

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

УДК 574.4:004.652

СОЗДАНИЕ БАЗ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Т. А. Михайлова¹, О. В. Калугина¹, О. В. Шергина¹, Л. В. Афанасьева²

¹ Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132

² Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

E-mail: mikh@sifibr.irk.ru, olignat32@inbox.ru, sherolga80@mail.ru, afanl@mail.ru

Поступила в редакцию 03.03.2020 г.

Созданы две геоинформационные базы данных о параметрах сосновых лесов Байкальского региона. В базе данных «Элементный химический состав хвои сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в Предбайкалье» содержатся полученные авторами данные о количественном содержании 39 элементов и 20 органических поллютантов в хвое сосны на 162 пробных площадях (ПП), заложенных в южной части территории Иркутской области, где располагается крупная промышленная зона, аэровыбросы которой являются одной из главных причин загрязнения лесов региона. Собраны сведения об изменении элементного состава хвои в динамике с 1992 по 2018 г. Приводятся следующие данные: 107 типов сосняков, 50 типов почв, 59 химических элементов и органических поллютантов. Вторая база данных «Эколого-физиологическое состояние сосновых лесов водосборного бассейна оз. Байкал» содержит сведения о лесах, расположенных в основном на территории Бурятии. Для каждой ПП указаны географические координаты, ландшафтное местоположение, тип леса, тип почвы, параметры жизненного состояния древостоев, природные и антропогенные факторы, оказывающие негативное влияние на состояние лесов. Базы данных содержат большой объем информации для автоматизации сбора и структурирования сведений о состоянии лесов, анализа запрашиваемых данных, формирования информационной основы для ГИС, что представляет как научный, так и практический интерес при планировании работ по рациональному лесопользованию.

Ключевые слова: геоинформационные базы данных, сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L., пробная площадь, водосборный бассейн оз. Байкал, Предбайкалье.

DOI: 10.15372/SJFS20200301

ВВЕДЕНИЕ

Биогеографическая и ресурсная уникальность Байкальского региона обуславливает актуальность создания доступных баз данных (БД), содержащих современную информацию о состоянии природной среды, особенно на территориях, подвергающихся воздействию негативных факторов. В такой информационной поддержке остро нуждаются исследования ле-

сов, в том числе в аспекте экологической оценки изменения их средообразующего и средовосстанавливающего потенциала. Для этого требуются систематизация данных, их представление в понятной форме и дальнейший релевантный анализ в зависимости от целевого запроса. Особую значимость имеют работы по созданию БД для многолесных территорий, к которым относится Байкальский регион. Интерес исследователей к этой тематике постоянно возрастает. Так,

для хвойных лесов Сибири и Северной Евразии созданы геоинформационные БД с разнообразными атрибутивными данными – по систематике и полиморфизму хвойных (Князева и др., 2005), динамике дендрохронологических шкал (Антонов, Осолков, 2013), видоспецифичности фотосинтетического процесса и дыхания стволов хвойных деревьев (Суворова, Иванова, 2018; Суворова и др., 2019), распространению хвоегрызущих насекомых и других вредителей леса (Плешанов и др., 2010; Антонов, Силаев, 2018), геоботаническим описаниям и структуре лесного сообщества (Заугольнова и др., 2014), изменению запасов фитомассы в ряде геосистем (Солодянкина, Вантеева, 2017), продуктивности лесов (Усольцев, 2007). О необходимости цифровизации лесной науки шла речь и на Национальном лесном форуме в г. Красноярске (2019), при этом подчеркивалась важность консолидации всей необходимой информации по лесу в единую БД. Поэтому на данном временном этапе существует потребность в накоплении сведений в виде региональных БД для последующего их введения в планируемую единую для страны БД по состоянию лесных ресурсов.

Цель данной работы – обсуждение опыта создания геоинформационных баз данных о состоянии сосновых лесов Байкальского региона с акцентом на территории, испытывающей влияние негативных антропогенных факторов, включая техногенное загрязнение и рекреационную нагрузку.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве растения-индикатора состояния лесов региона выбрана сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L. – широко распространенный вид в Байкальской Сибири и в большинстве случаев эдификатор в лесных экосистемах. Сосна обыкновенная отличается не только широкой экологической амплитудой приспособленности к условиям произрастания, но и высокой чувствительностью к воздействию негативных факторов, что объясняет ее повсеместное применение в биоиндикационных исследованиях. Показано, что хвоя сосны обыкновенной может считаться универсальным биоиндикатором атмосферного загрязнения, поскольку характеризуется выраженными аккумуляционными свойствами по отношению к органическим и неорганическим загрязнителям и является все-сезонным тест-объектом в отличие от листопадных видов древесных растений (Горшков, 2008;

Михайлова и др., 2008). Кроме того, элементный химический состав хвои адекватно отражает тип минерального питания деревьев и древостоев, что важно при исследовании уровня их продуктивности (Moilanen et al., 2013; Mikhailova et al., 2014). Для оценки эколого-физиологического состояния сосновых древостоев помимо данных об элементном составе хвои в БД введены сведения о морфоструктурных параметрах крон, побегов и хвои, что увеличивает информативность при характеристике ростовых процессов деревьев из разных мест произрастания.

Для создания БД «Элементный химический состав хвои сосны обыкновенной в Предбайкалье» полигоном сбора данных служила территория южной части Иркутской области, где располагается крупная промышленная зона, аэровыбросы которой являются значимым фактором загрязнения лесов региона. Для второй БД «Эколого-физиологическое состояние сосновых лесов водосборного бассейна оз. Байкал» сбор данных осуществлялся на водосборной территории оз. Байкал, которая находится в основном на территории Бурятии. Обе созданные БД имеют идентичные программное обеспечение (ПО версия QGIS Desktop 3.4.11 long term release) и структурный алгоритм, поэтому, на наш взгляд, достаточно привести подробное описание одной из них – БД «Элементный химический состав хвои сосны обыкновенной в Предбайкалье».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

БД создана, заполняется и модифицируется в системе управления базами данных (СУБД) Access в среде Windows. В структурно-смысловом отношении БД состоит из нескольких блоков: географического, экологического и аналитического. Географический блок содержит данные о месторасположении пробной площади (ПП), для чего вводятся: географические координаты, административный район, приуроченность к географическим объектам, промышленному центру, под действие выбросов которого преимущественно подпадает ПП. Экологический блок включает информацию о древостое в целом на каждой ПП в момент обследования (состав древостоя и его полнота, сомкнутость крон, тип почвы) и, в частности, о насаждениях сосны (уровень дефолиации крон деревьев, диаметр, высота, объем стволов деревьев). Аналитический блок включает информацию о количественном содержании отдельных химических

элементов (всего 39 элементов) и органических соединений (20 соединений) в хвое сосны, отобранной на ПП в период с 1992 по 2018 г.

Каждый блок БД состоит из таблиц, запросов, форм и отчетов. В запросах производится выбор полей исходных таблиц и последовательности, в которой они будут включены в таблицу результатов, а также осуществляется первичный анализ занесенных данных. В режиме формы можно редактировать имеющиеся и добавлять новые данные в любую из таблиц. Форма позволяет пользователю работать с любыми данными всех таблиц. При этом в качестве источника данных для формы может использоваться как сама таблица, так и разработанный для нее запрос, обеспечивая тем самым отображение на экране самой актуальной информации. Данные, добавленные в БД, можно использовать в процессе ввода новых записей в таблицы. Это позволяет избежать многих ошибок при ручном вводе. С помощью отчетов можно просматривать, форматировать и группировать информацию в БД.

Каталоги файлов, логическая структура, поля базы данных. БД состоит из двух файлов в формате MS Office 2010 Access, она создана и эксплуатируется в этой СУБД. Первый файл «PINUS.accdB» представляет собой набор запросов, форм и отчетов пользовательского интерфейса для работы с базой. Вторым файлом «PINUS_be.accdB» содержит таблицы с данными базы. Оба файла должны находиться в одной директории с названием «ELEMENT», расположенной на диске D:\ под управлением операционной системы Windows с установленным пакетом приложений MS Office 2007 или выше. При входе в базу данных появляются 7 полей (рис. 1). Поля «Пробная площадь», «Проба» и «Анализ» являются основными, поля «Элемент», «Тип

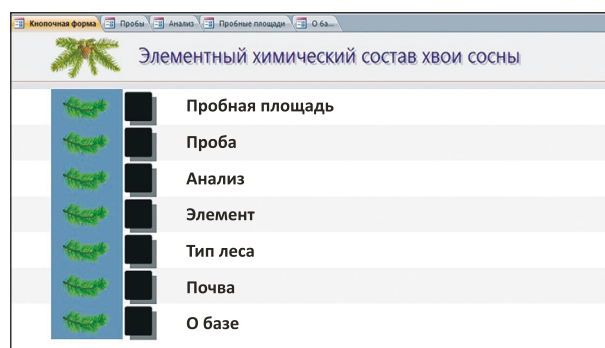


Рис. 1. Перечень полей разработанной базы данных.

леса» и «Почва» – справочными, поле «О базе» – это данные о разработчиках и правообладателе. В поле «Пробная площадь» содержится информация о каждой из 162 ПП, т. е. описание точного местонахождения, лесорастительных условий, данные о типе леса, почвы, об источнике загрязнения, под выбросы которого подпадает та или иная ПП.

Информация по всем характеристикам каждой ПП излагается в табличной форме. Каждая ПП нанесена на интерактивную карту через ГИС (рис. 2).

В поле «Проба» приводится информация о пробах хвои сосны, которые отобраны на ПП в разные годы наблюдений. Всего введены данные о 365 ПП. Обследования сосновых древостоев на некоторых ПП носили мониторинговый характер, поэтому несколько проб могут быть привязаны к одной и той же ПП. Например, на ПП 1 отобрано 29 проб в период с 1992 по 2014 г. Для каждой пробы указана дата отбора, а также приведена характеристика соснового древостоя на момент отбора пробы: тип леса, почвы, формула древостоя, его полнота, сомкнутость, дефолиация крон, диаметр, высота и объем стволов.

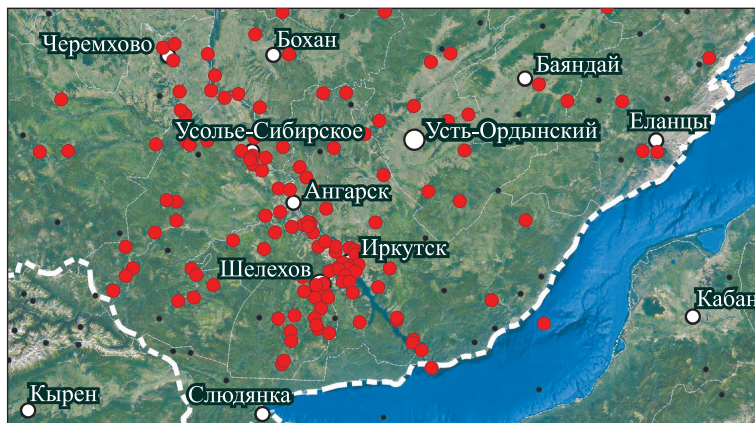


Рис. 2. Фрагмент интерактивной карты Предбайкалья с указанием местоположений ПП.

Таблица 1. Описание условий и времени отбора пробы на ПП

Имя поля	Тип данных	Описание
ID	Счетчик	Глобальный внутренний идентификатор (служебное поле для работы реляционной базы данных). Тип – счетчик
AreaID	Числовой	ПП. Поле берется из справочной таблицы «Пробные площади». Отображается значение имени ПП. Тип – длинное целое число
ProbeDate	Дата/время	Дата взятия пробы. Тип – дата/время
ForestID	Числовой	Лесорастительные условия на момент взятия пробы. Поле берется из справочной таблицы «Тип леса». Отображается значение поля «Тип леса». Тип – длинное целое
GroundsID	»	Тип почвы на момент взятия пробы. Поле берется по справочной таблице «Типы почв». Тип – длинное целое
ForestFormula	Текстовый	Формула древостоя на момент взятия пробы. Строка в формате формулы древостоя. Тип – строка
ForestFullness	Числовой	Полнота древостоя на момент взятия пробы, изменяется от 0.1 до 0.9. Тип – числовой с плавающей точкой
ForestCloseness	»	Сомкнутость древостоя на момент взятия пробы, изменяется от 0.1 до 0.9. Тип – числовой с плавающей точкой
ForestDefoliation	»	Дефолиация древостоев на момент взятия пробы в процентах. Тип – целое число
ForestTreeHight	»	Высота деревьев на площадке (h) на момент взятия пробы, м. Тип – целое число
ForestTreeDiameter	»	Диаметр ствола деревьев на площадке (d) на момент взятия пробы, м. Тип – целое число
ForestWoodVolume	Вычисляемый	Объем ствола деревьев на площадке на момент взятия пробы, м ³ . Тип – вычисляемое поле
Comments	Поле МЕМО	Примечания к пробе. Тип – мемо

Таблица 2. Результаты анализа содержания элементов в пробе

Имя поля	Тип данных	Описание
ID	Счетчик	Глобальный внутренний идентификатор (служебное поле для работы реляционной базы данных)
ProbeID	Числовой	Проба. Поле берется по ID из основной таблицы «Пробы». Отображается как строка, состоящая из имени ПП и даты сбора
ElementID	»	Элемент. Поле берется по ID из справочной таблицы «Элементы». Отображается строкой с названием элемента
Result	»	Числовое значение результатов анализа
Grade	»	10, возведенное в эту степень
ExResult	Вычисляемый	Результат анализа – абсолютное значение
Unit	Текстовый	Единицы измерения. Поле с фиксированным набором значений: доля от сухой массы, %, мг/кг, нг/г
Comments	Поле МЕМО	Примечания к анализу

Таким образом, для этой ПП в базе содержится 29 страниц данных по содержанию химических элементов в хвое сосны. Ввод сведений в поле «Проба» осуществляется в табличной форме (табл. 1).

В поле «Анализ» вносится информация о содержании отдельных химических элементов в пробах хвои сосны, отобранных в определенное время на конкретной ПП. Всего в базу данных занесено 7400 значений элементов. Указаны так-

же единицы измерения того или иного элемента (доля от сухой массы, %, нг/г или мг/кг). Для того чтобы найти необходимую пробу, необходимо включить фильтр и в поле «Проба» выделить интересующую пробу. Данные представлены в соответствующей табличной форме (табл. 2).

В поле «Элемент» содержится информация о химических элементах, количественное содержание которых определяется в хвое сосны. Всего даны сведения о 59 химических элементах и

Элементный химический состав хвои сосны																																																																																																																																											
Одна страница Две страницы Другие страницы Обновить все Excel Текстовый файл PDF или XPS Отправить по электронной почте Дополнительно Закреть окно предварительного просмотра Масштаб Данные																																																																																																																																											
из пробы Элементы Типы леса Типы почв Отчёт анализ проб ПП																																																																																																																																											
№1 (27.07.2010) - д. Олга, за МТФ, 1,5 км северо-восточнее села <table> <tr> <th>Элемент</th><th>Результат анализа</th><th>Умноженное</th><th>Единицы измерения</th></tr> <tr><td>Азот</td><td>1,376</td><td>10^0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Азот белковый</td><td>1,112</td><td>10^0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Азот небелковый</td><td>0,264</td><td>10^0</td><td>%</td></tr> <tr><td>Барий</td><td>8,723</td><td>10^{-4}</td><td>%</td></tr> <tr><td>Барий</td><td>0,771</td><td>10^{-3}</td><td>%</td></tr> <tr><td>Ванадий</td><td>4,81</td><td>10^{-5}</td><td>%</td></tr> <tr><td>Вольфрам</td><td>1,025</td><td>10^{-6}</td><td>%</td></tr> <tr><td>Железо</td><td>1,88</td><td>10^{-2}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Кадмий</td><td>4,667</td><td>10^{-6}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Калий</td><td>0,472</td><td>10^0</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Кальций</td><td>0,388</td><td>10^0</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Кобальт</td><td>2,283</td><td>10^{-5}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Кремний</td><td>18,13</td><td>10^{-2}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Литий</td><td>11,35</td><td>10^{-5}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Магний</td><td>0,1115</td><td>10^0</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Марганец</td><td>5,027</td><td>10^{-2}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Медь</td><td>1,389</td><td>10^{-4}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Молибден</td><td>10,264</td><td>10^{-6}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Мышьяк</td><td>22,342</td><td>10^{-6}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Натрий</td><td>1,24</td><td>10^{-2}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Никель</td><td>4,102</td><td>10^{-4}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Свинец</td><td>8,361</td><td>10^{-5}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Селен</td><td>1,757</td><td>10^{-5}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Сера</td><td>4,923</td><td>10^{-2}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Соотношение фракций азота</td><td>4,212</td><td>10^0</td><td></td></tr> <tr><td>Стронций</td><td>0,872</td><td>10^{-1}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Титан</td><td>0,691</td><td>10^{-3}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Торий</td><td>2,303</td><td>10^{-6}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Уран</td><td>9,947</td><td>10^{-7}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Фосфор общий</td><td>0,16</td><td>10^0</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Фтор</td><td>8,499</td><td>10^0</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Хром</td><td>1,799</td><td>10^{-4}</td><td>% от сухой массы</td></tr> <tr><td>Цинк</td><td>3,505</td><td>10^{-3}</td><td>% от сухой массы</td></tr> </table> №1 (27.07.2010) - д. Олга, за МТФ, 1,5 км северо-восточнее села Элемент Результат анализа Умноженное Единицы измерения 28 марта 2019 г.				Элемент	Результат анализа	Умноженное	Единицы измерения	Азот	1,376	10^0	%	Азот белковый	1,112	10^0	%	Азот небелковый	0,264	10^0	%	Барий	8,723	10^{-4}	%	Барий	0,771	10^{-3}	%	Ванадий	4,81	10^{-5}	%	Вольфрам	1,025	10^{-6}	%	Железо	1,88	10^{-2}	% от сухой массы	Кадмий	4,667	10^{-6}	% от сухой массы	Калий	0,472	10^0	% от сухой массы	Кальций	0,388	10^0	% от сухой массы	Кобальт	2,283	10^{-5}	% от сухой массы	Кремний	18,13	10^{-2}	% от сухой массы	Литий	11,35	10^{-5}	% от сухой массы	Магний	0,1115	10^0	% от сухой массы	Марганец	5,027	10^{-2}	% от сухой массы	Медь	1,389	10^{-4}	% от сухой массы	Молибден	10,264	10^{-6}	% от сухой массы	Мышьяк	22,342	10^{-6}	% от сухой массы	Натрий	1,24	10^{-2}	% от сухой массы	Никель	4,102	10^{-4}	% от сухой массы	Свинец	8,361	10^{-5}	% от сухой массы	Селен	1,757	10^{-5}	% от сухой массы	Сера	4,923	10^{-2}	% от сухой массы	Соотношение фракций азота	4,212	10^0		Стронций	0,872	10^{-1}	% от сухой массы	Титан	0,691	10^{-3}	% от сухой массы	Торий	2,303	10^{-6}	% от сухой массы	Уран	9,947	10^{-7}	% от сухой массы	Фосфор общий	0,16	10^0	% от сухой массы	Фтор	8,499	10^0	% от сухой массы	Хром	1,799	10^{-4}	% от сухой массы	Цинк	3,505	10^{-3}	% от сухой массы
Элемент	Результат анализа	Умноженное	Единицы измерения																																																																																																																																								
Азот	1,376	10^0	%																																																																																																																																								
Азот белковый	1,112	10^0	%																																																																																																																																								
Азот небелковый	0,264	10^0	%																																																																																																																																								
Барий	8,723	10^{-4}	%																																																																																																																																								
Барий	0,771	10^{-3}	%																																																																																																																																								
Ванадий	4,81	10^{-5}	%																																																																																																																																								
Вольфрам	1,025	10^{-6}	%																																																																																																																																								
Железо	1,88	10^{-2}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Кадмий	4,667	10^{-6}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Калий	0,472	10^0	% от сухой массы																																																																																																																																								
Кальций	0,388	10^0	% от сухой массы																																																																																																																																								
Кобальт	2,283	10^{-5}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Кремний	18,13	10^{-2}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Литий	11,35	10^{-5}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Магний	0,1115	10^0	% от сухой массы																																																																																																																																								
Марганец	5,027	10^{-2}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Медь	1,389	10^{-4}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Молибден	10,264	10^{-6}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Мышьяк	22,342	10^{-6}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Натрий	1,24	10^{-2}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Никель	4,102	10^{-4}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Свинец	8,361	10^{-5}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Селен	1,757	10^{-5}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Сера	4,923	10^{-2}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Соотношение фракций азота	4,212	10^0																																																																																																																																									
Стронций	0,872	10^{-1}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Титан	0,691	10^{-3}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Торий	2,303	10^{-6}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Уран	9,947	10^{-7}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Фосфор общий	0,16	10^0	% от сухой массы																																																																																																																																								
Фтор	8,499	10^0	% от сухой массы																																																																																																																																								
Хром	1,799	10^{-4}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Цинк	3,505	10^{-3}	% от сухой массы																																																																																																																																								
Word Экспорт выделенного объекта в формат RTF Список SharePoint Экспорт выделенного объекта в виде списка SharePoint База данных ODBC Экспорт выделенного объекта в базу данных ODBC, например SQL Server Документ HTML Экспорт выделенного объекта в HTML-документ Файл dBASE Экспорт выделенного объекта в файл dBASE																																																																																																																																											

Рис. 3. Окно одной страницы отчета по содержанию химических элементов в пробе хвои сосны на ПП 1 в определенный год (в качестве примера). Показана панель сохранения и экспортирования данных.

органических поллютантах. Приводятся название элемента (вещества), химическая формула, значимость элемента для растения, т. е. является ли он биогеном (элементом, необходимым для жизнедеятельности растений), поллютантом (появляется в растениях при воздействии негативных факторов), биогеном/поллютантом (если в естественных условиях элемент содержится в растениях в очень низких концентрациях, а при воздействии негативного фактора его количе-

ство резко возрастает). Эти данные отражены в справочной таблице.

В поле «Тип леса» содержится информация о типах леса, встречающихся в Предбайкалье. Каждый тип леса имеет двойное или тройное название, включающее наименование преобладающей породы и видов-доминантов в кустарниковом, кустарничковом или напочвенном покровах. Всего приводится 107 типов сосняков. В данной БД указаны именно типы сосняков, так

как доминирующая древесная порода на обследованных ПП – сосна обыкновенная. Сведения отражены в справочной таблице.

В поле «Почва» размещена информация о типах почвы, встречающихся на территории Предбайкалья. Всего указано 50 типов почв. В поле «Примечания» можно разместить информацию об особенностях каждого типа почвы и ее характеристику. Сведения отражены в справочной таблице.

Отчеты. Каждый отчет – это ответ на конкретный запрос из БД. Нажав на кнопку «Просмотр отчета», можно получить обобщенную информацию по всем химическим элементам, приведенным для определенной пробы. Если необходимо получить информацию о всех пробах, отобранных на одной ПП в разные годы, то это можно сделать в поле «Пробная площадь», нажав на кнопку «Просмотр отчета». Просматривая отчет, можно экспортировать таблицы по содержанию элементов в другие программы: Excel, Word или сохранить в формате PDF, а также отправить по электронной почте (рис. 3).

Основными отличиями созданных БД, на наш взгляд, являются актуальность и новизна введенной информации, которая получена самими авторами при непосредственной работе в лесах региона. Это дает возможность оценивать состояние лесных экосистем по прямым, а не косвенным параметрам, в то время как многие имеющиеся БД основаны на поиске и интегрировании формализованных оценочных данных, к которым можно отнести цифровые модели, картографический материал, космоснимки, лесохозяйственные таблицы и другие сведения.

Такой подход важен и значим для решения многих вопросов, например, для планирования крупномасштабных лесовосстановительных работ или выявления пожароопасных лесных территорий.

Другое отличие разработанных БД состоит в том, что в них дается информация о физиолого-биохимических параметрах, которые в конечном итоге определяют продуктивность дерева и древостоя в целом, поэтому при соответствующем анализе этих данных появляется возможность раннего диагностирования изменений ресурсного потенциала лесов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для крупного региона Сибири созданы две базы данных: «Элементный химический состав хвой сосны обыкновенной в Предбайкалье» (Михайлова и др., 2019) и «Эколого-физиологи-

ческое состояние сосновых лесов водосборного бассейна оз. Байкал» (Михайлова и др., 2020). Базы данных содержат значительный объем информации о параметрах сосновых лесов, в том числе подвергающихся воздействию атмосферного загрязнения и высокой рекреационной нагрузке. Созданные базы данных активно применяются разработчиками в качестве информационной основы как при мониторинговых исследованиях состояния сосновых лесов, так и для решения фундаментальных научных задач, в том числе связанных с изучением механизмов резистентности растительных организмов, сообществ и экосистем к антропогенным стресс-факторам. Наличие таких «хранилищ» данных особо значимо для Байкальского региона, имеющего огромную протяженность, разнообразные географические и климатические условия, высокую облесенность территории. Однако возрастающий промышленный потенциал региона обуславливает усиление негативного воздействия антропогенных факторов, вследствие чего становится актуальным исследование степени нарушенности лесных экосистем урбанизацией, техногенезом, рекреационной нагрузкой для обоснования допустимого уровня хозяйственной деятельности, не приводящего к снижению ресурсных и средообразующих функций природных комплексов, а также для разработки подходов к оптимизации природопользования, создания системы комплексного экологического мониторинга. Достижению этих целей органами региона способствует информация созданных баз данных, поскольку получаемые сведения постоянно представляются в природоохранные органы и публикуются в Государственных докладах о состоянии окружающей среды Иркутской области и оз. Байкал, ряд данных поступает также в Государственный доклад о состоянии окружающей среды РФ. Созданные базы данных будут оперативно обновляться путем внесения дополнительной информации, при этом планируется расширить возможности обработки данных в целях построения тематических карт, отражающих динамику рассматриваемых явлений, т. е. пространственно-временных изменений состояния лесов, оцениваемых по изучаемым параметрам.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ и правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-44-380009. Авторы выражают искреннюю благодарность Сергею Юпитеровичу Тоцакову за содействие в создании баз данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Антонов И. А., Осолков В. А. Совместное использование баз данных по хвоегрызущим насекомым и дендрохронологическим шкалам для Байкальской Сибири в среде геопортала // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. 2013. № 12 (83). С. 12–17 [Antonov I. A., Oskolkov V. A. Sovmestnoe ispol'zovaniye baz dannykh po khvoyegryzushchim nasekomym i dendrokhronologicheskim shkalam dlya Baykalskoy Sibiri v srede geoportala (Combined use of databases on needle-chewing insects and dendrochronological scales for Baikalian Siberia in geoportal environment) // Vest. Irkut. gos. tekhn. un-ta (J. Irkutsk St. Tech. Univ.). 2013. N. 12 (83). P. 12–17 (in Russian with English abstract)].
- Антонов И. А., Силаев А. С. База данных «Хвоегрызущие насекомые Байкальской Сибири». Свид-во о гос. регистр. базы данных № 2018620269 от 14.02.2018 [Antonov I. A., Silaev A. S. Baza dannykh «Khvoyegryzushchiye nasekomyye Baykalskoy Sibiri». Svid-vo o gos. registr. bazy dannykh N. 2018620269 ot 14.02.2018 (Database «Needle-chewing insects of the Baikalian Siberia». Certificate of state register. database N. 2018620269 of 02.14.2018) (in Russian)].
- Горшков А. Г. Определение полициклических ароматических углеводородов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – биомониторе загрязнения атмосферы // Журн. аналит. хим. 2008. Т. 63. № 8. С. 880–886 [Gorshkov A. G. Opredeleniye politsiklicheskih aromaticheskikh uglevodorodov v khvoe sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.) – biomonitore zagryazneniya atmosfery (Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in the needles of a Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), a biomonitor of atmospheric pollution) // Zhurn. analit. khim. (J. Analyt. Chem.). 2008. V. 63. N. 8. P. 880–886 (in Russian with English abstract)].
- Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г., Браславская Т. Ю., Бакун Е. Ю., Глухова Е. М., Бобровский М. В., Шовкун М. М., Смирнова О. В., Луговая Д. Л., Яницкая Т. О. База данных «Лесная растительность Северной Евразии». Свид-во о гос. регистр. базы данных № 2014620258 от 12.02.2014 [Zaugolnova L. B., Khanina L. G., Braslavskaya T. Yu., Bakun Ye. Yu., Glukhova Ye. M., Bobrovsky M. V., Shovkun M. M., Smirnova O. V., Lugovaya D. L., Yanitskaya T. O. Baza dannykh «Lesnaya rastitelnost Severnoy Yevrazii». Svid-vo o gos. registr. bazy dannykh N. 2014620258 ot 12.02.2014 (Database «Forest vegetation of Northern Eurasia». Certificate of state register. database N. 2014620258 of 02.12.2014) (in Russian)].
- Князева С. Г., Милютин Л. И., Муратова Е. Н., Ларионова А. Я., Яхнева Н. В., Тихонова И. В. Опыт создания базы данных «Биоразнообразие хвойных Сибири» // Лесоведение. 2005. № 3. С. 66–71 [Knyazeva S. G., Milyutin L. I., Muratova Ye. N., Larionova A. Ya., Yakhneva N. V., Tikhonova I. V. Opyt sozdaniya bazy dannykh «Bioraznoobraziye khvoynykh Sibiri» (An experience of developing the «Biodiversity of Siberian conifers» database) // Lesovedenie (Rus. J. For. Sci.). 2005. N. 3. P. 66–71 (in Russian with English abstract)].
- Михайлова Т. А., Калугина О. В., Афанасьева Л. В., Шергина О. В. База данных «Эколого-физиологическое состояние сосновых лесов водосборного бассейна оз. Байкал». Свид-во о гос. регистр. базы данных № 2020620126 от 23.01.2020 [Mikhailova T. A., Kalugina O. V., Afanas'eva L. V., Shergina O. V. Baza dannykh «Ekologo-fiziologicheskoye sostoyaniye sosnovykh lesov vodosbornogo basseyna oz. Bajkal» («Ecological and physiological state of pine forests of the catchment basin of the Baikal Lake»). Svid-vo o gos. registr. bazy dannykh N. 2020620126 ot 23.01.2020 (Certificate of state register. of the database N. 2020620126 of 23.01.2020) (in Russian)].
- Михайлова Т. А., Калугина О. В., Шергина О. В. База данных «Элементный химический состав хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Предбайкалье». Свид-во о гос. регистр. базы данных № 2019621131 от 27.06.2019 [Mikhailova T. A., Kalugina O. V., Shergina O. V. Baza dannykh «Elementny khimicheskiy sostav khvoi sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.) v Predbaykal'e» («The elemental chemical composition of pine needles (*Pinus sylvestris* L.) in the Cis-Baikal region»). Svid-vo o gos. registr. bazy dannykh N. 2019621131 ot 27.06.2019 (Certificate of state register. of the database N. 2019621131 of 27.06.2019) (in Russian)].
- Михайлова Т. А., Плешанов А. С., Афанасьева Л. В. Картографическая оценка загрязнения лесных экосистем Байкальской природной территории техногенными эмиссиями // Геогр. и природ. ресурсы. 2008. № 4. С. 18–23 [Mikhailova T. A., Pleshanov A. S., Afanasyeva L. V. Kartograficheskaya otsenka zagryazneniya lesnykh ekosistem Baykalskoy prirodnoy territorii tekhnogennymi emissiyami (Cartographic assessment of pollution of forest ecosystems on the Baikal natural territory by technogenic emissions) // Geogr. i prirod. resursy (Geogr. Nat. Res.). 2008. N. 4. P. 18–23 (in Russian with English abstract)].
- Национальный лесной форум. Красноярск, 2019. [Natsionalny lesnoy forum (National For. Forum). Krasnoyarsk, 2019 (in Russian)]. <https://xn--e1aiegdbqezi.xn--p1ai/>
- Плешанов А. С., Бычков И. В., Антонов И. А., Гаченко А. С., Каверзина А. С., Агафонова Т. А. Опыт применения геоинформационных баз данных для анализа энтомофауны Байкальской Сибири // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2010. Т. 12. № 1–5. С. 1331–1334 [Pleshanov A. S., Bychkov I. V., Antonov I. A., Gachenko A. S., Kaverzina A. S., Agafonova T. A. Opyt primeneniya geoinformatsionnykh baz dannykh dlya analiza entomofauny Baykalskoy Sibiri (An experience of applying geoinformational databases in analysis of entomofauna of Baikalian Siberia) // Izv. Samar. nauch. tsentra RAN (Izv. Samara Sci. Center Rus. Acad. Sci.). 2010. V. 12. N. 1–5. P. 1331–1334 (in Russian with English abstract)].
- Солодянкина С. В., Вантеева Ю. В. Изменчивость продукционной функции растительности прибрежных геосистем Прибайкалья // Геогр. и природ. ресурсы. 2017. № 2. С. 73–80 [Solodyankina S. V., Vanteeva Yu. V. Izmenchivost produkttsionnoy funktsii rastitelnosti pribrezhnykh geosystem Pribaykalya (Variability in the productive function of vegetation of the coastal geosystems of Cisbaikalia) // Geogr. i prirod. resursy (Geogr. Nat. Res.). 2017. N. 2. P. 73–80 (in Russian with English abstract)].
- Суворова Г. Г., Иванова М. В. База данных «Стволовое дыхание деревьев трех видов хвойных в природных условиях (суточные значения 2004–2015 гг.)». Свид-во о

- гос. регистр. базы данных № 2018620903 от 25.06.2018 [Suvorova G. G., Ivanova M. V. Baza dannykh «Stvolovoye dykhaniye derevyev trekh vidov khvoynykh v prirodnykh usloviyakh (sutochnye znacheniya 2004–2015 gg.)». Svid-vo o gos. registr. bazy dannykh N. 2018620903 ot 25.06.2018 (Database «Stem respiration of trees of three conifer species in natural conditions (daily values of 2004–2015)». Certificate of state register. of the database N. 2018620903 of 25.06.2018) (in Russian)].
- Суворова Г. Г., Иванова М. В., Осолков В. А. База данных «Фотосинтез деревьев четырех видов хвойных в природных условиях (суточные значения 2012–2015 гг.)». Свид-во о гос. регистр. базы данных № 2019620827 от 22.05.2019 [Suvorova G. G., Ivanova M. V., Oskolkov V. A. Baza dannykh «Fotosintez derevyev chetyrekh vidov khvoynykh v prirodnykh usloviyakh (sutochnye znacheniya 2012–2015 gg.)». Svid-vo o gos. registr. bazy dannykh N. 2019620827 ot 22.05.2019 (Database «Photosynthesis of trees of four conifer species in natural conditions (daily values 2012–2015)». Certificate of state register. of the database N. 2019620827 of 22.05.2019) (in Russian)].
- Усольцев В. А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 635 с. [Usoltsev V. A. Biologicheskaya produktivnost lesov Severnoy Yevrazii: metody, baza dannykh i ee prilozheniya (Biological productivity of Northern Eurasia's forests: methods, datasets, applications). Yekaterinburg: UrO RAN (Ural Br. Rus. Acad. Sci.), 2007. 635 p. (in Russian with English title, summary and contents)].
- Gorshkov A. G. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in the needles of a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), a biomonitor of atmospheric pollution // J. Analyt. Chem. 2008. V. 63. N. 8. P. 805–811 (Original Rus. text © A. G. Gorshkov, 2008, publ. in Zhurnal Analiticheskoi Khimii. 2008. V. 63. N. 8. P. 880–886).
- Mikhailova T. A., Pleshanov A. S., Afanasieva L. V. Cartographic assessment of pollution of forest ecosystems on the Baikal natural territory by technogenic emissions // Geogr. Nat. Res. 2008. V. 29. N. 4. P. 317–320 (Original Rus. text © T. A. Mikhailova, A. S. Pleshanov, L. V. Afanasieva, 2008, publ. in Geografiya i prirodnye resursy. 2008. N. 4. P. 18–23).
- Mikhailova T. A., Kalugina O. V., Shergina O. V., Taranenko E. N. Alteration in vital state parameters of Scots pine tree-stands under technogenic pollution // Int. J. Environ. 2014. V. 3. Iss. 4. P. 36–43.
- Moilanen M., Saarsalmi A., Kukkola M., Issakainen J. Effects of stabilized wood ash on nutrient status and growth of Scots pine – Comparison between uplands and peatlands // For. Ecol. Manag. 2013. V. 295. P. 136–144.

CREATION OF DATABASES OF THE CONDITION OF PINE FORESTS IN THE BAIKAL REGION

T. A. Mikhailova¹, O. V. Kalugina¹, O. V. Shergina¹, L. V. Afanasieva²

¹ Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Lermontov str., 132, Irkutsk, 664033 Russian Federation

² Institute of General and Experimental Biology, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Sakhyanov str., 6, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, 670047 Russian Federation

E-mail: mikh@sifibr.irk.ru, olignat32@inbox.ru, sherolga80@mail.ru, afanl@mail.ru

Two geoinformation databases have been created, which provide information on the parameters of pine forests in the large Baikal region. The database «Elemental chemical composition of pine needles *Pinus sylvestris* L. in the Prebaikalia» contains the data obtained by the authors on the quantitative content of 39 elements and 20 organic pollutants in pine needles at 162 sample plots (SP), located in the southern part of the Irkutsk region territory, where a large industrial zone is located, aerial emissions of which are one of the main causes of forest pollution in the region. Information on changes in the elemental composition of needles in dynamics from 1992 to 2018 is given. The data are presented: 107 types of pine stands, 50 types of soils, 59 chemical elements and organic pollutants. In the second database «Ecological and physiological state of pine forests in the catchment basin of Lake Baikal», located mainly in the territory of Buryatia. Geographic coordinates, landscape location, type of forest, type of soil, parameters of the vital status of tree-stands, natural and anthropogenic factors that negatively affect the state of forests are indicated for each SP. The created databases contain a large enough amount of information to automate the collection of data on the forests state, analyze data, and form an information basis for GIS. This is of both scientific and practical interest in the planning of work on rational forest management.

Keywords: geoinformation databases, Scots pine *Pinus sylvestris* L., sample plots, watershed of the Baikal Lake, Prebaikalie.

How to cite: Mikhailova T. A., Kalugina O. V., Shergina O. V., Afanasieva L. V. Creation of databases of the condition of pine forests in the Baikal region // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2020. N 3. P. 3–11 (in Russian with English abstract and references).