

УДК 333.75(Т2-47):577.3
378.125

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ ЛЕСА
И ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ЛЕСОВЕДОВ-ЭКОЛОГОВ
НА БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКУЛЬТЕТАХ УНИВЕРСИТЕТОВ**

Е. А. Ваганов, Е. Н. Муратова, В. Б. Круглов*

Анализируются современные проблемы экологии леса и связанные с ними вопросы подготовки специалистов, способных решать эти проблемы. Содержание рассмотренных вопросов, в основном, относится к экологии бореальных лесов, занимающих значительную часть территории России и Красноярского края. Отмечается, что проблемы экологии леса входят в число наиболее актуальных проблем, стоящих перед мировым сообществом. Некоторые особенности подготовки лесоведов-экологов даны на примере деятельности кафедры лесоведения Красноярского государственного университета.

Леса являются основной стабилизирующей и, в этой роли, ничем незаменимой частью биосферы. Именно леса служат основным регулятором химического состава и оптических свойств атмосферы, выполняя тем самым климатообразующую функцию. Кроме этого леса выполняют на лесопокрытых территориях водоохранную, почвозащитную и множество других полезных функций. Особое внимание в настоящее время уделяется бореальным лесам планеты, расположенным приблизительно между 45° и 70° северной широты (бореальные леса находятся только в северном полушарии). Хотя бореальные леса уступают тропическим по площади, однако, судя по имеющимся данным, именно бореальные леса - наиболее эффективная природная система, способная предотвратить (смягчить) развитие опасных для биосферы тенденций в изменении климата [27, 57].

Большая часть (95 %) лесов России относится к бореальным лесам. На территории России расположено около 73 % бореальных лесов мира, из которых в Сибири сосредоточено 42 %. Они занимают площадь 471,7 млн га с запасом древесины более 40 млрд м³, что составляет около 11 % от мирового запаса [14].

Расположенный в Красноярске Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН - крупнейший научно-исследовательский институт лесного профиля. Институт занимается исследованием бореальных лесов, расположенных на территории от Урала до Тихого океана, но, в основном, эти исследования касаются бореальных лесов Сибири. Сибирские леса - это масштабная и очень сложная природная система, характеризующаяся высоким биоразнообразием.

Арборифлора Сибири включает около 40 видов деревьев и более 100 видов кустарников [12]. Особую категорию составляют сибирские горные леса. Очень важно, что в Сибири до сих пор существуют обширные лесные территории, незатронутые хозяйственной деятельностью.

Любые попытки расположить проблемы экологии бореальных лесов в порядке каким-то образом определенной их значимости всегда будут иметь некоторую долю субъективизма. Но если, в первом приближении, в качестве критерия важности (и остроты) проблемы взять число посвященных ей публикаций, исследовательских программ и конференций, то это приведет к вполне конкретному перечню проблем экологии леса.

* © Е. А. Ваганов, Е. Н. Муратова, Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2005; В. Б. Круглов, Красноярский государственный университет, 2005.

1. По названному критерию наиболее значимым в настоящее время считается *исследование роли бореальных лесов в глобальном цикле углерода* [10, 21, 22, 23, 26, 56]. Эти исследования - часть решения более общей *проблемы биосферной роли бореальных лесов*, состоящей в выяснении механизмов участия лесных фитоценозов не только в углеродном, но и других основных глобальных биогеохимических циклах (азотном, фосфорном, водном и т.д.). Несомненным фактом считается зарегистрированное (очень резкое) увеличение концентрации CO_2 (с приблизительно 300 до 400 частиц CO_2 на миллион частиц атмосферы) и параллельное увеличение средней глобальной приземной температуры на $0,6 \pm 0,2$ °C за последние 100-150 лет. Традиционное объяснение этого факта состоит в том, что возрастание температуры вторично и является следствием возрастания концентрации CO_2 в атмосфере («парниковый эффект»). Основной причиной возрастания концентрации CO_2 служит сжигание ископаемого органического топлива. Если объемы сжигаемого ископаемого топлива и характер возрастания концентрации CO_2 и температуры останутся такими же, как в последнее десятилетие, то к 2100 году концентрация CO_2 в атмосфере увеличится вдвое, а температура вырастет на несколько градусов, что повлечет в ряде случаев катастрофические изменения в биосфере [11].

Надежды хотя бы частично извлечь излишки CO_2 из атмосферы связывают, в основном, с бореальными лесами, имея в виду их значительную протяженность, время (порядка столетий) удержания углерода в живой фитомассе и подавленность деструкции органического вещества. Однако до сих пор нет точной оценки потенциальных возможностей бореальных лесов как поглотителя атмосферного углерода. Такая оценка требует достаточно точного измерения запасов углерода во всех углеродсодержащих частях экосистем через определенные промежутки времени (для того, чтобы определить направление и величину потоков углерода в экосистемах). Несмотря на огромный объем уже проведенных измерений, существуют значительные расхождения в полученных разными исследовательскими группами данных о запасах и потоках углерода на территории бореальных лесов. Причиной расхождения данных о запасах является сложность распределения и, следовательно, учета углеродсодержащих составляющих по объему выделенных экосистем и очень большая площадь лесопокрытых территорий. Неточность данных о запасах углерода в компонентах экосистем приводит к неточным значениям о скорости изменения запасов, т. е. к неточным значениям интенсивностей входящих в экосистему и выходящих из нее потоков углерода. Поэтому решение первой проблемы будет достигнуто, если будет проведен учет запасов органического углерода и его динамики на территории бореальных лесов.

Интересно, что при сопоставлении данных для бореальных лесов России с аналогичными данными для бореальных лесов Северной Америки выявлены существенные различия в углеродном бюджете двух крупнейших лесных территорий и нарастание различий при дальнейшем повышении температуры Северного полушария планеты [29, 51]. Предполагается, что эти различия объясняются, главным образом, разными темпами роста температуры и наличием огромных территорий, занятых в Сибири болотами и лесоболотными экосистемами.

2. *Проблема точности дистанционного измерения параметров лесных экосистем.* Площади лесопокрытых территорий настолько велики, что совершенно нереально измерение важнейших параметров лесных экосистем на всех этих площадях с помощью специальных наземных экспедиций. Поэтому для измерения параметров экосистем на больших территориях неизбежно использование специально оснащенных спутников и самолетов. С помощью дистанционных методов можно определять видовой состав, запасы надземной фитомассы древостоев (а значит, и углерода в них), обнаруживать очаги поражения леса вредителями, определять масштабы пожарного и различных видов антропогенных воздействий на лес. Ясно, что от успехов в решении этой проблемы в значительной мере зависит решение первой проблемы (и других проблем, решение которых требует отслеживания состояния и динамики лесов на больших территориях). Однако достигнутая к настоящему времени точность компьютерных методов интерпретации данных дистанционных измерений не может считаться удовлетворительной.

3. *Проблема экологической роли лесных пожаров.* Исследования экологической роли лесных пожаров проводятся во многих странах уже не первое десятилетие. В этих исследованиях успешно сочетаются наземные эксперименты с дистанционными измерениями на локальном и региональном уровнях [18, 20, 33, 34, 36, 38]. К настоящему времени стали яснее многие вопросы, касающиеся изменения экологических условий в результате пожарного воздействия, механизмов послепожарного лесовосстановления, вклада лесных пожаров в эмиссию углекислого газа в атмосферу [20, 24, 28, 33]. Совершенствуются методики раннего обнаружения пожаров и мониторинга послепожарной динамики темнохвойных лесов по данным космической съемки. Установлено, что влияние пожаров на лес является не только деструктивным. Реализация исследовательских программ, посвященных, в частности, выяснению роли пожаров в лесообразовательном процессе, оценке положительного эффекта управляемых выжиганий, будет продолжена. Однако наиболее тревожный аспект проблемы лесных пожаров связан с ожидаемым увеличением горимости бореальных лесов при возрастании средней годовой температуры в северных широтах. Предполагается, что пожары могут стать настолько частыми и интенсивными, что это приведет к катастрофическому сокращению площади бореальных лесов [33].

4. *Проблема борьбы с естественными вредителями леса.* Решение этой проблемы тесно связано с решением предыдущей проблемы. Многочисленные виды, использующие биомассу деревьев для питания и развития (грибы, бактерии, вирусы, насекомые), в первую очередь поражают ослабленные (в частности, после пожарного воздействия) древостои, и, наоборот, площади, на которых расположены древостои, погибшие в результате действия вредителей, имеют высокую потенциальную пожарную опасность. Вредители леса поражают древесную растительность на огромных площадях. Несмотря на то, что уже имеются дистанционные методы раннего обнаружения потенциально опасных очагов распространения вредителей, найдены довольно эффективные, основанные на знании биологических особенностей вредителей методы борьбы с ними, проблема борьбы с вредителями леса до сих пор стоит весьма остро.

5. *Проблема разработки стратегии устойчивого управления лесами.* В соответствии с закрепленным законодательно (Указ Президента РФ № 440 от 1 апреля 1996 г.) переходом Российской Федерации к устойчивому развитию, концепция «устойчивого управления лесами» стала рассматриваться как методологическая основа современного лесопользования в России. Следует отметить, что эта концепция не является просто данью моде. За последние годы произошло действительное изменение в понимании ценностей леса от чисто ресурсных к экологическим. Вопросы организации лесного хозяйства на территории России в последние годы почти всегда рассматриваются с учетом экологической роли лесов [45, 58]. Накопленный к настоящему времени огромный опыт ведения лесного хозяйства, достигнутое понимание экологических принципов, на основе которых может быть реализована идея неистощительного лесопользования, требуют обобщения и перевода в форму нормативных документов для лесоводов-практиков.

Информационной основой устойчивого управления лесами должны стать технологии ГИС. Уже обычной практикой стало решение задач анализа лесного покрова с использованием спутниковой информации [8, 13, 30, 31, 39, 41, 52]. Это не только использование дистанционных данных для классификации лесов, но и оценка изменений в них запасов фитомассы в естественном режиме и при основных разрушающих воздействиях (пожары, вспышки массового размножения насекомых, сплошные рубки, промышленное строительство). Использование спутниковых данных более чем для 1000 наземных пробных площадей позволило построить подробную карту текущих изменений фитомассы лесов для всей России [9]. На основе ГИС-технологий составлена карта нарушенности лесов Красноярского края в результате пожаров, рубок, сельскохозяйственных работ, промышленных эмиссий, деятельности энтомовредителей. Разработка эффективных ГИС-технологий имеет не только чисто научное, но и большое экономическое значение. Многофункциональная база данных созданной в Институте леса ГИС "Леса Средней Сибири" является для управленческих структур лесопромышленного комплекса края источником оперативной информации о текущем ресурсном потенциале лесов.

6. *Проблема прогнозирования изменения границ лесов в связи с глобальным изменением климата.* Для прогнозирования динамики лесной растительности в связи с изменением климата разработаны вегетационные модели, калибровка которых наиболее соответствует экосистемам высоких широт [43]. Расчеты по глобальной вегетационной модели в целом совпадают с результатами дистанционных измерений распределения фитомассы лесов. Согласно имеющимся оценкам, вследствие ожидаемых изменений климата на территории Северной Евразии ожидается наибольший рост температуры и значительное ответное воздействие лесных экосистем на атмосферу [4, 7]. Изменяются границы климатических типов хвойных растений [25]. В этой связи необходима оценка будущего биологического разнообразия древесных растений (как одного из показателей устойчивости экосистем) и построение различных моделей взаимосвязи климатических параметров с показателями роста и устойчивостью [16, 49, 50].

Основная часть бореальных лесов России расположена в зоне влияния вечной мерзлоты. Леса мерзлотной области простираются с запада на восток более чем на 7000 км и занимают около 49 % территории Сибири. Какова судьба лесов мерзлотной зоны в связи с потеплением климата? Экологические исследования на высокоширотных территориях охватывают в настоящее время большой круг вопросов, связанных с изучением и прогнозированием интенсивности усвоения и выбросов CO₂ лесами мерзлотной зоны при изменении температуры, изучением растворенного органического углерода, содержания белкового и небелкового азота в почвах, продуктивности и устойчивости насаждений [17, 19, 37, 40, 48]. Будут продолжены исследования экологической и лесообразующей роли пожаров в криолитозоне Сибири, запасов углерода и его динамики под воздействием лесных пожаров, пирогенной трансформации биоразнообразия, основных направлений послепожарных восстановительных сукцессий в лесных экосистемах Севера [1, 2].

7. *Проблема реконструкции климатических изменений и характеристик лесных экосистем в прошлом.* Свидетельства имевших место в прошлом глобальных и региональных изменений климата обнаруживаются на основе анализа особенностей структуры годовых колец деревьев, произрастающих в разных климатических и географических зонах. Годичные кольца деревьев являются надежными хранителями информации о климате в прошлом. Для получения материала, который используется для проведения дендроэкологических исследований, на территории Сибири создана сеть дендроклиматических станций [32]. На основе анализа радиального прироста установлено, что в течение второй половины голоцена приземная температура воздуха в субарктических областях Азии и Северной Америки имела, в целом, тенденцию к понижению [5, 35,

44]. Знание происходивших в прошлом изменений климата и отклика древесной растительности на эти изменения - основа для предсказания отклика бореальных лесов на ожидаемые в будущем климатические изменения.

8. *Проблема экологической роли болот Сибири.* Особая роль в депонировании органического вещества, конденсации в нем атмосферного углерода и азота принадлежит болотам, занимающим на территории Сибири огромные площади. Поэтому проблема оценки биосферной роли болот и заболоченных лесов Сибири, их вклада в биогеохимические циклы органического вещества и важнейших биогенных элементов, а также проблема сохранения экосистемного разнообразия и биоресурсов заболоченных территорий и изучения последствий антропогенного вмешательства в естественное развитие болот достаточно существенны [21, 59].

Все перечисленные выше проблемы не изолированы друг от друга. Кроме того, они имеют комплексный характер и включают в себя множество «подпроблем», явно здесь не указанных.

Сибирские леса в последние годы стали объектом широкого международного сотрудничества. В Институт леса ежегодно приезжают большие группы иностранных ученых для проведения совместных исследований. За последние 15 лет реализованы и пока еще находятся в стадии выполнения около 60 международных проектов. В Красноярске регулярно проводятся международные конференции и совещания по изучению лесных экосистем и их роли в биосферных процессах. Важность участия Института леса в международных проектах объясняется стремлением к поддержанию высокого уровня исследований, возможностью привлечения средств иностранных партнеров, уникальными возможностями для молодых сотрудников Института овладеть новейшими методами исследований.

Научный интерес к лесам России нашел отражение в новой стратегии Международной геосферно-биосферной программы (IGBP). Активное взаимодействие с другими крупными международными программами (например, по климатическим изменениям) предлагается осуществлять на региональном уровне, сформировав крупный региональный проект по Северной Евразии [55]. В рамках такого проекта удачно сочетаются цели и задачи уже работающих проектов IGBP. Расчеты параметров углеродного цикла (как и параметров круговорота других парниковых газов) должны быть составной частью глобальной сети наблюдений; ее развитие определяется результатами, полученными на локальном и региональном уровнях [47]. Также важны являются стратегия и тактика управления лесными территориями в свете требований Киотского протокола [27, 42]. Эта проблема должна решаться с учетом условий произрастания лесов, их пространственной мозаичности, сложности состава, роли в биогеохимических циклах.

В течение многих лет совместно с иностранными учеными проводятся исследования динамики основных биологических и биофизических процессов в лесных экосистемах Енисейского трансекта IGBP [3, 6, 15, 45]. В программу входят изучение состава, структуры и функций лесных экосистем, влияние лесных пожаров на экологию биомов, изучение биогеохимических циклов, антропогенной трансформации лесов и многое другое. Полученные по Енисейскому меридиану данные помогли начать реализацию нескольких крупных международных проектов по оценке аккумулирующей роли лесов Сибири, поддержанных Европейской комиссией [52, 53, 54].

Все названные выше проблемы экологии леса объединяет то, что они могут быть решены только в рамках системного подхода. Это означает, что специалисты, которые были бы способны решать проблемы такого рода, должны иметь фундаментальную подготовку по широкому спектру дисциплин из различных разделов биологии и, кроме этого, знать технологию системного анализа. Подготовка специалистов с таким особым комплексом знаний наилучшим образом отвечают программы биологических факультетов классических университетов. Учет лесной специфики выражается в открытии на факультетах специализаций (и кафедр) лесоведческой направленности. Ясно, что комплекс знаний, который получают выпускники таких кафедр, не ориентирован непосредственно на конкретные производственные задачи, но наличие его совершенно необходимо для решения любых экологических проблем.

Эти обстоятельства, а также то, что в Красноярске расположен Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН и что лес является одной из важнейших составляющих экономического потенциала Красноярского края, стали причинами создания в 2000 году на биологическом факультете КГУ кафедры лесоведения. Идея открытия кафедры с самого начала получила серьезную поддержку ректора КГУ А. С. Проворова и администрации Института леса. Одной из основных идей, приведших к созданию кафедры, была идея использования для подготовки специалистов с базовым образованием в области лесоведения и лесоводства кадрового и материального потенциала Института. Эта идея стала определяющей при организации учебного процесса.

Кафедра лесоведения во многих отношениях необычна. Прежде всего это «докторская» кафедра. Почти все сотрудники кафедры лесоведения являются докторами наук и руководителями отделов и лабораторий Института леса. Студентам кафедры лесоведения это дает ряд преимуществ, одна из них - возможность знакомства с достижениями и современными проблемами экологии леса по лекциям крупнейших специалистов, и возможность, начиная уже с третьего курса, включиться в научную работу по тематикам лабораторий Института. Следует отметить, что, по мнению авторов статьи, приведенный в первой части перечень проблем имеет большое значение для выбора студентами будущей сферы научной деятельности.

Одной из отличительных черт университетского образования служит обязательное включение в образовательный процесс элементов исследовательской деятельности. Все студенты кафедры обеспечены оснащенными рабочими местами и квалифицированным научным руководством. Все они имеют возможность посещать общеинститутский научный семинар по современным проблемам лесоведения и лесоводства и пользоваться фондами научной библиотеки Института леса. Одной из целей создания кафедры лесоведения является решение задачи подготовки научных кадров для исследовательской деятельности. В Институте сформировались и стараются привлечь способную молодежь разнообразные научные школы: таежного лесоводства и продуктивности лесов, мерзлотного лесоведения, таксации и лесопользования, морфологии леса, дендрологии и дендроклиматологии, картографии, использования аэрокосмической информации, лесной генетики и селекции, пирологии, зоологии, микробиологии, физиологии и биохимии древесных растений.

Экология леса становится все более точной наукой. Это означает, что подготовка лесоведа-эколога должна включать выработку навыков работы с современными точными измерительными приборами, а также изучение специальных компьютерных и расчетных методов. Этим образовательным целям служит включение в учебный план кафедры курсов «ГИС лесных территорий», «Моделирование лесных экосистем» а также математически насыщенных глав в курсах «Экология леса», «Лесная таксация и ресурсоведение».

Лесоведение и научное лесоводство не могут существовать без длительных натуральных наблюдений и опытов. Поэтому кафедра уделяет большое внимание формированию у студентов навыков экспедиционной работы. Экспедиционные отряды работают, в частности, в районах расположения научных стационаров Института леса: Томском, Эвенкийском, Ермаковском, Хакасском и экспериментальной базе "Погорельский бор". Нередко студенты участвуют в международных научных экспедициях. Материалы, полученные во время экспедиций, используются студентами при выполнении курсовых и дипломных работ и подготовке научных публикаций.

Кафедра разделяет многие идеи популярной сейчас системы менеджмента качества подготовки специалистов, однако основными критериями качества подготовки считается степень самостоятельности при работе над выбранной темой и способность представить и защитить полученные результаты.

Содержание подготовки выпускника кафедры лесоведения можно условно разделить на две составляющие: научное лесоведение и научное лесоводство. Все студенты имеют дополнительную подготовку в области лесного законодательства, знакомы с методами организации и проведения экологической экспертизы. Предполагается, что выпускники кафедры смогут работать в научно-исследовательских учреждениях лесо-экологического профиля, в сфере образования, экологических службах, управленческих структурах лесной отрасли, природоохранных организациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаимов А. П. Экологическая и лесообразующая роль пожаров в криолитозоне Сибири / А. П. Абаимов, С. Г. Прокушкин, О. А. Зырянова, Ю. Каназава, К. Такахаши // Лесоведение. - 2001. - № 5. - С. 50-59.
2. Абаимов А. П. Оценка и прогноз послепожарного состояния лиственницы Гмелина на мерзлотных почвах Средней Сибири / А. П. Абаимов, С. Г. Прокушкин, В. Г. Суховольский, Т. М. Овчинникова // Лесоведение. - 2004. № 2. - С. 3-11.
3. Биеньковски П. Трансформационные процессы в подстилках бореальных лесов / П. Биеньковски, А. А. Титлянова, С. В. Шибарева // Сиб. экол. журнал. - 2003. - № 6. - С. 707-712.
4. Будыко М. Н. Антропогенные изменения климата / М. Н. Будыко, Ю. А. Израэль. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 406 с.
5. Ваганов Е. А. Длительные климатические изменения в арктической области Северного полушария / Е. А. Ваганов, К. А. Бриффа, М. М. Наурзбаев, Ф. Г. Швейнгрубер, С. Г. Шиятов, В. В. Шишов // ДАН. - 2000. - Т. 375, № 1. - 103-106.
6. Ведрова Э. Ф. Структура органического вещества северо-таежных экосистем Средней Сибири / Э. Ф. Ведрова, Ф. И. Плешиков, В. Я. Каплунов // Лесоведение. - 2002. - № 6. - С. 3-12.
7. Величко А. А. Глобальные изменения климата и реакция ландшафтной оболочки / А. А. Величко // Изв. АН СССР. Сер. геогр. наук. - 1991. - № 5. - С. 5-22.
8. Им С. Т. Картирование растительности на основе съемки RADARSAT / С. Т. Им, С. М. Горожанкина, В. И. Харук, Дж. К. Рэнсон // Исследование Земли из космоса. - 2004. - № 3. - С. 1-12.
9. Исаев А. С. В России появилась цифровая карта лесов / А. С. Исаев // Наука. Из первых рук. - 2004. - № 0. - С. 80-89.
10. Исаев А. С. Оценка запасов и годовичное депонирование углерода в фитомассе лесных экосистем России / А. С. Исаев, Г. Н. Коровин, А. И. Уткин, А. А. Пряжников, Д. З. Замолотчиков // Лесоведение. - 1993. - № 5. - С. 3-10.
11. Кондратьев К. Я. Изменение глобального климата: реальность, предположения и вымысел / К. Я. Кондратьев // Исследование Земли из космоса. - 2002. - № 1. - С. 3-23.
12. Коропачинский И. Ю. Древесные растения Азиатской России / И. Ю. Коропачинский, Т. Н. Встовская. - Новосибирск: изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. - 708 с.

13. Корец М. А. Методы индикации экологических характеристик лесных территорий по данным со спутника «Ресурс-01» с использованием ГИС / М. А. Корец, В. П. Черкашин, В. А. Рыжкова // Исследование Земли из космоса. - 2000. - № 5. - С. 74-81.
14. Лесной фонд России (по учету на 1 января 1998 года): Справочник / М.: ВНИИЦлесресурс, 1999. - 649 с.
15. Лесные экосистемы Енисейского меридиана / Отв. ред. Ф. И. Плешиков. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. - 357 с.
16. Милютин Л. И. Биоразнообразие лесообразующих видов древесных растений в бассейне Енисея / Л. И. Милютин, Е. Н. Муратова, А. Я. Ларионова, Н. А. Кузьмина, Г. В. Кузнецова, О. С. Владимирова, Н. В. Яхнева, Д. В. Кокорин // Сиб. экол. журнал. - 2003. - Т. 10, № 6. - С. 687-695.
17. Прокушкин А. С. Растворенный органический углерод в водотоках мерзлотной зоны Центральной Эвенкии / А. С. Прокушкин, А. П. Абаимов, С. Г. Прокушкин, И. В. Гавриленко // Там же. - С. 727-734.
18. Софронов М. А. Влияние пожаров на баланс углерода в бореальной зоне: создание информационной базы данных для моделей / М. А. Софронов, А. З. Швиденко, И. Г. Голдаммер, А. В. Волокитина // Лесоведение. - 2000. - № 4. - С. 3-8.
19. Судачкова Н. Е. Особенности депонирования и использования резервных веществ северными популяциями сибирских видов хвойных / Н. Е. Судачкова, И. Л. Милютина, Г. П. Семенова // Сиб. экол. журнал. - 2003. - Т. 10, № 6. - С. 721-726.
20. Сухинин А. И. Картирование и краткосрочное прогнозирование пожарной опасности в лесах Восточной Сибири по спутниковым данным / А. И. Сухинин, Е. И. Пономарев // Там же. - 2003. - № 6. - С. 669-675.
21. Углерод в экосистемах лесов и болот России / Под ред. В. А. Алексеева и Р. А. Бердси - Красноярск, 1994. - 204 с.
22. Уткин А. И. Углеродный цикл и лесоводство / А. И. Уткин // Лесоведение. - 1995. - № 5. - С. 3-20.
23. Уткин А. И. Леса России как резервуар органического углерода биосферы / А. И. Уткин, Д. Г. Замолодчиков, О. В. Честных, Г. Н. Коровин, Н. В. Зукерт // Лесоведение. - 2001. - № 5. - С. 8-23.
24. Фуряев В. В. Трансформация структуры и экологических функций лесов Средней Сибири под воздействием пожаров / В. В. Фуряев, Ф. И. Плешиков, Л. П. Злобина, Е. А. Фуряев // Лесоведение. - 2004. - № 6. - С. 50-57.
25. Чебакова Н. М. Перераспределение растительных зон и популяций лиственницы сибирской и сосны обыкновенной в Средней Сибири при потеплении климата / Н. М. Чебакова, Дж. Рейфельдт, Е. И. Парфенова // Сиб. экол. журнал. - 2003. - Т. 10, № 6. - С. 677-686.
26. Честных О. В. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России / О. В. Честных, Д. Г. Замолодчиков, А. И. Уткин // Лесоведение. - 2004. - № 4. - С. 30-42.
27. Швиденко А. З. Биосферная роль лесов России на старте третьего тысячелетия: углеродный бюджет и протокол Киото / А. З. Швиденко, Е. А. Ваганов, С. Нильссон // Сиб. экол. журнал. - 2003. - № 6. - С. 649-658.
28. Alekseyev V. A. Carbon storage in the Asian Boreal Forests of Russia / V. A. Alekseyev, R. A. Birdsey, V. D. Stakanov, I. A. Korotkov // Fire, Climate Change and Carbon Cycling in the Boreal Forests. Springer-Verlag. - New York, 2000. - P. 239-257.
29. Apps M. J. Carbon Budget of Boreal Forests of the American Continent / M. J. Apps // Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales. Abstrs of XI Int. Conf. IBFRA and Workshop GOF. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 8.
30. Bartalev S. A. A land cover database for forest and land management in Northern Eurasia / S. A. Bartalev, A. S. Belward, D. V. Ershov, A. S. Isaev // Там же. - P. 10.
31. Bergen K. NASA and Russian scientists observe land-cover/land-use change and carbon in Russian forests / K. Bergen, S. Conard, R. Houghton, E. Kasischke, V. I. Kharuk, O. Krankina, J. Ranson, H. H. Shugart, A. I. Sukhinin, R. Treyfield // J. of Forestry. - 2003. - N 6. - P. 34-41.
32. Briffa K. R. Low-frequency temperature variations from the northern tree-ring-density network / K. R. Briffa, T. J. Osborn, F. H. Schweingruber, I. C. Harris, P. D. Jones, S. G. Shiyatov, E. A. Vaganov // J. Geophys. Res. - 2001. - Vol. 106. - N 3. - P. 2929-2941.
33. Conard S. G. Fire in boreal ecosystems: a key process in global and regional ecology, carbon cycles, and atmospheric chemistry / S. G. Conard // Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales. Abstrs of XI Int. Conf. IBFRA and Workshop GOF. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 22-23.
34. Conard S. G. Determining Effects of Area Burned and Fire Severity on Carbon Cycling and Emissions in Siberia / S. G. Conard, A. I. Sukhinin, B. J. Stocks, D. R. Cahoon, E. P. Davidenko, G. A. Ivanova // Climatic Change. - 2002. - Vol. 55, N 1-2. - P. 197-211.
35. Engster W. Land - atmospheric energy exchange in arctic tundra and boreal forest: available data and feed backs to climate / W. Engster, R. Rouse, A. Pielke, J. P. McFadden, D. D. Baldocchi, T. G. Kittel, F. S. Chapin III, G. E. Listen, P. L. Vidale, E. A. Vaganov, S. Chambers // Global Change Biology. - 2000. - Vol. 6 (suppl.). - P. 84-115.

36. Ivanova G. A. Impact of fire on the carbon budget in pine forests of central Siberia / G. A. Ivanova, V. D. Perveznikova, S. G. Conard // Proc. of Conf. the Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget. - Edmonton, 2002. - P. 279-288.
37. Kajimoto T. Root system development of *Larix gmelinii* trees in relation to micro-scale conditions of permafrost soils / T. Kajimoto, Y. Matsuura, A. S. Prokushkin, A. P. Abaimov // Proc. of the 9-th Symp. on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 2000. - Sapporo, 2001. - P. 27-35.
38. Kasischke E. S. Influences of boreal fire emissions on Northern Hemisphere atmospheric carbon and carbon monoxide / E. S. Kasischke, E. J. Hyer, P. C. Novelli, L. P. Bruhwiler, N. H. F. French, A. I. Sukhinin, J. H. Hewson, B. J. Stocks // Glob. Biogeochem. Cycles. - 2004. - Vol. 15. - P. 955-966.
39. Kharuk V. I. Mapping of Siberian forest landscapes along the Yenisey transect with AVHRR / V. I. Kharuk, K. J. Ranson, T. A. Burenina, E. V. Fedotova // Int. J. Remote Sensing. - 2003. - Vol. 24, No. 1. - P. 23-37.
40. Korotkii T. Effects of Soil Temperature on the Contents of Nitrogen Compounds in Seedlings of *Larix gmelinii* Regenerated on Permafrost in Central Siberia / T. Korotkii, S. G. Prokushkin, Y. Matsuura, T. Koike // Eurasian J. For. Res. - 2002. - Vol. 5. - P. 39-48.
41. Krankina O. N. Integration of MODIS, Landsat, and ground data for large-scale mapping of land cover and forest biomass in Russia / O. N. Krankina, Houghton R. A., Schlesinger P., Oetter D., Maieringer T., W. B. Cohen, R. F. Treylfeld, T. Stone, D. Butman // Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales. Abstrs of XI Int. Conf. IBFRA and Workshop GOFC. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 48.
42. Kurz W. A. Implications of the Kyoto protocol for boreal forest management / W. A. Kurz // Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales. Abstrs of XI Int. Conf. IBFRA and Workshop GOFC. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 49-50.
43. McGuire A. D. Environmental variation, vegetation distribution, carbon dynamics, and water/energy exchange in high latitudes / A. D. McGuire, C. Wirth, M. Apps, J. Beringer, J. Clein, H. Epstein, D. W. Kicklighter, J. Bhatti, F. S. Chapin III, B. de Groot, D. F. Efremov, W. Eugster, M. Fukuda, T. Gower, L. Hinzman, B. Huntley, G. J. Jia, E. Kasischke, J. Mellilo, V. Romanovsky, A. Z. Shvidenko, E. A. Vaganov, D. Walker // J. Vegetation Sci. - 2002. - Vol. 13, N 3. - P. 301-314.
44. Naurzbaev M. M. Tree-ring Age Curves as Sources of Climatic Information / M. M. Naurzbaev, M. K. Hughes, E. A. Vaganov // Quaternary Research. - 2004. - Vol. 62, No 2. - P. 126-133.
45. Pisarenko A. I. Boreal forests and global stability of biosphere / A. I. Pisarenko // Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales. Abstrs of XI Int. Conf. IBFRA and Workshop GOFC. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 68.
46. Pleshikov F. I. Production process and carbon budget in boreal forest ecosystems of Yenisey transect / F. I. Pleshikov, E. F. Vedrova, V. Ya. Kaplunov // Там же. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 69.
47. Plummer S. Establishing an earth observation product service for carbon accounting: the GLOBCARBON initiative / S. Plummer, O. Arino, M. Simon // Там же. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 69.
48. Prokushkin A. S. Dissolved Organic Carbon in Coniferous Forests of Central Siberia / A. S. Prokushkin, S. G. Prokushkin, H. Shibata, Y. Matsuura, A. P. Abaimov // Eurasian J. For. Res. - 2001. - Vol. 2. - P. 45-58.
49. Rehfeldt G. E. Assessing Population Responses to Climate in *Pinus sylvestris* and *Larix* spp. of Eurasia with Climate-Transfer Models / G. E. Rehfeldt, N. M. Tchebakova, L. I. Milyutin, E. I. Parfenova, W. R. Wykoff, N. A. Kouzmina // Там же. - 2003. - Vol. 6, N 2. - P. 83-98.
50. Savva Yu. V. Influence of Climate Changes on Tree-Ring Characteristics of Scots Pine Provenances in Southern Siberia (Forest-Steppe) / Yu. V. Savva, F. H. Schweingruber, E. A. Vaganov, L. I. Milyutin // IAWA Journal. - 2003. - Vol. 24, N 4. - P. 371-383.
51. Siltanen R. M. A soil profile and organic carbon data base for Canadian forest and tundra mineral soils / R. M. Siltanen, M. J. Apps, S. C. Zoltai, R. M. Mair, W. L. Strong. - Edmonton: Northern Forestry Centre, 1997. - 50 p.
52. Schmullius Ch. Remote sensing for assessing the structure and functioning of boreal forest ecosystems: sensor system and data products in SIBERIA-II - a multi-sensor approach for full greenhouse gas accounting in Siberia / Ch. Schmullius, S. Hese, A. Z. Shvidenko // Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales. Abstrs of XI Int. Conf. IBFRA and Workshop GOFC. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 76.
53. Schulze E.-D. The Eurosiberian Transect: an introduction to the experimental region / E.-D. Schulze, N. N. Vygodskaya, N. M. Tchebakova, C. I. Czimczik, D. N. Kozlov, J. Lloyd, D. Mollicone, E. I. Parfenova, K. N. Sidorov, A. V. Varlagin, C. Wirth // Tellus. - 2002. - Ser. B. Vol. 54. N 5. - P. 421-428.
54. Shibistova O. B. Seasonal and Spatial Variability in Soil CO₂ Efflux Rates for a Central Siberian *Pinus sylvestris* Forest / O. B. Shibistova, J. Lloyd, S. Yu. Evgrafova, N. Savushkina, G. K. Zrazhevskaya // Там же. - P. 552-468.
55. Shvidenko A. Z. On an integrated project on estimation the role of Northern Eurasia forests in global biogeochemical cycles / A. Z. Shvidenko, Ch. Schmullius, M. Apps, K. Bergen, J. Cihlar, D. F. Efremov, R. A. Houghton, D. McGuire, S. Nillson, F. I. Pleshikov, V. A. Rozhkov, E. A. Vaganov, W. Steffen, D.-E. Schulze //

- Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales. Abstrs of XI Int. Conf. IBFRA and Workshop GOFС. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 81-82.
56. Stolbovoi V. Carbon content in forest soils of Russia / V. Stolbovoi // Там же. - P. 86-87.
57. Vaganov E. A. The biospheric role of Eurasian boreal forests in a temporary and future world / E. A. Vaganov, A. Z. Shvidenko // Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales. Abstrs of XI Int. Conf. IBFRA and Workshop GOFС. - Krasnoyarsk, 2002. - P. 94-95.
58. Vekshin V. N. Problems of forest management in Siberia / V. N. Vekshin, V. M. Skudin, V. A. Sokolov // Там же. - P. 98.
59. Yefremov S. P. Present stocks of peat and organic carbon in bog ecosystems of West Siberia carbon storage and atmospheric exchange by West Siberian peatlands / S. P. Yefremov, T. T. Efremova // ISBN 90-806594-1-X FGUU scientific reports 2001-1. - Utrecht-Tomsk. 2001. - P. 73-78.

**MODERN PROBLEMS OF FOREST ECOLOGY
AND SPECIFIC OF HIGH EDUCATION OF SPECIALISTS IN THE FIELD
OF FOREST SCIENCE AND ECOLOGY
ON BIOLOGICAL FACULTIES OF UNIVERSITIES**

E. A. Vaganov, E. N. Muratova, V. B. Kruglov

Modern problems of forest ecology and connected with these problems of high education of specialists that capable to decide these problems have been analysed. Content of these problems mainly have relation to ecology of boreal forests occupying large part of Russia and Krasnoyarsk Territory. It is noted that problems of forest ecology are in the number of the more actual problems standing before world community. Some specific of high education of specialists in the field of forest science and ecology are given (a study case of forest science department of Krasnoyarsk State University).