УДК 330.15; 574.3

МЕТОД РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Г.М. Агафонов, П.Ю. Лукьянов

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия

Качество ресурсов природных систем и динамика их состояния является важным фактором благосостояния населения сельских территорий Сибири. На стационаре “Менза”, расположенном на территории Хэнтей-Чикойского нагорья (Красночикойский район Забайкальского края), с 1975 года проводятся долговременные исследования важных в экономическом значении популяций растений (в основном кедра *Pinus sibirica* Du Tour) и животных - белки (*Sciurus vulgaris* L., 1758) и соболя (*Martes zibellina* L., 1758). Динамика урожайности кедровников, как и колебания численности популяций животных в немалой степени зависят от погодных условий непосредственно в местах их месторасположения. Для оценки ресурсов, количественного и качественного прогноза их воспроизводства, как правило, недостаточно лишь данных экономической статистики. В работе предлагается методика решения этой проблемы с использованием разработанного авторами инструментария для экосистем кедровых лесов Забайкалья. Рассматриваются основные проблемы, возникающие при ретроспективном анализе наблюдений за состоянием и процессами в экосистемах южных горных лесов Забайкалья. Отмечено, что отсутствие синхронных метеоданных в локации экосистемы является основным фактором, затрудняющим интерпретацию ранее накопленных материалов наблюдений и определение характера влияния погодных условий на процессы и состояние экосистемы. Указывается на принципиальную возможность получения метеоданных в локации наблюдаемой экосистемы расчетными методами в ретроспективе до нескольких десятков лет, на основе архивов метеоданных от метеостанций Гидрометцентра России. Приводится описание разработанного авторами прибора, основным назначением которого является сбор данных, необходимых для ретроспективных расчетов погодных условий в локации наблюдаемой экосистемы.

Ключевые слова: Хэнтей-Чикойское нагорье, кедровые леса, долговременные исследования, метеоданные, искусственные нейронные сети, электрофизиологические параметры.

METHOD FOR RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON FOREST ECOSYSTEMS OF ZABAIKALYA

Agafonov G.M., Lukyanov P.Yu.

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia

The quality of resources of natural systems and the dynamics of their state is an important factor in the well-being of the population of rural areas of Siberia. At the “Menza” station, located on the territory of the Khentei-Chikoisky Upland (Krasnochikoysky District of the Trans-Baikal Territory), long-term studies of economically important plant populations (mainly cedar (*Pinus sibirica* Du Tour) and animal squirrels (*Sciurus vulgaris* L., 1758) and sable (*Martes zibellina* L., 1758). The dynamics of the yield of stone pine forests, as well as

fluctuations in the number of animal populations, to a large extent depend on the weather conditions directly in the places of their location. To assess resources, quantitative and qualitative forecast of their reproduction, both As a rule, only the data of economic statistics are not enough. The paper proposes a solution method using the tools developed by the authors for the ecosystems of the cedar forests of Transbaikalia. The main problems arising in the retrospective analysis of observations of the state and processes in the ecosystems of the southern mountain forests of Transbaikalia are considered. of weather data in the ecosystem location is the main factor that complicates the interpretation of previously accumulated observational data and the determination of the nature of the influence of weather conditions on the processes and state of the ecosystem. The authors point out the fundamental possibility of obtaining meteorological data at the location of the observed ecosystem by calculation methods in retrospect up to several decades, based on the meteorological data archives from the meteorological stations of the Hydrometeorological Center of Russia. A description of the device developed by the authors is given, the main purpose of which is to collect data necessary for retrospective calculations of weather conditions in the location of the observed ecosystem.

Keywords: Hentey-Chikoyskoye highlands, cedar forests, long-term studies, meteorological data, artificial neural networks, electrophysiological parameters.

Изучение природных популяций растений и животных как компонентов экосистемы предполагает долгосрочные и непрерывные наблюдения за их состоянием. Однако во многих случаях это труднодостижимо. Поэтому часто приходится довольствоваться непосредственными наблюдениями в основном во время критических для популяции периодов её жизни. Так, например, для прогноза урожая в лесах из кедра (*Pinus sibirica* DuTour), это будут периоды закладки женских почек, цветения, опыления и начала интенсивного роста шишек. Для популяции белки (*Sciurus vulgaris* L., 1758) особенно важны периоды гона, выхода молодняка из гнезд или полностью неурожайные на семена кедра годы.

Качество ресурсов природных систем и динамика их состояния является важным фактором благосостояния населения сельских территорий Сибири [6]. Кроме того, для успешного и устойчивого развития хозяйственной деятельности на основе возобновляемых лесных ресурсов экологически ответственное природопользование является очень важным условием. Это позволяет согласованно решать задачи экономического развития и сохранения природных систем. Существенное значение имеет время сбора семян шишек. По мнению некоторых авторов [11, 12], например, семена сосны обыкновенной в шишках созревают во второй половине августа.

Для оценки ресурсов, количественного и качественного прогноза их воспроизводства, как правило, недостаточно лишь данных экономической статистики. Требуются специальные естественно-научные исследования, учитывающие природные особенности, которые нередко являются уникальными [13].

Цель работы – разработать методику оценки экосистем кедровых лесов Забайкалья.

Методы и материалы. Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН проводит мониторинг экосистемы южных горных лесов Забайкалья (Хэнтей-Чикойское нагорье) на территории учебно-научного

стационара “Менза” [1, 2, 11]. Площадь кедровых лесов на территории нагорья составляет не менее 866.0 тыс. га, а орехопромысловых зон – 468.5 тыс. га [3], в т.ч. в Национальном Парке “Чикой”, по таксационным описаниям, кедровые леса занимают 141.5 тыс. га, а в Сохондинском заповеднике – 49.6 тыс. га. Кедровники Хэнтэй-Чикойского нагорья имеют определяющее экосистемное значение, а также играют важную экономическую роль в жизни местного населения [6].

В рамках этой работы исследуется динамика параметров некоторых популяций растений и животных, а также физические характеристики среды их обитания. На стационаре собран материал о состоянии популяций охотничьих зверей и птиц, их конкурентов и жертв за много лет.

Результаты исследования. Погодные условия не часто действуют на животных напрямую. Однако популяции растений, являющиеся для многих животных источниками пищи, в большой степени зависят от погодных явлений.

К настоящему времени на стационаре “Менза” мы имеем долговременный ряд наблюдений (до 56 лет) за урожайностью кедровников на основе подсчета следов от шишек на ветках кроны [5, 8,17]. Здесь за последние 30 лет было несколько неурожайных лет (рис. 1).

Рисунок 1 – Динамика урожайности кедровников (шт/ветку) Хэнтэй-Чикойского нагорья (фрагмент)

по горизонтали – годы исследований, по вертикали – средние показатели следов от шишек на ветках крон

Двухлетний период неурожая 1992-1993 гг. произошел из-за сильных заморозков в июне 1992 г., а последующие еще три не были связаны с летними заморозками. Предположительно, на состояние деревьев могло повлиять истощение запасов их питательных веществ в результате предыдущего длительного периода хороших урожаев (2010 г.) или недостаток влаги по причине высоких летних температур (2018 - 2019 гг.).

Основной проблемой при интерпретации материалов наблюдений и выявлении характера влияния погодных факторов на состояние экосистем является отсутствие метеоданных непосредственно в локации экосистемы. Ближайшая метеостанция Гидрометцентра России (с. Менза) находится в 70 км от места исследований и расположена в иных условиях, в частности, имеются значительные различия в высоте местности и характере ландшафта. В то же время, иногда даже незначительные различия в температуре, влажности и других факторах могут иметь существенное влияние на процессы, критические для экосистемы.

Экофизиологические исследования начались в 30-х годах прошлого века в Альпах. Вследствие того, что европейский кедр произрастает на границе леса, для исследователей это составляло логистическую трудность. В 1953 году была основана биостанция в окрестностях г. Обергургла на высоте 1960 м н.у.м., на ней проводились и проводятся до сих пор разнообразные исследования состояния и реакции отдельных частей дерева (корни, ветви, хвоя, почки) на различные факторы среды – “field climate control” (освещенность, температура, фотосинтез, поглощение CO₂). В итоге был сделан вывод о том, что необходимо изучать реакции дерева как целого организма и даже древостоя, “особенно, если мы хотим понять причины изменений внешних влияний таких как загрязненность воздуха, рост содержания CO₂, изменение ультрафиолетовой радиации и многого другого” [14].

Необходимость получения данных о погодных условиях непосредственно в естественных условиях района наблюдений, в т.ч. и в ретроспективе до нескольких десятков лет, стала толчком для разработки специализированного прибора - измерителя биофизических параметров экосистем (далее БФП-метр). Возможности современной микроэлектронной базы (микроконтроллеры, цифровые датчики, модули электронной памяти и т.п.) позволяют в настоящее время сконструировать малогабаритное автономное многофункциональное измерительное устройство с низким уровнем энергопотребления и сравнительно невысокой себестоимостью, которое может быть размещено непосредственно на любом объекте в районе наблюдений. Кроме того, большая избыточность элементной базы дает возможность производить измерения и регистрацию по предустановленному расписанию не только стандартных метеоданных (температура и влажность воздуха, атмосферное давление, осадки и т.п.), но и большого числа дополнительных параметров. Учитывая, что электрофизиологические параметры растений, в частности, их биоэлектрические потенциалы (БЭП) и электрическое сопротивление являются высокочувствительными индикаторами состояния не только самого растения, но и экосистемы в целом [16], было решено разработать прибор, сочетающий функции, как стандартной метеостанции, так и измерителя некоторых биофизических параметров объектов наблюдения.

БФП-метр представляет собой автономное электронное устройство, предназначенное для проведения по предустановленной программе измерений параметров, характеризующих текущее состояние экосистемы, в том числе и метеопараметров, с последующей их регистрацией на встроенный электронный носитель. Электрическое питание прибора осуществляется от двух свинцово-кислотных аккумуляторов номинальным напряжением 6 вольт, подзарядка которых в светлое время суток производится от солнечной батареи. Длительность автономной работы прибора (при отсутствии подзарядки аккумуляторов) составляет не менее 3 месяцев. Иными словами прибор способен измерять и регистрировать все параметры с периодом в 1.5 часа, а продолжительность непрерывной работы при этом определяется объемом установленного электронного носителя информации. Тестирование прототипа прибора производилось в течение 4 месяцев на стволе дерева лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.).

На рис. 2 приведены данные, полученные в ходе тестирования, с эффектами, наблюдавшимися при выпадении осадков в виде дождя и мокрого снега. Так, после полуночи 20.10.19 наблюдалось существенное увеличение значения БЭП на стволе дерева от -40 mV до +39 mV. Наблюдаемый эффект аналогичен отмеченному в работе [12] при ирригации растения в искусственных условиях. Однако в нашем случае имело место не только существенное изменение БЭП, но также и смена его полярности.

Рисунок 2– Фрагмент данных, полученных в ходе тестирования прибора

Единицы условные. Обозначения на графиках: Tcrown – температура в кроне дерева; Tlateral – температура на боковой ветви дерева; Tsoil – температура почвы на глубине 0.1 метра; Tsouth – температура с южной стороны ствола дерева; Illum – освещенность с южной стороны дерева; Precip – интенсивность осадков; EMFsoil – БЭП между электродами, установленными в почву параллельно радиальному корню дерева; RESsoil – электрическое сопротивление почвы; EMFtrunk – БЭП между электродами, установленными в ствол дерева; REStrunk – электрическое сопротивление ствола дерева; Tair – температура воздуха; PRESSatm – атмосферное давление; HUMair – относительная влажность воздуха.

Прибор предполагается прикрепить к стволу кедрового дерева на высоте 2.5 - 3 метра от поверхности почвы на территории учебно-научного стационара “Менза”. Датчики температуры будут размещены в верхней части кроны на уровне концов вершинных веток; датчики осадков, освещенности и температуры на боковой ветви с южной стороны дерева. Датчик температуры почвы будет расположен у комля дерева на глубине 0.2 метра. Электроды для измерения БЭП и электрического сопротивления планируется установить на ствол дерева с разностью в высоте в один метр (1-я пара) и на том же расстоянии в почве параллельно одному из радиальных корней растения (2-я пара).

Таким образом, метеоданные, регистрируемые прибором, позволят провести анализ результатов наблюдений за процессами в экосистеме в их взаимосвязи с погодными факторами и впервые выполнить долговременные исследования динамики БЭП и электрического сопротивления для *Pinus sibirica* Du Tour в естественных условиях южных горных лесов Забайкалья. Предположительно, в зимнее время могут быть обнаружены эффекты, связанные с образованием в капиллярах растения особых форм льда, обладающих сегнетоэлектрическими свойствами [4].

Метеоданные, зафиксированные прибором за период от одного года и до нескольких лет, совместно с синхронными им рядами метеоданных, полученных на ближайших метеостанциях Гидрометцентра РФ (с.Менза, п.Красный Чикой и с.Кыра), могут обеспечить решение также задач расчета метеопараметров для локации наблюдаемой экосистемы в ретроспективе до нескольких десятков лет, совпадающих с периодичностью работы метеостанций.

Отметим, что для метеопараметров, фиксируемых на достаточно близко расположенных метеостанциях (до 200 км), изначально характерна высокая степень корреляции. Это объясняется тем, что образования в атмосфере Земли, обуславливающие формирование погоды (циклоны, антициклоны, атмосферные фронты), обыкновенно имеют значительные размеры. В частности, практически совпадают по времени изменения таких метеопараметров, как атмосферное давление, температура и т.п. Однако их абсолютные значения могут значительно отличаться из-за высоты местности и других факторов. Особенно существенные различия могут наблюдаться в количестве и продолжительности осадков, а также в моментах наступления заморозков.

В настоящее время известны различные методы получения и прогнозирования метеопараметров в требуемой локации на основе метеоданных, регистрируемых сетью фиксированных метеостанций. Подобные задачи решаются как путем применения физических законов к процессам в атмосфере, так и при помощи искусственных нейронных сетей (ИНС) [15]. Гибридным способом решения данной задачи является получение в аналитическом виде основных закономерностей между рядами

метеопараметров на основе физических законов, с их последующим уточнением для конкретной локации методом множественной регрессии [7].

Заключение. На основании вышеизложенного предполагается следующая последовательность действий определения погодных условий, в ретроспективе до нескольких десятков лет в локации наблюдаемой экосистемы. При помощи БФП-метра производится полуторачасовая регистрация метеопараметров в локации наблюдаемой экосистемы. Оценочно, для решения основной задачи потребуется не менее 1.5 – 2 лет непрерывных измерений. По мере накопления метеоданных, производится анализ их взаимосвязей и закономерностей с синхронными и метеоданными, полученными на ближайших метеостанциях. По-видимому, оптимальным в плане трудозатрат методом в данном случае является обучение ИНС на этих рядах метеоданных [10]. Однако на этом этапе является возможным и описание искомых закономерностей в виде аналитических формул на основе физических законов с использованием алгоритмов множественного регрессионного анализа [9].

На основе архивов метеоданных от метеостанций с использованием обученной на предыдущем этапе ИНС (или полученных регрессионных формул) производится расчет метеопараметров в локации наблюдаемой экосистемы. Детальность и ретроспективная “глубина” расчета метеопараметров для экосистемы определяется, в конечном итоге, детальностью и “глубиной” архивов метеоданных метеостанций.

Параллельно рассмотрены возможные расчетные способы ретроспективного определения погодных условий в локации экосистемы. Обоснована необходимость сбора метеоданных, которые требуются для обучения искусственной нейронной сети и получения регрессионных формул. Разработаны аппаратные средства для осуществления сбора метеоданных в локации наблюдаемой экосистемы и выполнения долговременных исследований физиологии *Pinus sibirica* DuRoi, в т.ч. динамики БЭП и электрического сопротивления, в естественных условиях горных лесов юга Забайкалья.

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием по проектам XI.174.1.8. и IX.137.1.3. Программы фундаментальных исследований СО РАН.

Поступила в редакцию 14 августа 2020 г.

Список литературы

1. Агафонов Г.М. Научный стационар в бассейне реки Менза / Г.М. Агафонов // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия – Китай– Монголия // Чита: Поиск, 2012. - Вып. 3.–Ч. 1. – С. 10 - 14.
2. Агафонов Г.М. Угрозы для кедровых лесов Хэнтей-Чикойского нагорья / Г.М. Агафонов // Актуальные проблемы лесного комплекса// Сб. науч. трудов по итогам междунар. науч.-тех. конф. // Брянск: БГИТА, 2012. – Вып. 31. — С. 85-88.
3. Бобринев В.П. Кедровые леса Восточного Забайкалья / В.П. Бобринев, Л.Н. Пак, В.В. Фищенко –Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 264 с.
4. Бордонский Г.С. Признаки возникновения льда “0” в увлажненных нанопористых средах при электромагнитных измерениях / Г.С. Бордонский, А.О. Орлов // Письма в

ЖЭТФ. – 2017. – Т. 105. – №7-8. – С. 483 - 488.

5. Воробьев В.Н. Метод ретроспективного изучения динамики семеношения *Pinus sibirica* DU TOUR (PINACEAE) / В.Н.Воробьев // Бот. журн. – 1979. – Т. 64 (7). – С. 971-974.

6. Глазырина И.П. Сельская экономика далекого приграничья: природные активы и теневая занятость / И.П. Глазырина, Г.М. Агафонов // ЭКО Всеросс. эконом. журн. – 2017. – № 9. – С. 144-156.

7. Лукьянов П.Ю. Численное построение регрессий произвольными функциями многих переменных / П.Ю. Лукьянов, А.Д. Гришкин, Т.В. Иванова // Дифференциальные уравнения и аналитическая теория // Чита: ЧитГПТУ, 1999. –104 с.

8. Некрасова Т.П. К методике изучения динамики плодоношения у хвойных / Т.П. Некрасова //Изв. восточных филиалов АН СССР. – 1957. – № 6. – С. 138-145.

9. Сосновчик Ю.Ф., Физико-математическая модель преодоления огнем фронт препятствия в виде барьера в условиях низового лесного и степного пожаров /Ю.Ф. Сосновчик, П.Ю. Лукьянов // Ученые записки Забайк. ГУ. – 2019. – Т.14. – № 3. – С.75-87. DOI:10.21209/2308-8761-2019-14-3-75-87.

10. Юркин В.М. Исследование и сравнительный анализ работы нейронных сетей для решения проблемы метеопрогноза / В.М. Юркин // ComputerScience. “YoungScientist”. – June 2016. – No. 11(115).– pp. 243-254.

11. Юсупова (Евсеева) Н.А. Оценка семенной продуктивности хвойных пород и качества посевного материала / Н.А. Юсупова (Евсеева), Н.А. Никулина// Вестник ИрГСХА. – 2019. – Вып.94. – С. 112-118.

12. Юсупова (Евсеева) Н.А. Состояние лесосеменных объектов в Иркутской области/ Н.А. Юсупова (Евсеева), Н.А. Никулина// Вестник ИрГСХА. – 2020. – Вып.97. – С. 125-134.

13. Agafonov G.M., Yerdakov L.N. Cycles of abundance dynamics of squirrel (*Sciurus vulgaris*, L.) in Transbaikalia, Russia // 2-nd International symposium on hunting “Modern aspects of sustainable management of game population”.Publisher: University of Novi Sad, Faculty of Agriculture. Editor of chief: Prof. dr. Milos Beuković. – 17-20 October, 2013. – pp. 158-161.

14. Luis A. Gurovich. Electrophysiology of Woody Plants // Publisher InTech. – 2012. – 25 p.

15. Nature. - 2019.–Vol. 578. – p. 489.

16. Rudolf Häslер Ecophysiological Investigations on Cembran Pine at Timberline in the Alps, an Overview. Proceedings. – International Workshop on Subalpine Stone Pines and Their Environment: the Status of Our Knowledge. St. Moritz, Switzerland. – September 5-11, 1992. – p. 61-66.

17. Scher Sebastian and Messori Gabriele. Weather and climate forecasting with neural networks: using general circulation models (GCMs) with different complexity as a study ground // GMD. – 2019.

18. Volkov A.G. Editor, Plant Electrophysiology – Signaling and Responses // Springer, NY. – 2012. – 377 p.

19. Vorobjev V.N., Goroshkevich S.N., Savchuk D.A. New Trend in Dendrochronology: Method of Retrospective Study of Semiference Dynamics in Pinaceae. Proceedings. – International Workshop on Subalpine Stone Pines and Their Environment: the Status of Our Knowledge. St. Moritz, Switzerland. – September 5-11, 1992.– p. 201-204.

References

1. Agafonov G.M. *Nauchnyjstacionar v bassejnerekiMenza*. [Scientific station in the Menza river basin]. Rossiya – Kitaj – Mongolija, Chita, 2012, vol. 3 (1), pp. 10-14.

2. Agafonov G.M. *Ugrozy dlja kedrovых лесов Hjentej-Chikojskogonagor'ja. Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Threats to the cedar forests of the Khentei-Chikoy Highlands]. Bryansk, 2012, vol. 31, pp. 85-88.
3. Bobrinev V.P., Pak L.N., Fishchenko V.V. *Kedrovyje lesa Vostochnogo Zabajkal'ja* [Cedar forests of Eastern Transbaikalia]. Novosibirsk, 2004, 264 p..
4. Bordonskiy G.S., Orlov A.O. *Priznaki vozniknovenija l'da "0" v uvlazhnennyh nanoporistyh sredah pri elektromagnitnyh izmerenijah* [Signs of the formation of ice "0" in humid nanoporous media during electromagnetic measurements]. *Pis'ma v ZhETF*, 2017, vol. 105, no. 7-8, pp. 483-488.
5. Vorobyev V.N. *Metod retrospektivnogo izuchenija dinamiki semenoshenija Pinus sibirica Du Tour (Pinaceae)* [Method of retrospective study of the dynamics of seed production *Pinus sibirica Du Tour* (Pinaceae)]. *Botanicheskiy zhurnal*, 1979, vol. 64 (7), pp. 971-974.
6. Glazyrina I.P., Agafonov G.M. *Sel'skaja ekonomika dalekogo prigranich'ja: prirodnye aktivy i tenevajazanjatost'* [Rural Economy of the Far Border Region: Natural Assets and Shadow Employment]. *JeKOVserossijskij ekonomicheskij zhurnal*, 2017, no. 9, pp. 144-156.
7. Lukyanov P.Yu. et al. *Chislennoe postroenie regressij proizvol'nymi funkcijami mnogih peremennyh* [Numerical construction of regressions by arbitrary functions of many variables]. *Differencial'nye uravnenija i analiticheskaja teorija*, Chita: ChitGPTU, 1999, p. 104.
8. Nekrasova T.P. *K metodike izuchenija dinamiki plodonoshenija u hvojnyh* [To the method of studying the dynamics of fruiting in conifers]. *Izvestija vostochnyh filialov AN SSSR*, 1957, no. 6, pp. 138-145.
9. Sosnovchik Yu.F., Lukyanov P.Yu. *Fiziko-matematicheskaja model' preodolenija ognennym frontom prepjatstvija v vide bar'era v uslovijah nizovogo lesnogo i stepnogo požarov* [Physical and mathematical model of overcoming an obstacle by a fire front in the form of a barrier in the conditions of grassland forest and steppe fires]. *Uchenye zapiski Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 75-87.
10. Yurkin V.M. *Issledovanie i sravnitel'nyj analiz raboty nejronnyh setej dlja reshenija problemy meteoproгноza* [Research and comparative analysis of the operation of neural networks to solve the problem of weather forecast]. *Computer Science. "Young Scientist"*, June 2016, no. 11(115), pp. 243-254.
11. Jusupova (Evseeva) N.A., Nikulina N.A. *Ocenka semennoj produktivnosti hvojnyh porod i kachestva posevnogo materiala* [Evaluation of seed productivity of conifers and quality of seed]. *Vestnik IrGSHA*, 2019, no. 94, pp. 112-118.
12. Jusupova (Evseeva) N.A., Nikulina N.A. *Sostojanie lesosemennyyh ob'ektov v Irkutskoj oblasti* [Condition of forest seed objects in the Irkutsk region]. *Vestnik IrGSHA*, 2020, no. 97, pp. 125-134.

Сведения об авторах

Агафонов Геннадий Максимович – научный сотрудник. Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (672014, Россия, г. Чита, ул., Недорезова, д. 16а, тел. +79244785160, e-mail: agmles51@gmail.com).

Лукьянов Павел Юрьевич – ведущий инженер. Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (672014, Россия, г. Чита, ул., Недорезова, д. 16а., тел. +79644663210, e-mail: lgc255@mail.ru).

Information about authors

Agafonov Gennady M. - Researcher. Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS (16a, Nedorezova St., Chita, Russia, 672014, tel. +79244785160, e-mail: agmles51@gmail.com).

Lukyanov Pavel Y. - Leading Engineer. Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS (16a, Nedorezova St., Chita, Russia, 672014, tel. +79644663210, e-mail: lgc255@mail.ru).