2014. № 55 (4). P. 594–604 (in Russian).

3. Кошкарлова В.Л., Кошкарлов А.Д. Палеоэкология и динамика лесных экосистем в Центральной части Эвенкии за последние 3000 лет // *Экология.* 2005. № 1. С. 3–10.

Koshkarova V.L., Koshkarov A.D. Paleoecology, and dynamics of forest ecosystems in the central part of Evenkia for the last 3000 years // *Ekologiya.* 2005. № 1. P. 3–10 (in Russian).

4. Назимова Д.И., Дробушевская О.В., Данилина Д.М. и др. Биоразнообразие и динамика низкогорных лесов Саян: региональный и локальный уровни // *Разнообразие и динамика лесных экосистем России.* М: Товарищество научных изданий КМК, 2012. Кн. 1. С. 131–172.

Nazimova D.I., Drobushevskaya O.V., Danilina D.M. et al. Biodiversity and dynamics of low-mountain Sayan forests: regional and local levels // *Raznoobrazie i dinamika lesnykh ekosistem Rossii.* М: Товарищество научных изданий КМК, 2012. Кн. 1. P. 131–172 (in Russian).

5. Развитие ландшафтов и климата Северной Евразии. Поздний плейстоцен – голоцен – элементы прогноза: атлас-монография. Вып. III / Под ред. Проф. А.А.Величко. М.: ГЕОС, 2010. 220 с.

Development of landscapes and climate of Northern Eurasia. Late Pleistocene – Holocene – prediction elements: atlas-monografiya. Vyp. III / Pod red. Prof. A.A.Velichko. М.: GEOS, 2010. 220 p. (in Russian).

6. Величко А.А. Эволюционная география: проблемы и решения / Отв.ред. И.И. Спасская. М.: ГЕОС, 2012. 570 с.

Velichko A.A. Evolutionary geography: problems and solutions / Otv.red. I.I. Spasskaya. М.: GEOS, 2012. 570 p. (in Russian).

7. Groisman P.A., Blyakharchuk T.A., Chernokulsky A.V., Arzhanov M.M., Marchesini L.B.M., Bogdanova E.G., Borzenkova I.I., Bulygina O.N., Karpenko A.A., Karpenko L.V., Knight R.W., Khon V.Ch., Korovin G.N., Meshcherskaya A.V., Mokhov I.I., Parfenova E.I., Razuvaev V.N., Speranskaya N.A., Chebakova N.M., Vygodskaya N.N. Climate changes in Siberia // *Regional Environmental Changes in Siberia and Their Global Consequences.* «Springer Environmental Science and Engineering» New York – London, 2013. P. 57–109.