

Рус. УДК 630.182

*Показатели качества семян сосны (Pinus sylvestris) как биоиндикатора устойчивости лесов на территории Забайкальского края*

Пак Лариса Николаевна<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН», г. Чита, Забайкальский край, Россия; [pak\\_lar@bk.ru](mailto:pak_lar@bk.ru)

*Аннотация:*

К одному из наиболее чувствительных критериев по оценке воздействия внешней среды на популяционном уровне организации лесных экосистем относят репродуктивную способность. Значимыми показателями данного критерия являются: масса 1000 штук семян и их посевные качества. Сосна обыкновенная обладает достаточной чувствительностью к разного рода воздействиям окружающей среды и способна отвечать на них. Одним из достоинств сосны как биоиндикатора является длительность (около 27 месяцев с момента закладки генеративных органов до вылета семян) ее репродуктивного цикла. За столь длительный период развития семян накапливается достаточное количество ДНК повреждений для индикации воздействия окружающей среды. Цель данной работы – анализ изменчивости показателей репродуктивной способности сосны обыкновенной по лесорастительным зонам и районам Забайкальского края для сохранения устойчивого и полноценного возобновления данной древесной породы. Ретроспективный анализ материалов Читинской зональной лесосеменной станции проводили с 1970 года (с момента ее организации) по 2016 год. Реакция показателей, характеризующих репродуктивную способность сосны, на внешние (стрессовые) условия, неоднозначна. Наиболее чувствительным показателем явилась энергия прорастания, которая снижалась интенсивнее всхожести. Разница между средними многолетними данными энергии прорастания и всхожести семян не превышала 10%, что говорит о хорошей потенциальной продуктивности семян, их вызревании, о способности давать дружные всходы и о выживаемости растений. В целом, в динамике массы 1000 штук семян, энергии прорастания и всхожести по годам отмечалось увеличение. Очевидно, что в экстремальных (пессимальных) условиях произрастания, снижение или увеличение массы 1000 штук семян и их посевных качеств – является универсальной и главной адаптационной реакцией. Сформировавшись на протяжении веков, данная особенность является обязательным условием устойчивости сосны к неблагоприятным факторам. Это определяет основное интегральное свойство этого вида – толерантность.

*Ключевые слова:* сосна обыкновенная, масса 1000 штук семян, энергия прорастания, всхожесть, изменчивость. Забайкальский край.

**Eng.** *Indicators of quality pine seed (Pinus sylvestris) as a bioindicator of forest sustainability on the territory of Baikal region*

*Pak Larisa Nikolaevna*

<sup>1</sup>ФГБУН "Institute of natural resources, ecology and Cryology of SB RAS", Chita, Zabaykalsky Krai, Russia. [pak\\_lar@bk.ru](mailto:pak_lar@bk.ru)

*Abstract:*

One of the most sensitive criteria for assessing environmental impacts at the population level of organization of forest ecosystems include reproductive capacity. Significant indicators of this criterion are: the mass of 1000 pieces of seeds and their sowing qualities. Pine has sufficient sensitivity to various environmental influences and is able to answer them. One of the advantages pine as a bioindicator is the duration (about 27 months from the laying of the generative organs before departure seed) in its reproductive cycle. For such a long period of development, seeds accumulate enough DNA damage to indicate the effects of the environment.

Пак Л. Н., *Показатели качества семян сосны (Pinus sylvestris) как биоиндикатора устойчивости лесов на территории Забайкальского края* // «Живые и биокосные системы». – 2017. – № 21; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-21/article-7>

The aim of this work is the analysis of variability of indicators of reproductive ability of a *Pinus sylvestris* forest areas and areas of Transbaikalian edge, in order to sustain and a full resumption of this tree species. Retrospective analysis of the materials of the Chita zonal forest seed station was carried out since 1970 (since its organization) and 2016. The reaction of the indicators of reproductive ability of pines to external (stress) conditions, is ambiguous. The most sensitive indicator was the energy of germination, which was reduced more intensively germination. The difference between the long-term average germination energy and seed germination did not exceed 10%, indicating good potential productivity of seeds and their aging, about the ability to give a lot of seedlings and survival of plants. Overall, in the dynamics of the mass of 1000 seeds, germination energy and germination for years, there was an increase. Obviously, in extreme (severe) conditions of growth, decrease or increase the weight of 1000 pieces of seeds and their sowing qualities – is universal and the main adaptive reaction. Formed over the centuries, this feature is a prerequisite for the sustainability of the pine to adverse factors. It defines the basic integral property of this kind is tolerance.

*Key words: pine, weight of 100 pieces of seeds, energy of germination, germination rate, variability. Zabaykalsky Krai.;*

## Введение

Одной из важных особенностей современного климата является его глобальное потепление, особо быстро начавшееся с 70-х годов прошлого столетия и продолжающееся по настоящее время. Потепление климата в сочетании с возрастающими антропогенными нагрузками оказывают значительное влияние на ход роста и отпад деревьев, взаимоотношение древесных пород и динамику возобновления лесов. Предполагается, что в будущем, это влияние приведет к изменению экосистемного и видового составов растительности, смещению границ ее распространения [7, 8].

В этих условиях, биоиндикация, как инструмент наблюдения за состоянием внешней среды, позволит изучить уровень ее влияния на лесные экосистемы и дать локальный экологический прогноз.

К одному из наиболее чувствительных критериев по оценке воздействия внешней среды на популяционном уровне организации лесных экосистем относят репродуктивную способность [4, 5]. Значимыми показателями данного критерия являются: масса 1000 штук семян и их посевные качества. Показатели качества семян могут снижаться вследствие неблагоприятных условий нормального процесса образования репродуктивных структур.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) как одна из основных лесообразующих пород в Забайкальском крае, на долю которой приходится около 9% покрытой лесом площади (по состоянию на 01.01.2016 г.), обладает достаточной чувствительностью к разного рода воздействиям окружающей среды и способна отвечать на повреждения на разных уровнях организации (молекулярном, клеточном, организменном, популяционном). Она является видом-эдификатором, имеющим высокую хозяйственную ценность и используется в лесоразведении и лесовосстановлении края. Одним из

достоинств сосны как биоиндикатора является длительность (около 27 месяцев с момента закладки генеративных органов до вылета семян) ее репродуктивного цикла. За столь длительный период развития семян накапливается достаточное количество ДНК повреждений для индикации воздействия окружающей среды.

### **Материал и методы исследований**

Одним из возможных способов получения реальных представлений о состоянии сосновых лесов Забайкальского края по репродуктивной способности, является ретроспективный анализ материалов Читинской зональной лесосеменной станции с 1970 года (с момента ее организации) по 2016 год.

Изучению подлежали такие показатели семян как: масса 1000 штук семян, энергия прорастания, всхожесть.

Показатели качества семян рассматривали с учетом Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесорастительных районов Российской Федерации [6]. Согласно, этого документа на территории Забайкальского края выделяется две лесорастительные зоны: Лесостепная и Южно-Сибирская горная зона. Лесостепная зона включает Забайкальский лесостепной район, а Южно-Сибирская горная зона – Байкальский горный лесной район, Забайкальский горно-мерзлотный район и Забайкальский горный лесной район (рис.1).

Статистическую обработку полевых материалов проводили в программе Excel.

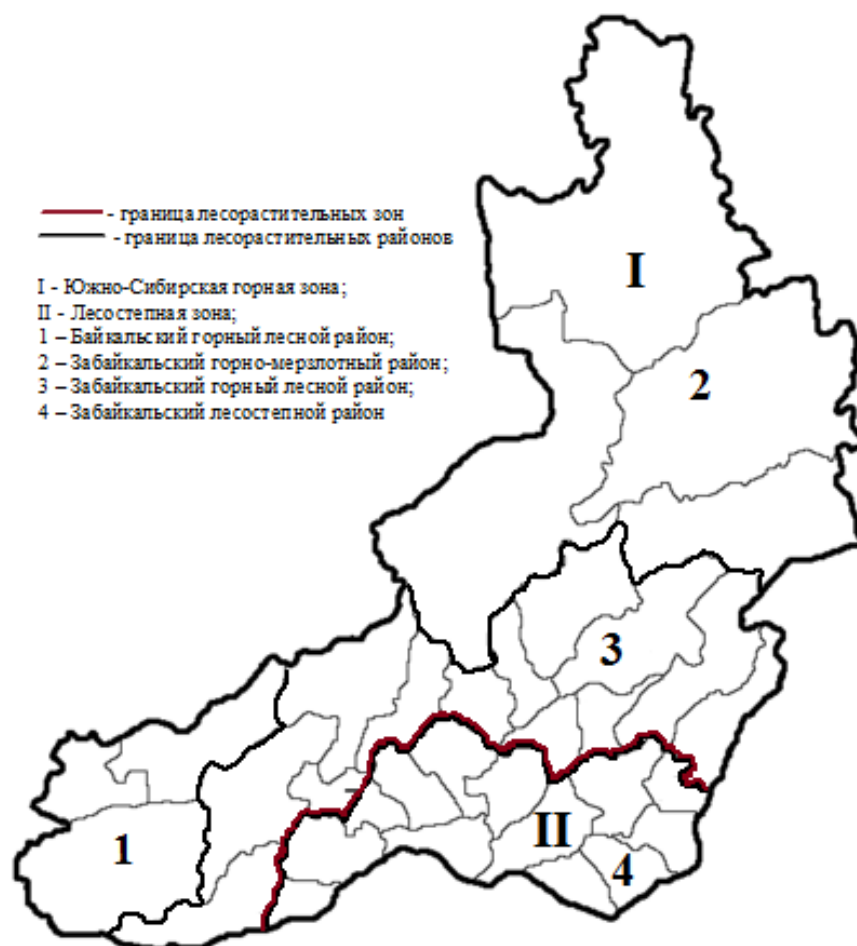


Рис.1 – Схема размещения лесорастительных зон и лесорастительных районов на территории Забайкальского края

### Результаты исследований и их обсуждения

Изменчивость массы 1000 штук семян сосны по лесорастительным зонам и районам края (согласно, шкалы, предложенной С.А. Мамаевым) за 46-летний период характеризуется низким уровнем [3]. Это говорит о том, что популяция, несмотря на достаточно разные абсолютные значения лимитов изменчивости, имеет сходные средние показатели и приспособилась к местным условиям внешней среды. В Южно-Сибирской горной зоне внутрипопуляционная изменчивость массы семян сосны варьирует от 4,4 до 7,0 г и в среднем составляет 5,8 г; в Лесостепной зоне – от 5,7 до 8,9 г и 7,5 г соответственно. Между зонами прослеживаются достоверно значимые различия ( $F_{\text{факт.}} 6,12 > F_{\text{теор.}} 3,96$ ).

Рядом авторов установлена зависимость массы 1000 штук семян от суммы эффективных температур: с повышением температуры воздуха масса семян увеличивается [1, 2]. Поэтому изменчивость данного показателя подчиняется широтной зональности. При продвижении с севера на юг края, масса 1000 штук семян сосны обыкновенной увеличивается в среднем от 5,6 г (лимиты Пак Л. Н., Показатели качества семян сосны (*Pinus sylvestris*) как биоиндикатора устойчивости лесов на территории Забайкальского края // «Живые и биокосные системы». – 2017. – № 21; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-21/article-7>

4,4—6,7 г) в Забайкальском горно-мерзлотном районе до 7,5 г (лимиты 5,7—8,9 г) в Забайкальском лесостепном районе. В связи с отсутствием ежегодной заготовки семян сосны в Забайкальском горно-мерзлотном районе, различий между этими районами по массе 1000 штук семян установить не удалось ( $F_{\text{факт.}} 3,01 < F_{\text{теор.}} 4,00$ ).

Существенные различия данного показателя обнаруживаются между западными и восточными популяциями сосны ( $F_{\text{факт.}} 5,65 > F_{\text{теор.}} 3,96$ ). В этом направлении отмечается тенденция увеличения массы 1000 штук семян в среднем с 5,9 (лимиты 5,3—6,8) в Байкальском горном лесном районе до 6,1 г (лимиты 5,4—7,0) в Забайкальском горном лесном районе.

В динамике массы 1000 штук семян по годам в целом прослеживается видимое увеличение (рис.2).

В Южно-Сибирской горной зоне, за весь рассматриваемый период, можно выделить несколько отрезков времени, характеризующихся однородностью среднегодовых показателей изменчивости (циклов). Первый цикл охватывает годы неблагоприятных факторов, влияющих на репродуктивную функцию сосны. Это предурожайные и урожайные годы с 1978 по 1987 с минимумом на 1982 год. В этот 10-летний период у 70 % учетных лет наблюдалось снижение массы 1000 штук семян ниже среднего многолетнего уровня (5,6 г), очевидно, в результате формирования партеноспермических семян. С 1988 года диапазон изменчивости начал расширяться. Второй цикл охватил 11-летний период, в котором у 54 % учетных лет масса 1000 штук семян превысила массу 6,0 г. В 1994 году отмечалась максимальная точка данного цикла. Третий, 9-летний цикл (1999—2007), имел максимальные значения в 2003 году. Четвертый цикл начался с 2008 года и продолжается до сих пор. За этот 10-летний период максимум массы 1000 штук семян отмечался в 2013 году. Данный показатель превысил массу 8,0 г.

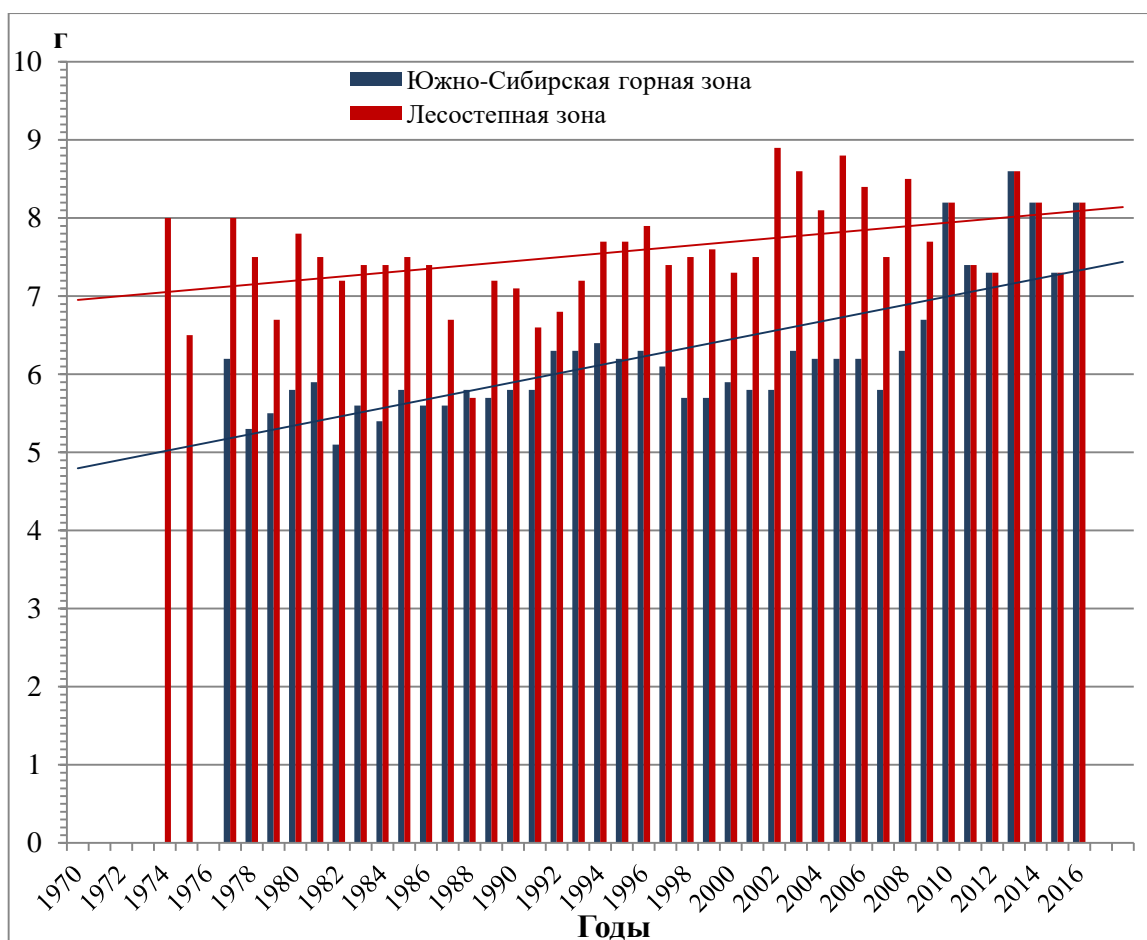


Рис. 2 – Динамика средней массы 1000 штук семян по лесорастительным зонам на территории Забайкальского края за период с 1970 по 2016 гг.

В Лесостепной зоне первый цикл изменчивости более растянут по времени, и охватывает период с 1974 по 2001 годы, в котором минимальная точка приходится на 1988 год. В этот 28-летний период у 53 % учетных лет масса 1000 штук семян была ниже среднего многолетнего уровня (7,5 г). Период с 2002 года по настоящее время – это второй цикл. Изменчивость массы 1000 штук семян превышала 8,0 г у 66 % учетных лет.

Подобно массе 1000 штук семян, показатели качества также изменчивы и подчиняются широтной зональности. Энергия прорастания и техническая всхожесть семян в среднем изменяются от 84,6—87,5 % в Южно-Сибирской горной зоне до 88,4—91,4 % в Лесостепной зоне. По лесорастительным районам, в Южно-Сибирской горной зоне, с запада на восток, различий по энергии прорастания и всхожести семян установить не удалось ( $F_{\text{факт.}} 0,1—0,3 < F_{\text{теор.}} 3,9$ ).

В динамике этих показателей по лесорастительным зонам, в целом по годам за 46-летний период, отсутствует большой разрыв (рис. 3, 4).

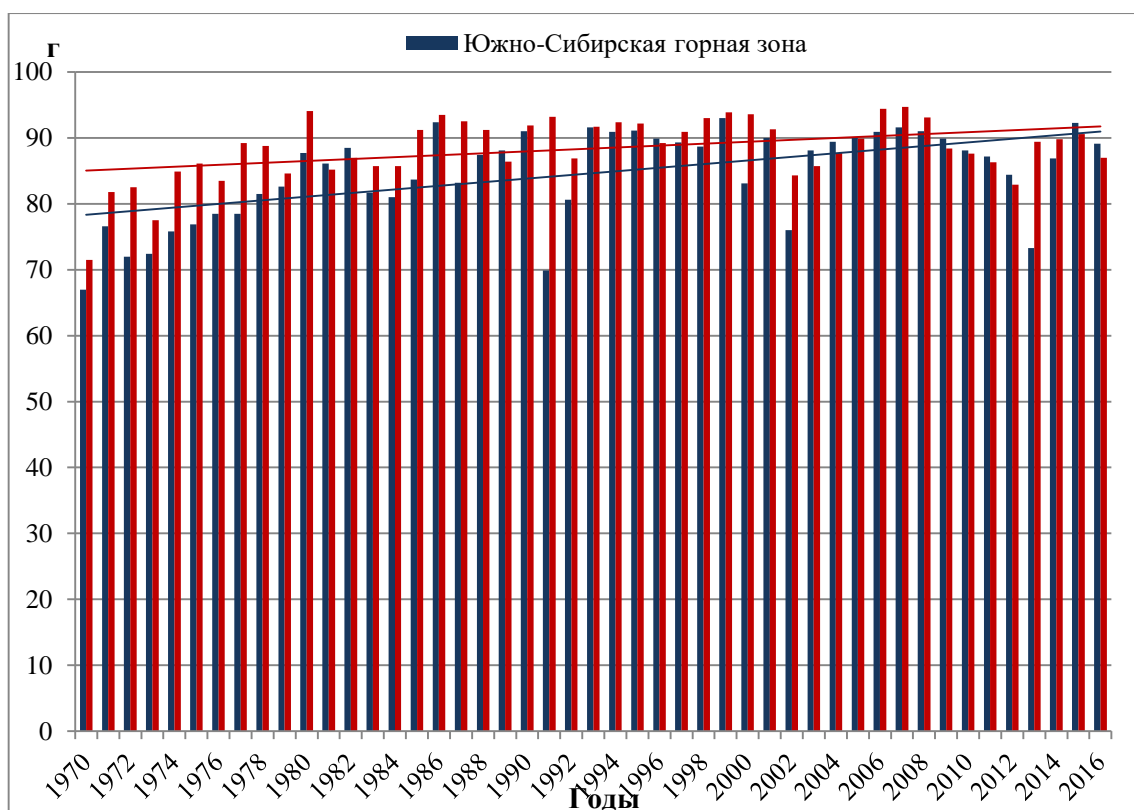
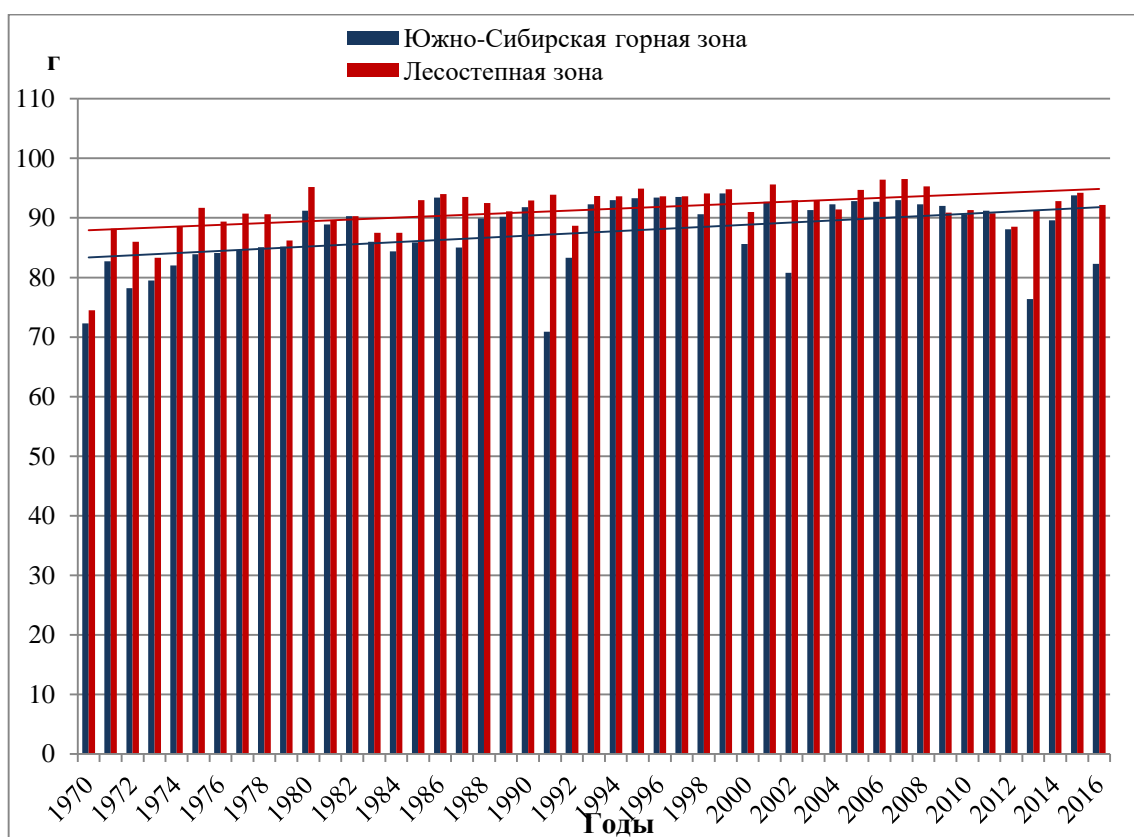


Рис. 3 – Динамика энергии прорастания по лесорастительным зонам на территории Забайкальского края за период с 1970 по 2016 гг.



*Рис. 4 – Динамика всхожести по лесорастительным зонам на территории Забайкальского края за период с 1970 по 2016 гг.*

Так, в Южно-Сибирской горной зоне по энергии прорастания и всхожести семян прослеживаются четыре цикла изменчивости, первый из которых охватывает период с 1970 по 1991 годы, с максимумом, приходящимся на 1986 год. В этом 22-летнем цикле лишь у 33 % учтенных лет средняя годовая энергия прорастания и всхожесть семян были выше средней многолетней. Второй цикл изменчивости включает период с 1992 по 2002 годы (максимум – 1999 год), третий – с 2003 по 2013 годы (максимум – 2007 год). Эти 11-летние циклы имеют показатели выше средней многолетней у 73 % и 91 % учтенных лет соответственно. Последний, четвертый цикл начался в 2014 году и продолжается до настоящего времени. Из 4 лет этого периода показатели выше средней многолетней имели 25—50 % учтенных лет.

В Лесостепной зоне первый и второй циклы охватывают период с 1970 по 1984 и с 1985 по 2001 годы соответственно. В первый цикл лишь у 20 % учетных лет среднегодовые значения энергии прорастания и всхожести были выше среднемноголетней, у второго – уже 88 %. Третий цикл хорошо просматривается по энергии прорастания, техническая всхожесть изменяется в меньшей степени. Очевидно, способность давать дружные всходы за семидневный срок является более чувствительным к влиянию внешних факторов показателем. Этот цикл охватывает период с 2002 по 2011 годы, с максимумом на 2007 год. Четвертый цикл начался в 2012 году, его продолжительность пока сложно оценить. Но за 5-летний период у 80 % учтенных лет среднегодовые значения энергии прорастания были выше средней многолетней.

Зависимости между массой 1000 штук семян и их посевными качествами в целом по годам по лесорастительным зонам установить не удалось. Так же как и не удалось ее установить по влиянию метеорологических факторов на массу 1000 штук семян, энергию прорастания и всхожесть, в виду отсутствия их многолетних данных по лесорастительным зонам. Однако интересно отметить тот факт, что годы завершения первых трех циклов по массе 1000 штук семян в Южно-Сибирской горной зоне соответствовали годам максимальных точек по энергии прорастания и всхожести семян (1986, 1998—1999, 2007 годы). В Лесостепной зоне, несмотря на то, что циклы растянуты во времени или, возможно, плохо просматриваются, так же выделяются 1986, 1999—2001, 2006—2008 годы. По циклам, между этими показателями прослеживается слабая и значительная связь ( $r = 0,01—0,6$ ).

Реакция показателей, характеризующих репродуктивную способность сосны, на внешние (стрессовые) условия, неоднозначна. Это свидетельствует о различии их адаптивных возможностей. Наиболее чувствительным



показателем явилась энергия прорастания, которая снижалась интенсивнее всхожести. Разница между средними многолетними данными энергии прорастания и всхожести семян не превышала 10%, что говорит о хорошей потенциальной продуктивности семян, их вызревании, о способности давать дружные всходы и о выживаемости растений, что очень важно в обеспечении потребностей лесовосстановления местными семенами. Периодическая потеря силы семян, очевидно, была связана с накоплением «вредных» воздействий, которые повлияли на семена раньше, чем те способны были прорасти. В целом, в динамике массы 1000 штук семян, энергии прорастания и всхожести по годам отмечалось увеличение, однако говорить о возможности прогноза этих показателей довольно сложно. Очевидно, что в экстремальных (пессимальных) условиях произрастания, снижение или увеличение массы 1000 штук семян и их посевных качеств – является универсальной и главной адаптационной реакцией. Сформировавшись на протяжении веков, данная особенность является обязательным условием устойчивости сосны к неблагоприятным факторам. Это определяет основное интегральное свойство этого вида – толерантность.

### **Заключение**

Результаты изучения изменчивости массы 1000 штук семян сосны обыкновенной и их посевных качеств свидетельствуют об отсутствии снижения жизненных функций, потенциальной успешности естественного восстановления сосновых формаций Забайкальского края.

### **Список литературы**

1. Барченков, А. П. Изменчивость показателей качества семян лиственницы сибирской (*LARIX SIBIRICA LEDEB.*) в бассейне реки Енисей // Вестник КрасГаУ. 2011. № 7. – С. 107—111.
2. Макаров, В.П., Милютин Л.И. Многолетняя динамика посевных качеств сосны обыкновенной в сухостепной зоне Забайкальского края // Успехи современного естествознания. 2015. № 4. – С. 129—133.
3. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений // М. Изд-во Наука. 1973. – 284 с.
4. Новикова, Т.Н., Жамъянсурен С. Изменчивость качества семян сосны обыкновенной у южных пределов ее распространения в Сибири и Монголии // Вестник КрасГаУ. 2012. № 4. – С. 102—107.

5. Пардаева, Е.Ю., Машкина О.С., Кузнецова Н.Ф. Состояние генеративной сферы сосны обыкновенной как биоиндикатора устойчивости лесов на территории Центрально-Черноземного района в связи с глобальными изменениями климата // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2013. № 2. – С. 16—21.
6. Приказ МПР РФ «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» от 18.08.2014 № 367.
7. Специальный доклад МГЭИК. Последствия изменения климата для регионов: оценка уязвимости // МГЭИК. 1997. – 34 с.
8. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияние на отрасли экономики России // М. Изд-во Росгидромет. 2005. – С.6—8.

### **Spisok literatury**

1. Barchenkov, A. P. Izmenchivost' pokazatelej kachestva semjan listvennicy sibirskoj (LARIX SIBIRICA LEDEB.) v bassejne reki Enisej // Vestnik KrasGaU. 2011. № 7. – S. 107—111.
2. Makarov, V.P., Miljutin L.I. Mnogoletnjaja dinamika posevnyh kachestv sosny obyknovennoj v suhostepnoj zone Zabajkal'skogo kraja // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2015. № 4. – S. 129—133.
3. Mamaev S.A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij // M. Izd-vo Nauka. 1973. – 284 s.
4. Novikova, T.N., Zhamjansuren S. Izmenchivost' kachestva semjan sosny obyknovennoj u juzhnyh predelov ee rasprostraneniya v Sibiri i Mongolii // Vestnik KrasGaU. 2012. № 4. – S. 102—107.
5. Paradaeva, E.Ju., Mashkina O.S., Kuznecova N.F. Sostojanie generativnoj sfery sosny obyknovennoj kak bioindikatora ustojchivosti lesov na territorii Central'no-Cernozemnogo rajona v svjazi s global'ny izmenenijam klimata // Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozjajstva. 2013. № 2. – S. 16—21.

6. Prikaz MPR RF «Ob utverzhdenii Perechnja lesorastitel'nyh zon Rossijskoj Federacii i Perechnja lesnyh rajonov Rossijskoj Federacii» ot 18.08.2014 № 367.
7. Special'nyj doklad MGJeIK. Posledstvija izmenenija klimata dlja regionov: ocenka ujazvimosti // MGJeIK. 1997. – 34 s.
  8. Strategicheskij prognoz izmenenij klimata Rossijskoj Federacii na period do 2010-2015 gg. i ih vlijanie na otrasli jekonomiki Rossii // M. Izd-vo Rosgidromet. 2005. – S.6—8.