

Оригинальная статья

УДК 630*12

Стратегия сохранения биологического разнообразия, охраны лесных и водных ресурсов бореальной зоны

А. А. Онучин¹, А. В. Пименов², В. А. Соколов³

^{1,2,3}Институт леса им В. Н. Сукачева СО РАН Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия

¹onuchin@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2435-9723>

²pimenov@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6572-1402>

³sokolovva@ksc.krasn.ru

Аннотация: В статье обсуждаются вопросы, связанные с системой управления лесами бореальной зоны, которая позволяет обеспечить сохранение их биологического разнообразия, ресурсного и экологического потенциала. Полученные результаты могут найти практическое применение при разработке региональных стратегий крупных лесных регионов, где антропогенное воздействие может привести к подрыву ресурсного потенциала лесов, нарушению биологического разнообразия и негативным изменениям гидрологического режима рек. Предлагаются конкретные мероприятия, позволяющие избежать рисков и обеспечить рациональное и не истощительное пользование лесами на протяжении длительного времени.

Ключевые слова: бореальные леса, биологическое разнообразие, устойчивое управление лесами, гидрологическая роль лесов

Цитирование: Онучин А. А., Пименов А. В., Соколов В. А. Стратегия сохранения биологического разнообразия, охраны лесных и водных ресурсов бореальной зоны // Стратегирование: теория и практика. 2021. Т. 1. № 2. С. 225–241. <https://doi.org/10.21603/2782-2435-2021-1-2-225-241>

Поступила в редакцию 30.09.2021. Прошла рецензирование 20.10.2021. Принята к печати 22.10.2021.

original article

Conservation of Biodiversity and Protection of Forest and Water Resources: a Strategy for Boreal Zone

Alexandr A. Onuchin¹, Alexandr V. Pimenov², Vladimir A. Sokolov³

^{1,2,3}Sukachev Institute of Forest SB RAS Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Krasnoyarsk, Russia

¹onuchin@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2435-9723>

²pimenov@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6572-1402>

³sokolovva@ksc.krasn.ru

Abstract: The article introduces a new system of boreal forest management that aims at preserving the biodiversity, resources, and ecological potential. The research results can help to develop regional strategies for large forest regions that experience significant man-made impact. Anthropogenic factors destroy the resource potential of forests, as well as their biological diversity, not to mention the hydrological regime of rivers. The paper features various measures that make it possible to avoid risks and ensure sustainable long-term use of forests.

Keywords: boreal forests, biodiversity, sustainable forest management, hydrological role of forests

Citation: Onuchin AA, Pimenov AV, Sokolov VA. Conservation of Biodiversity and Protection of Forest and Water Resources: a Strategy for Boreal Zone. Strategizing: Theory and Practice. 2021;1(2):225–241. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2782-2435-2021-1-2-225-241>

Received 30 September 2021. Reviewed 20 October 2021. Accepted 22 October 2021.

北方地区保持生物多样性，森林及水资源保护战略

A. A. 奥努钦¹, A. V. 皮梅诺夫², V. A. 索科洛夫³

^{1,2,3} 联邦研究中心俄罗斯科学院西伯利亚分院克拉斯诺亚尔斯克科学中心苏卡切夫林业研究所, 克拉斯诺亚尔斯克, 俄罗斯

¹ onuchin@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2435-9723>

² pimenov@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6572-1402>

³ sokolovva@ksc.krasn.ru

摘要: 文章讨论了与北方地区森林管理系统相关的问题, 目的是保持其生物多样性、保护资源和生态潜力。获得的结果可用于制定大森林地区的地区战略, 在这些地区, 人类活动的影响可能会导致森林资源的枯竭、生物多样性的破坏, 以及河流水文状况的负面变化。提出了具体措施, 以避免不必要的风险, 并确保长期合理地利用森林, 使其免于枯竭。

关键词: 北方森林、生物多样性、可持续森林管理、森林的水文作用。

编辑部收到稿件的日期: 2021年9月30日 评审日期: 2021年10月20日 接受发表的日期: 2021年10月22日

В экосистемах бореальной зоны, отличающихся высокими уровнями ландшафтного, фитоценоотического, видового и популяционного разнообразия, сосредоточены основные биологические и водные ресурсы России. Также в них формируется качественный сток рек – стратегический резерв человечества в долгосрочной перспективе. Актуализация методов и подходов по сохранению и рациональному использованию этих ресурсов связана с постоянно усиливающимся антропогенным воздействием на природные экосистемы, негативными последствиями климатических изменений и вызванными ими эволюционными процессами, часто протекающими с нарушением сложившихся механизмов саморегуляции биосферы и деградацией ее отдельных компонентов. В связи с этим ключевое буферное значение имеют лесные экосистемы, эволюционно сложившаяся структура биоразнообразия которых обеспечивает выполнение не только ресурсных, но и важнейших биосферных и социальных функций. К ним относятся климаторегулирующие, почвозащитные, гидрологические, санитарно-гигиенические, эстетические, рекреационные функции и т. д.

Перспективы сохранения и благополучия лесных экосистем будут определяться системой управления лесами и целевыми установками, учитывающими природные и социально-экономические условия. Это должно

быть положено в основу стратегий развития регионов¹. Очевидно, что ресурсный и экологический потенциалы лесов в настоящее время используются недостаточно эффективно. Современные методы природопользования генерируют серьезные угрозы для биоразнообразия лесных экосистем, связанные не только с прямым отрицательным влиянием на биоценозы и элиминацией отдельных видов и популяций, но и с трансформацией среды обитания, изменением гидрологического и температурного режимов. Лесное хозяйство должно ориентироваться на переход к устойчивому управлению лесами региона. Это обусловлено нарастающим комплексом проблем в управлении лесным сектором, связанным с восстановлением лесов, возрастающим дефицитом лесных ресурсов и снижением биосферных функций лесных экосистем. Экстенсивная модель развития лесной отрасли страны, в том числе в Сибири, привела к негативным изменениям в структуре лесного фонда и к дефициту качественного сырья, востребованного предприятиями лесного комплекса. Со второй половины XX века доля площадей, занятых ценными спелыми и перестойными насаждениями, существенно сократилась, несмотря на большие объемы лесовосстановительных мероприятий. Это снижение происходит за счет интенсивно вырубаемых хвойных древостоев, лесных пожаров, очагов насекомых-вредителей и болезней^{2,3,4}.

¹ Концептуальное будущее Кузбасса: стратегические контуры приоритетов развития до 2071 г. 50-летняя перспектива / под ред. В. Л. Квинта. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. 283 с. <https://doi.org/10.21603/978-5-8353-2812-3>.

² Кашпор Н. И. Воспроизводство лесов: состояние и перспективы // Российская лесная газета. 2006. Т. 148–149. № 18–19.

³ Исаев А. С., Коровин Г. Н. Актуальные проблемы национальной лесной политики. М.: Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009. 108 с.

⁴ Онучин А. А. Стратегические задачи перехода к устойчивому управлению лесами в Сибири // Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Красноярск, 2019. С. 307–310.

Для безболезненного перехода к устойчивому управлению лесами, которое следует считать единственно верным стратегическим решением, обеспечивающим весь комплекс полезностей леса, в ближайшей перспективе необходимо ориентироваться на широкое внедрение модели интенсивного использования и воспроизводства лесов. Она предполагает повышение продуктивности лесов и комплексное использование лесных ресурсов.

За счет реализации модели интенсивного использования и воспроизводства лесов в перспективе можно не только увеличить объемы лесозаготовок, но и уменьшить антропогенный пресс на девственные леса, выполняющие важнейшие биосферные функции, сохранить их экологический потенциал и биологическое разнообразие. Необходимо понимать, что экологические функции лесов имеют не менее важное значение, чем их ресурсный потенциал. За счет побочного пользования лесами (охотпользование, добыча орехов, грибов, ягод и лекарственного сырья, рекреация), а также за счет рекреационного лесопользования можно получать существенный социальный эффект, обеспечивая сохранение биологического разнообразия.

Стратегические задачи сохранения биологического разнообразия экосистем бореальной зоны

Стратегия сохранения биологического разнообразия предусматривает систему мер, направленных на обеспечение сохранения и восстановления редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов, а также мест их обитания. Для достижения этой цели создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ), на которых использование природных ресурсов ограничено вплоть до полного запрета. В административном плане можно выделить следующие принципы:

1) учет особенностей отдельных природно-территориальных комплексов, отличающихся как природно-зональными свойствами, так и характером освоения, и современной хозяйственной деятельности при планировании мероприятий по сохранению биоразнообразия;

2) обеспечение совершенствования нормативной базы, позволяющей выработать и реализовать единую систему управления охраной биоразнообразия;

3) использование экономических механизмов, направленных на учет интересов сохранения биоразнообразия и финансирование мероприятий в данной сфере;

4) обеспечение разработки целевых программ по экологическому образованию и просвещению, ориентированных на охрану биологического разнообразия;

5) широкое информирование общественности, в том числе через СМИ, о современном состоянии и проблемах охраны биоразнообразия, а также об обеспечении участия общественности в принятии решений в сфере сохранения и использования живой природы;

6) ориентация научных исследований на приоритетность разработки научных основ охраны живой природы и обязательное включение этих разработок в практику принятия управленческих решений.

Особое внимание, на фоне значительного негативного экологического воздействия на окружающую среду, необходимо уделить вопросам функциональной оценки и сохранения биоразнообразия не только наиболее продуктивных лесных экосистем, но и обладающих повышенным уровнем биологического разнообразия интразональных сообществ (биоценологических рефугиумов). Это участки леса вокруг болот и заболоченные участки леса; участки леса вокруг постоянных и временных водных объектов, затапливаемые участки в поймах рек, ручьев, временных водотоков, местах выклинивания грунтовых вод; участки старовозрастных насаждений; подгольцово-субальпийские редколесья; участки леса на крутых склонах, обрывах, каменистых россыпях, в ущельях, ложбинах и оврагах⁵.

Для техногенно модифицированных территорий акцент следует сделать на формировании сложных по своей пространственной и видовой структуре дендроценозов с регионально специфичным уровнем биоразнообразия: антропогенных аналогов лесных экосистем естественного генезиса. В южно-таежных и лесостепных лесорастительных условиях перспективным видом-лесообразователем в насаждениях рекреационно-технологического и эксплуатационного типов целевого назначения является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Она характеризуется оптимальным сочетанием основных эколого-экономических показателей: скорости роста, продолжительности жизни,

⁵ Яницкая Т. О. Практическое руководство по выделению лесов высокой природоохранной ценности в России. М.: Всемирный фонд дикой природы, 2008. 136 с.

стрессоустойчивости, ценотической толерантности, потребительских свойств древесины и т.д.⁶.

В качестве оптимального варианта пространственной структуры дендроценозов, создаваемых в эксплуатационных и рекреационно-технологических целях, следует рассматривать квартално-рядовое размещение моновидовых группировок деревьев и кустарников, обеспечивающее максимальную стрессоустойчивость и долговечность насаждений, а также возможность технологического сопровождения их роста и развития (рубки ухода, опаживание и др.). Внутри сомкнутых насаждений сосны целесообразно создавать прогалины с целью формирования на их основе лесных полей – ландшафтных ячеек повышенного фитоценотического разнообразия. По периметру секторов с сосной обыкновенной желателно формировать рядовые насаждения кустарников, выполняющие не только функции ветро- и пожарозащитных кулис, но и играющие важную биоценотическую роль на стадиях цветения и плодоношения, привлекая в сообщество насекомых, птиц и млекопитающих. Для инициации фитоценотических процессов в культурах сосны обыкновенной целесообразно использовать не только семена, споры, укорененные побеги и иные структуры вегетативного размножения, но и уже сформировавшиеся микроассоциации растений, переносимые вместе с почвенными монолитами из естественных сосняков экотопически сходных рядов развития. При этом прогалины внутри сомкнутых насаждений сосны должны использоваться в качестве «маточных» центров для первичного заселения растительных микроассоциаций: моховых, лишайниковых, кустарничковых и др. Формируемые таким образом растительные ассоциации будут являться продуцентами лекарственных и пищевых растений, ягод и съедобных грибов, представляя собой трофические «центры притяжения» не только для птиц и млекопитающих, но для человека в качестве источника дикорастущего сырья различного целевого назначения⁷.

В эксплуатационных лесах как интенсивной, так и экстенсивной форм ведения лесного хозяйства необходимо

уделять внимание разработке и реализации правил проведения лесохозяйственных мероприятий, направленных на сохранение биологического разнообразия, усиления водоохранных, почвозащитных и рекреационных функций леса. В девственных и длительно производных лесах выраженной биосферной значимости особое значение при достижении поставленных целей следует придавать формированию сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ), охватывающих все разнообразие естественных экосистем. Однако при достижении этих целей не следует ориентироваться только на ограничение хозяйственной деятельности в лесах и превращение их в большой заповедник. Необходимо технический прогресс и достижения лесной науки суметь поставить на благо сохранения природных экосистем и на обеспечение реализации задачи многоцелевого назначения лесов⁸.

Стратегия сохранения биологического разнообразия лесов, наряду с мероприятиями по дальнейшему развитию сети ООПТ, должна предусматривать организацию научно обоснованного мониторинга количественных и качественных параметров флоры и фауны; совершенствование технологий рекультивации нарушенных экосистем; проведение мероприятий по реинтродукции редких видов животных и растений; предотвращение заноса в естественную среду обитания чужеродных видов и генетически измененных агрессивных форм; формирование устойчивых дендроценозов с характерным для региона уровнем биоразнообразия – аналогов лесных экосистем естественных рядов развития.

Лесокультурное производство должно опираться на теорию искусственного формирования устойчивых самоподдерживающихся лесных экосистем, связанную с моделированием динамики компонентного состава и продуктивности лесных культур в конкретных экологических условиях. Основные принципы экосистемного подхода к формированию лесных культур:

1) определение векторов и скорости растительных сукцессий в широком спектре технологических и экотопических вариаций искусственных насаждений;

⁶ Бессчетнова Н. Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Эффективность отбора плюсовых деревьев. Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2016. 464 с.

⁷ Пименов А. В. История и перспективы ботанического ресурсоведения в Институте леса им. В. Н. Сукачева // Сибирский лесной журнал. 2019. № 4. С. 4–9. <https://doi.org/10.15372/SJFS20190401>.

⁸ Приоритетные направления развития лесной науки / Н. В. Лукина [и др.] // Бореальные леса: состояние, динамика, экосистемные услуги: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 60-летию Института леса КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2017. С. 16–18.

2) прогнозная оценка процесса их конвергенции или дивергенции с аналогичными экосистемами естественного ряда развития;

3) выявление оптимальных технологических параметров формирования лесных культур, позволяющих максимально совместить их продукционные показатели с ценотической слаженностью и экологической устойчивостью;

4) анализ причинно-следственных связей в процессах распада и гибели лесных культур, а также диагностика критических возрастных состояний и долгосрочное прогнозирование их развития;

5) оценка изменений популяционной стратегии отдельных видов растений и прогнозирование филогенетических перспектив лесных экосистем искусственного генезиса⁹.

Стратегические задачи сохранения ресурсного потенциала лесных экосистем бореальной зоны

Актуальное положение дел в лесном секторе экономики России требует изменений в лесной политике. Использование лесных ресурсов в настоящий момент ориентировано на рубку лесов пионерного освоения и вторичных лесов естественного происхождения с небольшой долей труда, вложенного в их воспроизводство и охрану. В России доминирует модель экстенсивного использования и воспроизводства лесов, которая привела к негативным изменениям в структуре лесного фонда. Она грозит дефицитом качественного сырья, востребованного предприятиями лесного комплекса России и зарубежными потребителями лесной продукции, а также чревата снижением экологических функций лесов.

Несмотря на огромные площади лесов в России, экстенсивная модель развития лесной отрасли страны, в том числе в Сибири, а также принятие в 2006 г. Лесного кодекса, в котором понятие «лесное хозяйство» исчезло, привели к негативным изменениям в структуре лесного фонда и к дефициту качественного сырья, востребованного предприятиями лесного комплекса. Со второй половины XX века доля площадей, занятых ценными спелыми и перестойными насаждениями, сократилась

в 1,4 раза, несмотря на большие объемы лесовосстановительных мероприятий. Это снижение происходит за счет интенсивно вырубаемых хвойных древостоев, лесных пожаров и очагов насекомых-вредителей (болезней), а восполнение выбываемых запасов леса спелыми и перестойными хвойными древостоями происходит только на 1/3^{10, 11, 12}.

Следует отметить, что негативные изменения в структуре лесного фонда естественны для периода пионерного освоения лесов. Они наблюдались и продолжают наблюдаться, помимо России, и в ряде других государств. Переход к системе устойчивого управления лесами происходит по мере достижения определенного уровня соответствия природно-экономических условий структуре востребованных продуктов и услуг, производимых в регионе. В прошлом большая часть Западной Европы была полностью покрыта лесами, но в настоящее время лесистость территории невысока. Сейчас здесь сформирована оптимальная структура лесного фонда, которая позволяет реализовать на практике соблюдение принципов устойчивого управления лесами на уровне, который отвечает экономическим и социальным интересам западноевропейских стран. Поэтому, несмотря на высокую продуктивность лесов, в большинстве стран Западной Европы использование земель для других целей отвечает интересам этих стран, позволяя импортировать лесную продукцию из других регионов.

Необходимо понимать, что соблюдение принципов устойчивого управления лесами должно быть продиктовано экономической и экологической целесообразностью, основанной на точных прогнозных оценках конъюнктуры рынка лесной продукции и стоимости экосистемных услуг. В России значительные площади земель с большим экономическим эффектом могут применяться для лесовыращивания, нежели использоваться для других целей.

Продолжающаяся деградация лесных ресурсов Сибири, о чем свидетельствуют прогнозные оценки динамики лесов Красноярского края, окажет негативное влияние на состояние лесного комплекса и заставит трезво оценить преимущества устойчивого управления

⁹ Пименов А. В. Экосистемное разнообразие лесных культур // Лесное хозяйство. 2005. № 1. С. 40–41.

¹⁰ Кашпор Н. И. Воспроизводство лесов...

¹¹ Исаев А. С., Коровин Г. Н. Актуальные проблемы...

¹² Sheil D., Nabuurs G.-J., Shvidenko A. Hopes for Russia's new forest code // Science. 2021. Vol. 372. № 6541. P. 472–473. <https://doi.org/10.1126/science.abi9095>.

лесами, не допуская просчетов в лесной политике, которые приведут к потерям доходов от экспорта лесной продукции и обострению дефицита лесных ресурсов на внутреннем рынке. Возникает вопрос, насколько в настоящее время возможен и актуален переход лесного хозяйства Сибири к устойчивому управлению лесами. Несмотря на признание на государственном уровне необходимости реорганизации лесоуправления в России с целью повышения эффективности функционирования лесного комплекса, среди субъектов лесных отношений нет согласованных подходов относительно решения данной проблемы. Это касается платежей за древесину, прав собственности на леса и т. д.

Кардинальным стратегическим решением ресурсных и экологических проблем на первом этапе перехода к устойчивому управлению лесами посредством модели интенсивного использования и воспроизводства лесов может стать применение технологий глубокой переработки низкокачественной древесины. Такие предприятия необходимо создавать в районах с хорошими лесорастительными условиями, где высокопродуктивные леса вырублены, а на их месте сформировались молодняки и средневозрастные хвойные насаждения, требующие проведения рубок ухода. В результате образуется тонкомерная низкотоварная древесина, пригодная только для глубокой переработки. Кроме того, больше половины вырубленных лесов заросло низкотоварной древесиной, не востребованной предприятиями лесопильного комплекса, которая также пригодна только для глубокой переработки. Такой подход позволяет сократить грядущий дефицит лесных ресурсов и сохранить от вырубki леса, выполняющие важные биосферные функции.

Параллельно с вовлечением в хозяйственный оборот низкотоварной древесины и отходов деревообработки необходимо ориентироваться на широкое внедрение модели интенсивного использования и воспроизводства лесов. Она предполагает повышение их продуктивности и комплексное использование лесных ресурсов. На практике это выделение участков лесорастительные условия которых соответствуют высокой потенциальной продуктивности лесов и где с использованием передовых технологий возможно получать лесную продукцию в значительно больших объемах и с сокращением

сроков выращивания по сравнению со среднероссийскими показателями.

Важным резервом реализации модели интенсивного использования и воспроизводства лесов следует рассматривать земли, вышедшие из-под сельскохозяйственного использования. Площадь заросших лесом земель сельскохозяйственного назначения в России составляет от 30 до 70 млн га. Эти леса становятся объектами неконтролируемых рубок и лесных пожаров. Возможными путями решения юридических вопросов являются передача заросших сельскохозяйственных земель под управление органам управления лесами или внесение изменений в Земельный кодекс РФ, разрешающий ведение лесного хозяйства на землях сельскохозяйственного назначения. Это создаст важный прецедент возникновения частных лесов. Потребуется разработка правил и регулирование ведения в них лесного хозяйства. Целесообразно обсуждение данного вопроса с привлечением заинтересованных ведомств, включая Минсельхоз, Минприроды, Рослесхоз, Минпромторг и представителей бизнеса. Возможная площадка – Торгово-промышленная палата (ТПП). Важным является заинтересованность лесопромышленных компаний или частных землевладельцев в ведении лесного хозяйства на таких землях. В России на сельскохозяйственных землях, зарастающих лесом, можно ежегодно заготавливать до 200 млн м³ древесины.

Модель интенсивного использования и воспроизводства лесов может быть реализована за счет рекультивации техногенно нарушенных и залежных земель. Применение здесь технологий рекультивации посредством создания лесных культур может обеспечить получение высококачественной древесины в регионально необходимых объемах.

Широкое применение модели интенсивного использования и воспроизводства лесов, являющейся частью системы устойчивого управления лесами, возможно за счет грамотного планирования лесокультурных мероприятий, сосредоточив их в соответствующих лесорастительных условиях, применяя высокотехнологичные приемы с минимизацией ручного труда, которые обеспечат высокую экономическую эффективность лесохозяйственных мероприятий¹³.

¹³ Переход к устойчивому управлению лесами России: теоретико-методические предпосылки / А. З. Швиденко [и др.] // Сибирский лесной журнал. 2017. № 6. С. 3–25. <https://doi.org/10.15372/SJFS20170601>.

Практическая реализация модели интенсивного использования и воспроизводства лесов невозможна без широкого применения достижений лесной науки, новейших технологий и технических средств. В связи с этим особое внимание должно уделяться созданию опытных хозяйств, в которых должны апробироваться передовые технологии.

Опыт по разработке технологий интенсивного лесовыращивания свидетельствует о том, что в лучших лесорастительных условиях при должном уходе возможно получение дополнительного прироста в объеме до 14 м³ с гектара в год. Таким образом, получение среднего годового прироста в период интенсивного роста древостоев свыше 20 м³ с гектара задача реальная. Средний прирост по России с учетом потерь от пожаров и вредителей леса составляет 1,5, а по Сибири 1,3 м³ с гектара. К сожалению, сейчас все экспериментальные исследования, связанные с изреживанием насаждений, в экспериментальном хозяйстве Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН парализованы из-за несовершенства лесного законодательства. В нем не прописан порядок оборота древесины, образующейся в процессе экспериментальных рубок на участках лесного фонда, которые переданы научным организациям в постоянное бессрочное пользование.

Учитывая усиливающееся внимание к проблеме повышения концентрации парниковых газов в атмосфере, приоритетом усиления биосферной роли лесов должна стать подготовка мероприятий, направленных на увеличение стока углерода в экосистемы региона. Стратегия подготовки лесов к изменениям климата должна включать не только противопожарные и фитосанитарные технологии, но и системы лесохозяйственных мероприятий, ставящих целью усиление углерод депонирующих функций лесов¹⁴. Создание карбоновых полигонов позволяет, по сравнению с неуправляемыми лесами, повысить в лучших лесорастительных условиях углерод депонирующие функции лесов, а также на землях, нарушенных различными видами горных разработок и требующих рекультивации. Применение технологий рекультивации посредством создания высокопродуктивных лесных культур может не только усилить экологический потенциал территорий, но и обеспечить получение высококачественной древесины

в объемах, которые необходимы для удовлетворения потребностей лесного комплекса страны.

Важнейшей стратегической задачей развития лесного комплекса является формирование и проведение лесной политики, соответствующей государственным интересам, учитывающей длительный жизненный цикл лесных экосистем, а не сиюминутные интересы отдельных корпораций и ведомств. В краткосрочной перспективе интенсификация лесопользования может быть обеспечена за счет вовлечения в хозяйственный оборот низкотоварной древесины посредством ее глубокой переработки. В долгосрочной перспективе решение проблемы снабжения лесопромышленного комплекса сырьем должно решаться за счет повышения продуктивности лесов лесохозяйственными мероприятиями, включающими использование методов плантационного лесовыращивания, эффективную охрану и защиту лесов.

Интенсивная модель лесопользования является частью системы устойчивого управления лесами. Такая система должна базироваться на гармоничном сочетании интенсивной и экстенсивной моделей лесопользования. Начать следует с зонирования территории. По экспертным оценкам доля лесов интенсивной формы ведения хозяйства в Сибири составляет 10–15 % от площади лесного фонда, на которых можно заготавливать от 45 до 60 % от общего объема потребляемой лесной продукции. В лесах экстенсивной формы ведения хозяйства, доля которых составляет от 25 до 30 %, объемы лесозаготовок составляют 35–45 %. В резервных и защитных лесах, общая площадь которых превышает 55 % площади лесного фонда, объемы лесозаготовок не должны превышать 5 %.

Стратегическое реформирование лесного сектора экономики России на первом этапе должно ориентироваться на формирование эффективной структуры управления лесным фондом, на разработку новых и совершенствование действующих нормативных правовых актов, регулирующих лесные отношения, а также на обеспечение условий дальнейшего развития рыночных отношений в лесопользовании. На втором этапе следует осуществить планомерное развитие лесного хозяйства на основе внедрения достижений науки и техники, широкого использования геоинформационных систем и технологий (ГИС-технологий) для обеспечения

¹⁴ Ващук Л. Н., Швиденко А. З. Динамика лесных пространств Иркутской области. Иркутск: Иркутская областная типография № 1, 2006. 392 с.

интенсивного и комплексного использования лесных ресурсов при сохранении экологического и генетического потенциалов лесов.

Условия успешной реализации задач перехода лесной отрасли к устойчивому управлению лесами будут зависеть от эффективности взаимодействия лесной науки, власти и бизнеса, качества подготовки квалифицированных кадров, наличия в достаточном количестве и ассортименте средств механизации для проведения всего комплекса лесохозяйственных работ, а также внесения необходимых изменений в лесное законодательство.

Стратегия управления водными ресурсами, формирующимися в лесах бореальной зоны

Нехватка чистой пресной воды, существующая в ряде регионов, будет более ощутимой, в том числе из-за недооценки последствий использования земель. Поэтому изучению гидрологической роли лесов, которая продолжает оставаться предметом острых дискуссий, должно уделяться серьезное внимание. Оценка влияния различных систем лесопользования на оптимизацию водных циклов становится чрезвычайно актуальной социально-экономической задачей в условиях, когда большое значение имеет и наличие чистой питьевой

воды, и получение дохода от собственно лесных растительных ресурсов^{15, 16}.

В основу стратегии управления водными ресурсами лесных водосборов бореальной зоны должна быть положена концепция географического детерминизма в оценке гидрологической роли лесов, обоснованная в начале 21 века¹⁷. Суть концепции заключается в том, что, в зависимости от геофизического фона и структуры лесных фитоценозов, они по-разному трансформируют структуру водного баланса территорий, вызывая различный гидрологический эффект, который может заключаться как в увеличении, так и в снижении годового стока рек в связи с увеличением лесистости водосборов. Оценка причин такого неоднозначного влияния лесов на структуру водного баланса остается предметом острых дискуссий^{18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32}.

Обладатели знаний о специфике водных циклов лесных экосистем в различных условиях окружающей среды получают научно обоснованный подход к формированию соответствующей лесной политики, позволяющий находить оптимальные (компромиссные) решения в использовании лесов с учетом природных и экономических условий стран и регионов.

¹⁵ Онучин А. А., Гапаров К. К., Михеева Н. А. Влияние лесистости и климатических факторов на годовой сток рек Прииссыккуля // Лесоведение. 2008. № 6. С. 45–52.

¹⁶ Forest management and the water cycle: An integrated introduction to scaling / E. Lode [et al.] // Forest management and the water cycle: An ecosystem-based approach / editors M. Bredemeier [et al.]. Dordrecht: Springer, 2011. P. 335–349. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9834-4_19.

¹⁷ Онучин А. А. Причины концептуальных противоречий в оценке гидрологической роли бореальных лесов // Сибирский лесной журнал. 2015. № 2. С. 41–54. <https://doi.org/10.15372/SJFS20150204>.

¹⁸ Высоцкий Г. Н. О взаимных соотношениях между лесной растительностью и влагой преимущественно в южнорусских степях: Ч. 1. СПб.: Слово, 1904. 222 с.

¹⁹ Высоцкий Г. Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. М.: Гослестехиздат, 1938. 67 с.

²⁰ Львович М. И. Человек и воды. Преобразование водного баланса и речного стока. М.: Географгиз, 1963. 568 с.

²¹ Hewlett J. D. Review of the Catchments experiment to determine water yield // Proceedings of the Joint U.N. Food and Agriculture Organization – USSR International symposium on forest influences and watershed management. Moscow, 1970. P. 145–155.

²² Федоров С. Ф. Исследование элементов водного баланса в лесной зоне европейской территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 264 с.

²³ Рахманов В. В. Гидроклиматическая роль лесов. М.: Лесная промышленность, 1984. 241 с.

²⁴ Крестовский О. И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 116 с.

²⁵ Воронков Н. А. Роль лесов в охране вод. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 285 с.

²⁶ Calder I. R. Forests and hydrological services: Reconciling public and science perceptions // Land Use and Water Resources Research. 2002. Vol. 2.

²⁷ Andréassian V. Waters and forests: From historical controversy to scientific debate // Journal of Hydrology. 2004. Vol. 291. № 1–2. P. 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.015>.

²⁸ Farley K. A., Jobbágy E. B., Jackson R. B. Effects of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy // Global Change Biology. 2005. Vol. 11. № 10. P. 1565–1576. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01011.x>.

²⁹ Hamilton L. S. Forests and water. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2008. 78 p.

³⁰ Онучин А. А. Гидрологическая роль лесных экосистем бореальной зоны // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. Красноярск, 2009. С. 11–14.

³¹ Ellison D., Futter M. N., Bishop K. On the forest cover-water yield debate: From demand- to supply-side thinking // Global Change Biology. 2012. Vol. 18. № 3. P. 806–820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x>.

³² Sun G., Liu Y. Forest influences on climate and water resources at the landscape to regional scale // Landscape ecology for sustainable environment and culture / editors B. Fu, K. B. Jones. Dordrecht: Springer, 2013. P. 309–334. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6530-6_15.

Н. А. Воронков сформулировал три основные концепции гидрологической роли лесов³³. Первая концепция иссушающей роли лесов, которой и сейчас придерживается большинство лесных гидрологов, основана на том, что суммарное испарение в сомкнутых высокопродуктивных лесах всегда выше, а сток ниже, чем на открытых участках, включая сельхозугодия. Такой эффект обусловлен тем, что корневые системы крупных деревьев работают как «мощные глубинные насосы», испаряя влагу из нижних почвенных горизонтов^{34, 35, 36}. Приверженцы этой концепции ссылаются на данные об увеличении суммарного стока после вырубki лесов в ряде регионов как Северной Евразии, так и Северной Америки^{37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48}.

Вторая концепция основывается на всеобщей увлажняющей роли лесов. Ее приверженцы, ссылаясь на результаты наблюдений на парных водосборах, на основе корреляционных связей между лесистостью водосборов и осадками, которые имели положительный знак, утверждали, что леса «притягивают» облака и способствуют выпадению осадков^{49, 50, 51, 52, 53}. Однако, ввиду слабой аргументации причинно-следственных связей атмосферных осадков с лесистостью водосборов, эта концепция не получила всеобщего признания среди лесных гидрологов^{54, 55}.

Имеются многочисленные свидетельства того, что леса по-разному трансформируют структуру водного баланса в зависимости от типа растительности и фоновых климатических условий^{56, 57, 58, 59}. Однако причины

³³ Воронков Н. А. Роль лесов...

³⁴ Kleidon A., Heimann M. Assessing the role of deep rooted vegetation in the climate system with model simulations: mechanism, comparison to observations and implications for Amazonian deforestation // *Climate Dynamics*. 2000. Vol. 16. № 2–3. P. 183–199. <https://doi.org/10.1007/s003820050012>.

³⁵ Hamilton L. S. Forests and water...

³⁶ Казанкин А. П. Экологическая роль горных лесов Кавказа. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 364 с.

³⁷ Высоцкий Г. Н. О взаимных соотношениях...

³⁸ Высоцкий Г. Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии...

³⁹ Hewlett J. D., Hibbert A. R. Increases in water yield after several types of forest cutting // *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*. 1961. Vol. 6. № 3. P. 5–17. <https://doi.org/10.1080/02626666109493224>.

⁴⁰ Львович М. И. Человек и воды...

⁴¹ Лалл Г. У. Возможности увеличения полного стока посредством лесохозяйственных мероприятий // Доклады иностранных ученых на Международном симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду. Т. 2. М., 1970. С. 80–99.

⁴² Клищов А. П. Защитная роль лесов Сахалина. Южно-Сахалинск: Дальневост. кн. изд-во. Сахалин. отд-ние, 1973. 233 с.

⁴³ Bosch J. M., Hewlett J. D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration // *Journal of Hydrology*. 1982. Vol. 55. № 1–4. P. 3–23. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90117-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90117-2).

⁴⁴ Федоров С. Ф., Марунин С. В. Об изменении состояния лесного биогеоценоза под влиянием лесохозяйственных мероприятий // *Гидрологические исследования ландшафтов / под ред. Г. В. Бачурина, Л. М. Корытного*. Новосибирск: Наука, 1986. С. 97–102.

⁴⁵ Trading water for carbon and with biological carbon sequestration / R. B. Jackson [et al.] // *Science*. 2005. Vol. 310. № 5756. P. 1944–1947. <https://doi.org/10.1126/science.1119282>.

⁴⁶ The effect of afforestation on water recharge and nitrogen leaching in the Netherlands / C. Van der Salm [et al.] // *Forest Ecology and Management*. 2006. Vol. 221. № 1–3. P. 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.027>.

⁴⁷ Карпечко Ю. В., Бондарик Н. Л. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне европейского Севера России. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 223 с.

⁴⁸ Water balance in afforestation chronosequences of common oak and Norway spruce on former arable land in Denmark and southern Sweden / L. Rosenqvist [et al.] // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2010. Vol. 150. № 2. P. 196–207. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.10.004>.

⁴⁹ Бочков А. П. Влияние леса и агролесомелиоративных мероприятий на водность рек лесостепной зоны европейской части СССР. М.: Гидрометеиздат, 1954. 136 с.

⁵⁰ Субботин А. И. Сток талых и дождевых вод: (по эксперим. данным). М.: Гидрометеиздат, 1966. 376 с.

⁵¹ Протопопов В. В. Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск: Наука, 1975. 328 с.

⁵² Побединский А. В. Изменение защитной и водорегулирующей роли леса под влиянием рубок // *Вопросы географии*. 1976. № 102. С. 169–179.

⁵³ Рахманов В. В. Гидроклиматическая роль...

⁵⁴ Лалл Г. У. Возможности увеличения...

⁵⁵ Лейтон Л., Родда Дж. К. Леса и осадки // Доклады иностранных ученых на Международном симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду. Т. 2. М., 1970. С. 3–20.

⁵⁶ Swank W. T., Swift L. W., Douglass J. E. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversion, and natural disturbances // *Forest hydrology and ecology at Coweeta / editors W. T. Swank, D. A. Crossley*. New York: Springer, 1988. P. 297–312. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3732-7_22.

⁵⁷ Potential water yield reduction due to forestation across China / G. Sun [et al.] // *Journal of Hydrology*. 2006. Vol. 328. № 3–4. P. 548–558. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.12.013>.

⁵⁸ Hydrological impact assessment of afforestation and change in tree-species composition – a regional case study for the Federal State of Brandenburg (Germany) / M. Wattenbach [et al.] // *Journal of Hydrology*. 2007. Vol. 346. № 1–2. P. 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.08.005>.

⁵⁹ Giles-Hansen K., Wei X. Improved regional scale dynamic evapotranspiration estimation under changing vegetation and climate // *Water Resources Research*. 2021. Vol. 57. № 8. <https://doi.org/10.1029/2021WR029832>.

таких различий являются слабым звеном гидрологической науки и практически не учитываются в глобальных гидрологических моделях. Ученых и специалистов интересует, почему в одних условиях леса увеличивают суммарное испарение и снижают годовой сток рек, а в других способствуют увеличению стока, снижая эвапотранспирацию.

Эти противоречия послужили основанием для формирования концепции неопределенной или неустойчивой гидрологической роли лесов, которой придерживались многие лесные гидрологи⁶⁰. Основным и существенным недостатком этой концепции является то, что она не вскрывает механизмы влагооборота, обуславливающие различный гидрологический эффект. Эти механизмы раскрывает концепция географического детерминизма, которая объясняет причины противоречий в оценке гидрологической роли бореальных лесов⁶¹.

Соотношение между испарением и стоком в теплый период года в большей степени определяется продуктивностью угодий, в меньшей – характером растительности, будь то лес или другие типы растительности^{62, 63}. Исследования в лесах умеренного и тропического пояса также свидетельствуют о росте эвапотранспирации с повышением продуктивности растительного покрова. Причем суммарное испарение в сомкнутых вечнозеленых лесах всегда выше, а сток ниже, чем на открытых участках, включая сельхозугодья. Это подтверждает концепцию всеобщей иссушающей роли лесов.

В холодный период года, когда атмосферные осадки надолго консервируются в виде снежного покрова, а транспирация прекращается, активный влагооборот имеет место над земной поверхностью. Важнейшими составляющими потоков снеговой влаги и водного баланса в зимний период являются перехват твердых атмосферных осадков пологом леса, испарение с поверхности снежного покрова, горизонтальное перераспределение снега посредством ветрового переноса и испарение

снега во время метелей. Зимой интенсивность и направленность потоков влаги не связаны с продуктивностью растительного покрова, а определяются характером растительности (лес, безлесное пространство) и условиями окружающей среды.

Концепция географического детерминизма в оценке гидрологической роли бореальных лесов основана на учете специфики баланса снеговой влаги лесных и безлесных территорий в различных климатических условиях^{64, 65, 66}.

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что в теплом климате, где продуктивность лесов выше, зимой лес, по сравнению с безлесными угодьями, работает как испаритель. Это обусловлено двумя основными причинами. Во-первых, снижением непродуктивного испарения снеговой влаги на открытых участках, поскольку плотный и влажный снег не подвержен ветровому переносу, во время которого усиливается испарение. Во-вторых, с повышением температуры воздуха возрастает перехват и испарение снега с крон деревьев.

В холодном климате, где продуцируют низкополнотные древостои, лес, наоборот, накапливает снеговую влагу. В то же время на открытых участках в условиях суровых зим с увеличением скорости ветра возрастает испарение, что приводит к снижению стока с безлесных водосборов⁶⁷.

Предложенная концепция и системный взгляд на лесогидрологические процессы не только позволяют объяснить имевшие место противоречия, но и дают возможность создавать прогнозные модели изменения структуры водного баланса на основе тенденций лесообразовательного процесса и климатических трендов, которые лягут в обоснование стратегий комплексного управления лесными и водными ресурсами регионов. Включение в глобальные гидрологические модели частных моделей влагооборота в комплексе с данными

⁶⁰ Воронков Н. А. Роль лесов...

⁶¹ Онучин А. А. Причины концептуальных противоречий...

⁶² Львович М. И. Человек и воды...

⁶³ Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974. 448 с.

⁶⁴ An evaluation of snow accumulation and ablation processes for land surface modeling / J. W. Pomeroy [et al.] // Hydrological Processes. 1998. Vol. 12. № 15. P. 2339–2367. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199812\)12:15<2339::AID-HYP800>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199812)12:15<2339::AID-HYP800>3.0.CO;2-L).

⁶⁵ Онучин А. А. Общие закономерности снегонакопления в бореальных лесах // Известия РАН. Серия географическая. 2001. № 2. С. 80–86.

⁶⁶ Chang M. Forest hydrology: An introduction to water and forests. Boca Raton: CRC, 2003. 373 p.

⁶⁷ Zonal aspects of the influence of forest cover change on runoff in northern river basins of Central Siberia / A. A. Onuchin [et al.] // Forest Ecosystems. 2021. Vol. 8. № 1. <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00316-w>.

о динамике растительного покрова позволит получать состоятельные пространственно распределенные оценки структуры водного баланса крупных водосборов. Это станет необходимым ресурсным обоснованием стратегий развития лесных регионов по тем или иным сценариям.

При этом необходимо принимать во внимание проблемы пространственно-временного масштабирования,

мозаичность лесного покрова и др.⁶⁸. Такой подход позволит получать прогнозные оценки изменения гидрологического режима территорий, в связи с глобальными климатическими изменениями и характером использования земель, а также может рассматриваться как инструмент экосистемного природопользования, включая и лесо- и водопользование.

ЛИТЕРАТУРА

- Бессчетнова Н. Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Эффективность отбора плюсовых деревьев. Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2016. 464 с.
- Бочков А. П. Влияние леса и агролесомелиоративных мероприятий на водность рек лесостепной зоны европейской части СССР. М.: Гидрометеиздат, 1954. 136 с.
- Ващук Л. Н., Швиденко А. З. Динамика лесных пространств Иркутской области. Иркутск: Иркутская областная типография № 1, 2006. 392 с.
- Воронков Н. А. Роль лесов в охране вод. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 285 с.
- Высоцкий Г. Н. О взаимных соотношениях между лесной растительностью и влагой преимущественно в южнорусских степях: Ч. 1. СПб.: Слово, 1904. 222 с.
- Высоцкий Г. Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. М.: Гослестехиздат, 1938. 67 с.
- Исаев А. С., Коровин Г. Н. Актуальные проблемы национальной лесной политики. М.: Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009. 108 с.
- Казанкин А. П. Экологическая роль горных лесов Кавказа. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 364 с.
- Карпечко Ю. В., Бондарик Н. Л. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне европейского Севера России. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 223 с.
- Кашпор Н. И. Воспроизводство лесов: состояние и перспективы // Российская лесная газета. 2006. Т. 148–149. № 18–19.
- Клинцов А. П. Защитная роль лесов Сахалина. Южно-Сахалинск: Дальневост. кн. изд-во. Сахалин. отд-ние, 1973. 233 с.
- Концептуальное будущее Кузбасса: стратегические контуры приоритетов развития до 2071 г. 50-летняя перспектива / под ред. В. Л. Квинта. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. 283 с. <https://doi.org/10.21603/978-5-8353-2812-3>.
- Крестовский О. И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 116 с.
- Лалл Г. У. Возможности увеличения полного стока посредством лесохозяйственных мероприятий // Доклады иностранных ученых на Международном симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду. Т. 2. М., 1970. С. 80–99.
- Лейтон Л., Родда Дж. К. Леса и осадки // Доклады иностранных ученых на Международном симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду. Т. 2. М., 1970. С. 3–20.
- Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М.: Мысль, 1974. 448 с.
- Львович М. И. Человек и воды. Преобразование водного баланса и речного стока. М.: Географгиз, 1963. 568 с.
- Онучин А. А. Гидрологическая роль лесных экосистем бореальной зоны // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. Красноярск, 2009. С. 11–14.
- Онучин А. А. Общие закономерности снегонакопления в бореальных лесах // Известия РАН. Серия географическая. 2001. № 2. С. 80–86.
- Онучин А. А. Причины концептуальных противоречий в оценке гидрологической роли бореальных лесов // Сибирский лесной журнал. 2015. № 2. С. 41–54. <https://doi.org/10.15372/SJFS20150204>.

⁶⁸ Koivusalo H., Hökkä H., Laurén A. A small catchment scale approach for modeling effects of forest management on water cycle in boreal landscape // Forest management and the water cycle: An ecosystem-based approach / editors M. Bredemeier [et al.]. Dordrecht: Springer, 2011. P. 419–433. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9834-4_23.

- Онучин А. А. Стратегические задачи перехода к устойчивому управлению лесами в Сибири // Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Красноярск, 2019. С. 307–310.
- Онучин А. А., Гапаров К. К., Михеева Н. А. Влияние лесистости и климатических факторов на годовой сток рек Прииссыккуля // Лесоведение. 2008. № 6. С. 45–52.
- Переход к устойчивому управлению лесами России: теоретико-методические предпосылки / А. З. Швиденко [и др.] // Сибирский лесной журнал. 2017. № 6. С. 3–25. <https://doi.org/10.15372/SJFS20170601>.
- Пименов А. В. История и перспективы ботанического ресурсоведения в Институте леса им. В. Н. Сукачева // Сибирский лесной журнал. 2019. № 4. С. 4–9. <https://doi.org/10.15372/SJFS20190401>.
- Пименов А. В. Экосистемное разнообразие лесных культур // Лесное хозяйство. 2005. № 1. С. 40–41.
- Побединский А. В. Изменение защитной и водорегулирующей роли леса под влиянием рубок // Вопросы географии. 1976. № 102. С. 169–179.
- Приоритетные направления развития лесной науки / Н. В. Лукина [и др.] // Бореальные леса: состояние, динамика, экосистемные услуги: тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 60-летию Института леса КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2017. С. 16–18.
- Протопопов В. В. Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск: Наука, 1975. 328 с.
- Рахманов В. В. Гидроклиматическая роль лесов. М.: Лесная промышленность, 1984. 241 с.
- Субботин А. И. Сток талых и дождевых вод: (по эксперим. данным). М.: Гидрометеиздат, 1966. 376 с.
- Федоров С. Ф. Исследование элементов водного баланса в лесной зоне европейской территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 264 с.
- Федоров С. Ф., Марунич С. В. Об изменении состояния лесного биогеоценоза под влиянием лесохозяйственных мероприятий // Гидрологические исследования ландшафтов / под ред. Г. В. Бачурин, Л. М. Короткий. Новосибирск: Наука, 1986. С. 97–102.
- Яницкая Т. О. Практическое руководство по выделению лесов высокой природоохранной ценности в России. М.: Всемирный фонд дикой природы, 2008. 136 с.
- An evaluation of snow accumulation and ablation processes for land surface modeling / J. W. Pomeroy [et al.] // Hydrological Processes. 1998. Vol. 12. № 15. P. 2339–2367. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199812\)12:15<2339::AID-HYP800>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199812)12:15<2339::AID-HYP800>3.0.CO;2-L).
- Andréassian V. Waters and forests: From historical controversy to scientific debate // Journal of Hydrology. 2004. Vol. 291. № 1–2. P. 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.015>.
- Bosch J. M., Hewlett J. D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration // Journal of Hydrology. 1982. Vol. 55. № 1–4. P. 3–23. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90117-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90117-2).
- Calder I. R. Forests and hydrological services: Reconciling public and science perceptions // Land Use and Water Resources Research. 2002. Vol. 2.
- Chang M. Forest hydrology: An introduction to water and forests. Boca Raton: CRC, 2003. 373 p.
- Ellison D., Futter M. N., Bishop K. On the forest cover-water yield debate: From demand- to supply-side thinking // Global Change Biology. 2012. Vol. 18. № 3. P. 806–820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x>.
- Farley K. A., Jobbágy E. B., Jackson R. B. Effects of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy // Global Change Biology. 2005. Vol. 11. № 10. P. 1565–1576. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01011.x>.
- Forest management and the water cycle: An integrated introduction to scaling / E. Lode [et al.] // Forest management and the water cycle: An ecosystem-based approach / editors M. Bredemeier [et al.]. Dordrecht: Springer, 2011. P. 335–349. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9834-4_19.
- Giles-Hansen K., Wei X. Improved regional scale dynamic evapotranspiration estimation under changing vegetation and climate // Water Resources Research. 2021. Vol. 57. № 8. <https://doi.org/10.1029/2021WR029832>.
- Hamilton L. S. Forests and water. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2008. 78 p.

- Hewlett J. D. Review of the Catchments experiment to determine water yield // Proceedings of the Joint U.N. Food and Agriculture Organization – USSR International symposium on forest influences and watershed management. Moscow, 1970. P. 145–155.
 - Hewlett J. D., Hibbert A. R. Increases in water yield after several types of forest cutting // International Association of Scientific Hydrology. Bulletin. 1961. Vol. 6. № 3. P. 5–17. <https://doi.org/10.1080/02626666109493224>.
 - Hydrological impact assessment of afforestation and change in tree-species composition – a regional case study for the Federal State of Brandenburg (Germany) / M. Wattenbach [et al.] // Journal of Hydrology. 2007. Vol. 346. № 1–2. P. 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.08.005>.
 - Kleidon A., Heimann M. Assessing the role of deep rooted vegetation in the climate system with model simulations: mechanism, comparison to observations and implications for Amazonian deforestation // Climate Dynamics. 2000. Vol. 16. № 2–3. P. 183–199. <https://doi.org/10.1007/s003820050012>.
 - Koivusalo H., Hökkä H., Laurén A. A small catchment scale approach for modeling effects of forest management on water cycle in boreal landscape // Forest management and the water cycle: An ecosystem-based approach / editors M. Bredemeier [et al.]. Dordrecht: Springer, 2011. P. 419–433. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9834-4_23.
 - Potential water yield reduction due to forestation across China / G. Sun [et al.] // Journal of Hydrology. 2006. Vol. 328. № 3–4. P. 548–558. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.12.013>.
 - Sheil D., Nabuurs G.-J., Shvidenko A. Hopes for Russia's new forest code // Science. 2021. Vol. 372. № 6541. P. 472–473. <https://doi.org/10.1126/science.abi9095>.
 - Sun G., Liu Y. Forest influences on climate and water resources at the landscape to regional scale // Landscape ecology for sustainable environment and culture / editors B. Fu, K. B. Jones. Dordrecht: Springer, 2013. P. 309–334. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6530-6_15.
 - Swank W. T., Swift L. W., Douglass J. E. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversion, and natural disturbances // Forest hydrology and ecology at Coweeta / editors W. T. Swank, D. A. Crossley. New York: Springer, 1988. P. 297–312. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3732-7_22.
 - The effect of afforestation on water recharge and nitrogen leaching in the Netherlands / C. Van der Salm [et al.] // Forest Ecology and Management. 2006. Vol. 221. № 1–3. P. 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.027>.
 - Trading water for carbon and with biological carbon sequestration / R. B. Jackson [et al.] // Science. 2005. Vol. 310. № 5756. P. 1944–1947. <https://doi.org/10.1126/science.1119282>.
 - Water balance in afforestation chronosequences of common oak and Norway spruce on former arable land in Denmark and southern Sweden / L. Rosenqvist [et al.] // Agricultural and Forest Meteorology. 2010. Vol. 150. № 2. P. 196–207. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.10.004>.
 - Zonal aspects of the influence of forest cover change on runoff in northern river basins of Central Siberia / A. A. Onuchin [et al.] // Forest Ecosystems. 2021. Vol. 8. № 1. <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00316-w>.
- КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** Автор заявил об отсутствии потенциальных конфликтов интересов в отношении исследования, авторства и/или публикации данной статьи.
- ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:** Онучин Александр Александрович, д-р биол. наук, директор, заведующий лабораторией лесоведения и почвоведения, Институт леса им В. Н. Сукачева, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия; onuchin@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2435-9723>
- Пименов Александр Владимирович, д-р биол. наук, Институт леса им В. Н. Сукачева, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия; pimenov@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6572-1402>
- Соколов Владимир Алексеевич, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий лабораторией таксации и лесопользования, Институт леса им В. Н. Сукачева, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия; sokolovva@ksc.krasn.ru

REFERENCES

- Besschetnova NN. Sosna obyknovennaya (*Pinus sylvestris* L.). Ehffektivnost' otbora plyusovykh derev'ev [Common pine (*Pinus sylvestris* L.). The efficiency of the selection of specimen trees]. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy; 2016. 464 p. (In Russ.)
- Bochkov AP. Vliyanie lesa i agrolesomeliorativnykh meropriyatiy na vodnost' rek lesostepnoy zony evropeyskoy chasti SSSR [Effect of forests and agroforestry on the water content of rivers in the forest-steppe zone of the European part of the USSR]. Moscow: Gidrometeoizdat; 1954. 136 p. (In Russ.)
- Vashchuk LN, Shvidenko AZ. Dinamika lesnykh prostranstv Irkutskoy oblasti [Changes in the forests of the Irkutsk region]. Irkutsk: Irkutskaya oblastnaya tipografiya № 1; 2006. 392 p. (In Russ.)
- Voronkov NA. Rol' lesov v okhrane vod [The role of forests in water protection]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1988. 285 p. (In Russ.)
- Vysotskiy GN. O vzaimnykh sootnosheniyakh mezhdru lesnoy rastitel'nost'yu i vlagoy preimushchestvenno v yuzhnorusskikh stepyakh: Ch. 1 [Mutual relations between forest vegetation and moisture in the southern Russian steppes: Part 1]. St. Petersburg: Slovo; 1904. 222 p. (In Russ.)
- Vysotskiy GN. O gidrologicheskom i meteorologicheskom vliyaniy lesov [Hydrological and meteorological impact of forests]. Moscow: Goslestekhizdat; 1938. 67 p. (In Russ.)
- Isaev AS, Korovin GN. Aktual'nye problemy natsional'noy lesnoy politiki [Relevant issues of the national forest policy]. Moscow: Institute for Sustainable Development/Center for Environmental Policy of Russia; 2009. 108 p. (In Russ.)
- Kazankin AP. Ehkologicheskaya rol' gornyykh lesov Kavkaza [The ecological role of the mountain forests of the Caucasus]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN; 2013. 364 p. (In Russ.)
- Karpechko YuV, Bondarik NL. Gidrologicheskaya rol' lesokhozyaystvennykh i lesopromyshlennykh rabot v taehnoy zone evropeyskogo Severa Rossii [Hydrological role of forestry and timber industry operations in the taiga zone of the European North of Russia]. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN; 2010. 223 p. (In Russ.)
- Kashpor NI. Vosproizvodstvo lesov: sostoyanie i perspektivy [Forest recultivation: state and prospects]. Rossiyskaya lesnaya gazeta [Russian Forest Newspaper]. 2006;148–149(18–19). (In Russ.)
- Klintsov AP. Zashchitnaya rol' lesov Sakhalina [Protective role of Sakhalin forests]. Yuzhno-Sakhalinsk: Dal'nevost. kn. izd-vo. Sakhalin. otd-nie; 1973. 233 p. (In Russ.)
- Kvint VL, Alimuradov MK, Zadorozhnaya GV, Astapov KL, Alabina TA, Bakhtizin AR, et al. A conceptual future for the Kuzbass region: strategic outlines of developmental priorities through 2071, a 50-year perspective. Kemerovo: Kemerovo State University; 2022. 283 p. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/978-5-8353-2812-3>.
- Krestovskiy OI. Vliyanie vyrubok i vosstanovleniya lesov na vodnost' rek [Impact of deforestation and reforestation on river water content]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1986. 116 p. (In Russ.)
- Lall GYu. Vozmozhnosti uvelicheniya polnogo stoka posredstvom lesokhozyaystvennykh meropriyatiy [Possibilities of increasing the total runoff through forestry activities]. Doklady inostrannykh uchenykh na Mezhdunarodnom simpoziume po vliyaniyu lesa na vneshnyuyu sredu. T. 2 [Reports of foreign scientists at the International symposium on the impact of forests on the external environment. Vol. 2.]. Moscow, 1970. pp. 80–99. (In Russ.)
- Leyton L, Rodda DzhK. Lesa i osadki [Forests and precipitation]. Doklady inostrannykh uchenykh na Mezhdunarodnom simpoziume po vliyaniyu lesa na vneshnyuyu sredu. T. 2 [Reports of foreign scientists at the International symposium on the impact of forests on the external environment. Vol. 2.]. Moscow, 1970. pp. 3–20. (In Russ.)
- L'vovich MI. Mirovye vodnye resursy i ikh budushchee [Global water resources and their future]. Moscow: Mysl'; 1974. 448 p. (In Russ.)
- L'vovich MI. Chelovek i vody. Preobrazovanie vodnogo balansa i rechnogo stoka [Man and water. Conversion of water balance and river flow]. Moscow: Geografiz; 1963. 568 p. (In Russ.)
- Onuchin AA. Gidrologicheskaya rol' lesnykh ehkositsem boreal'noy zony [Hydrological impact

- of boreal forest ecosystems]. *Ehkologo-geograficheskie aspekty lesoobrazovatel'nogo protsesssa: materialy Vserossiyskoy konferentsii s uchastiem inostrannykh uchenykh* [Ecological and geographical aspects of the forest formation process: Proceedings of the All-Russian conference with foreign participation]; 2009; Krasnoyarsk. Krasnoyarsk: Sukachev Institute of Forest SB RAS; 2009. p. 11–14. (In Russ.)
- Onuchin AA. General appropriateness of snow storage in boreal forests. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya*. 2001;(2):80–86. (In Russ.)
 - Onuchin AA. The reasons for conceptual contradictions in evaluating hydrological role of boreal forests. *Siberian Journal of Forest Science*. 2015;(2):41–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/SJFS20150204>.
 - Onuchin AA. Strategicheskie zadachi perekhoda k ustoychivomu upravleniyu lesami v Sibiri [Strategic objectives of the transition to sustainable forest management in Siberia]. *Lesnye ehkosistemy boreal'noy zony: bioraznoobrazie, bioehkonomika, ehkologicheskie riski: materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Forest ecosystems of the boreal zone: biodiversity, bioeconomics, and environmental risks: Proceedings of the All-Russian conference with foreign participation]; 2019; Krasnoyarsk. Krasnoyarsk: Sukachev Institute of Forest SB RAS; 2019. p. 307–310. (In Russ.)
 - Onuchin AA, Gaparov KK, Mikheeva NA. The influence of forestation and climatic factors on annual runoff in Issyk-Kul lake basin. *Russian Journal of Forest Science*. 2008;(6):45–52. (In Russ.)
 - Shvidenko AZ, Schepaschenko DG, Kraxner F, Onuchin AA. Transition to sustainable forest management in Russia: Theoretical and methodological backgrounds. *Siberian Journal of Forest Science*. 2017;(6):3–25. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/SJFS20170601>.
 - Pimenov AV. The history and prospects of botanical resource science at V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS. *Russian Journal of Forest Science*. 2019;(4):4–9. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/SJFS20190401>.
 - Pimenov AV. Ehkosistemnoe raznoobrazie lesnykh kul'tur [Ecosystem diversity of forests]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2005;(1):40–41. (In Russ.)
 - Pobedinskiy AV. Izmenenie zashchitnoy i vodoreguliruyushchey roli lesa pod vliyaniem rubok [Effect of logging on the protective and water-regulating role of forests]. *Voprosy geografii* [Issues of Geography]. 1976;(102):169–179. (In Russ.)
 - Lukina NV, Isaev AS, Kryshen' AM, Onuchin AA, Sirin AA, Gagarin YuN, et al. *Prioritetnye napravleniya razvitiya lesnoy nauki* [Priority directions for the development of forest science]. *Boreal'nye lesa: sostoyanie, dinamika, ehkosistemnye uslugi: tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 60-letiyu Instituta lesa KarNTS RAN* [Boreal forests: state, dynamics, and ecosystem services: Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 60th anniversary of the Forest Institute, KarRC RAS]; 2017; Petrozavodsk. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2017. p. 16–18. (In Russ.)
 - Protopopov VV. *Sredoobrazuyushchaya rol' temnokhvoynogo lesa* [The environment-forming role of taiga]. Novosibirsk: Nauka; 1975. 328 p. (In Russ.)
 - Rakhmanov VV. *Gidroklimaticheskaya rol' lesov* [Hydroclimatic impact of forests]. Moscow: Lesnaya promyshlennost'; 1984. 241 p. (In Russ.)
 - Subbotin AI. *Stok talykh i dozhdevykh vod: (po ehksperim. dannym)* [Spring floods and rainwater runoff (based on experimental data)]. Moscow: Gidrometeoizdat; 1966. 376 p. (In Russ.)
 - Fedorov SF. *Issledovanie ehlementov vodnogo balansa v lesnoy zone evropeyskoy territorii SSSR* [Elements of water balance in the forest zone of the European territory of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1977. 264 p. (In Russ.)
 - Fedorov SF, Marunich SV. *Ob izmenenii sostoyaniya lesnogo biogeotsenoza pod vliyaniem lesokhozyaystvennykh meropriyatiy* [Effect of forestry activities on forest biogeocenosis]. In: Bachurin GV, Korytnyy LM, editors. *Gidrologicheskie issledovaniya landshaftov* [Hydrological studies of landscapes]. Novosibirsk: Nauka; 1986. pp. 97–102. (In Russ.)
 - Yanitskaya TO. *Prakticheskoe rukovodstvo po vydeleniyu lesov vysokoy prirodookhrannoy tsennosti v Rossii* [A practical guide to identifying high conservation value forests in Russia]. Moscow: WWF Russia; 2008. 136 p. (In Russ.)
 - Pomeroy JW, Gray DM, Shook KR, Toth B, Essery RLH, Pietroniro A, et al. An evaluation of snow accumulation

- and ablation processes for land surface modeling. *Hydrological Processes*. 1998;12(15):2339–2367. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199812\)12:15<2339::AID-HYP800>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199812)12:15<2339::AID-HYP800>3.0.CO;2-L).
- Andréassian V. Waters and forests: From historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology*. 2004;291(1–2):1–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.12.015>.
 - Bosch JM, Hewlett JD. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology*. 1982;55(1–4):3–23. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90117-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90117-2).
 - Calder IR. Forests and hydrological services: Reconciling public and science perceptions. *Land Use and Water Resources Research*. 2002. Vol. 2.
 - Chang M. *Forest hydrology: An introduction to water and forests*. Boca Raton: CRC; 2003. 373 p.
 - Ellison D, Futter MN, Bishop K. On the forest cover-water yield debate: From demand- to supply-side thinking. *Global Change Biology*. 2012;18(3):806–820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02589.x>.
 - Farley KA, Jobbágy EB, Jackson RB. Effects of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology*. 2005;11(10):1565–1576. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01011.x>.
 - Lode E, Langensiepen M, Roosaare J, Schueler G, Koivusalo H. Forest management and the water cycle: An integrated introduction to scaling. In: Bredemeier M, Cohen S, Godbold DL, Lode E, Pichler V, Schleppei P, editors. *Forest management and the water cycle: An ecosystem-based approach*. Dordrecht: Springer; 2011. pp. 335–349. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9834-4_19.
 - Giles-Hansen K, Wei X. Improved regional scale dynamic evapotranspiration estimation under changing vegetation and climate. *Water Resources Research*. 2021;57(8). <https://doi.org/10.1029/2021WR029832>.
 - Hamilton LS. *Forests and water*. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations; 2008. 78 p.
 - Hewlett JD. Review of the Catchments experiment to determine water yield. *Proceedings of the Joint U.N. Food and Agriculture Organization – USSR International symposium on forest influences and watershed management*; 1970; Moscow. Moscow, 1970. p. 145–155.
 - Hewlett JD, Hibbert AR. Increases in water yield after several types of forest cutting. *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*. 1961;6(3):5–17. <https://doi.org/10.1080/02626666109493224>.
 - Wattenbach M, Zebisch M, Hattermann F, Gottschalk P, Goemann H, Kreins P, et al. Hydrological impact assessment of afforestation and change in tree-species composition – a regional case study for the Federal State of Brandenburg (Germany). *Journal of Hydrology*. 2007;346(1–2):1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.08.005>.
 - Kleidon A, Heimann M. Assessing the role of deep rooted vegetation in the climate system with model simulations: mechanism, comparison to observations and implications for Amazonian deforestation. *Climate Dynamics*. 2000;16(2–3):183–199. <https://doi.org/10.1007/s003820050012>.
 - Koivusalo H, Hökkä H, Laurén A. A small catchment scale approach for modeling effects of forest management on water cycle in boreal landscape. In: Bredemeier M, Cohen S, Godbold DL, Lode E, Pichler V, Schleppei P, editors. *Forest management and the water cycle: An ecosystem-based approach*. Dordrecht: Springer; 2011. pp. 419–433. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9834-4_23.
 - Sun G, Zhou G, Zhang Z, Wei X, McNulty SG, Vose JM. Potential water yield reduction due to forestation across China. *Journal of Hydrology*. 2006;328(3–4):548–558. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.12.013>.
 - Sheil D, Nabuurs G-J, Shvidenko A. Hopes for Russia's new forest code. *Science*. 2021;372(6541):472–473. <https://doi.org/10.1126/science.abi9095>.
 - Sun G, Liu Y. Forest influences on climate and water resources at the landscape to regional scale. In: Fu B, Jones KB, editors. *Landscape ecology for sustainable environment and culture*. Dordrecht: Springer; 2013. pp. 309–334. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6530-6_15.
 - Swank WT, Swift LW, Douglass JE. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversion, and natural disturbances. In: Swank WT, Crossley DA, editors. *Forest hydrology and ecology*

- at Coweeta. New York: Springer; 1988. pp. 297–312. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3732-7_22.
- Van der Salm C, Denier Van Der Gon H, Wieggers R, Bleeker A, Van Den Toorn A. The effect of afforestation on water recharge and nitrogen leaching in the Netherlands. *Forest Ecology and Management*. 2006;221(1–3):170–182. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.027>.
 - Jackson RB, Jobbágy EG, Avissar R, Roy SB, Barrett DJ, Cook CW, et al. Trading water for carbon and with biological carbon sequestration. *Science*. 2005;310(5756):1944–1947. <https://doi.org/10.1126/science.1119282>.
 - Rosenqvist L, Hansen K, Vesterdal L, van der Salm C. Water balance in afforestation chronosequences of common oak and Norway spruce on former arable land in Denmark and southern Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2010;150(2):196–207. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.10.004>.
 - Onuchin AA, Burenina T, Shvidenko A, Prysov D, Musokhranova A. Zonal aspects of the influence of forest cover change on runoff in northern river basins of Central Siberia. *Forest Ecosystems*. 2021;8(1). <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00316-w>.
- CONFLICTING INTERESTS:** The author declared no potential conflicts of interests regarding the research, authorship, and/or publication of this article.
- ABOUT AUTHORS:** Alexandr A. Onuchin, Dr.Sc. (Biol.), Director, Head of the Laboratory of Forest and Soil Science, Sukachev Institute of Forest, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Krasnoyarsk, Russia; onuchin@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2435-9723>
- Alexandr V. Pimenov, Dr.Sc. (Biol.), Sukachev Institute of Forest, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Krasnoyarsk, Russia; pimenov@ksc.krasn.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6572-1402>
- Vladimir Alekseevich Sokolov, Dr.Sc. (Agri.), Professor, Head of the Laboratory of Taxation and Forest Management; Sukachev Institute of Forest, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Krasnoyarsk, Russia; sokolovva@ksc.krasn.ru