

ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА

УДК 502/504 : 574

МАКЕТ АРХИВА БИОМЕТРИЧЕСКИХ И ПРОДУКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТИТЕЛЬНОСТИ

к.т.н. **И.И. Потапов**¹, д.ф.-м.н., проф. **В.Ф. Крапивин**²

¹ Всероссийский институт научной и технической информации, г. Москва.

² Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН, г. Фрязино, Московская обл.

MODEL OF THE ARCHIVE FOR BIOMETRICS AND PRODUCTIVE CHARACTERISTICS OF VEGETATION

I.I. Potapov, V.F. Krapivin

Ключевые слова: растительность, биометрические и продукционные характеристики, архив, пиксель.

Key words: vegetation, biometric and production characteristics, archive, pixel.

Предложен макет архива биометрических и продукционных характеристик растительности, ориентированный на его использование при глобальном моделировании динамики системы климат-природа-общество. Рассмотрены его структура и возможное наполнение данными. Обсуждены вопросы организации информационного интерфейса и связи архива с уже существующими архивами и базами данных. Данная работа выполнена по Госзаданию № 0030-2019-0008.

Model of the archive for biometrics and productive characteristics of vegetation is proposed to be as base for the global modeling of climate-nature-society system dynamics. Its structure and possible data filling are considered. The questions of information interface organization and interaction of archive with existing archives and databases are discussed.

Архитектура архива

Биометрические и продукционные характеристики растительных покровов важны для решения многих задач при оценке последствий антропогенной деятельности, решении экономических проблем природопользования, оценке риска воздействия на наземные экосистемы и изучении многих других проблем, возникающих при реконструкции земных покровов (обезлесивание, лесовосстановление, замена лесных экосистем сельскохозяйственными угодьями, расширение пастбищ и т.д.). Основой создания архива долговременного хранения этих характеристик должны быть базовые пространственные структуры распространения почвенно-растительных формаций. Поэтому первый уровень архива биометрических и продукционных характеристик растительности (АБПХР) включает набор карто-схем с указанием в каждом пикселе пространственной дискретизации земной поверхности одного типа растительности. Пример такой картосхемы приведен на рис. 1, а схема расширения информационных полей дана на рис. 2. Пользователю АБПХР достаточно указать размеры пикселя, чтобы соответствующее АБПХР software автоматически выбрало на первом уровне соответствующую картосхему согласно процедуре топологической привязки, представленной на

рис. 3. В табл. 1 и 2 охарактеризованы широко используемые классификации растительных покровов.

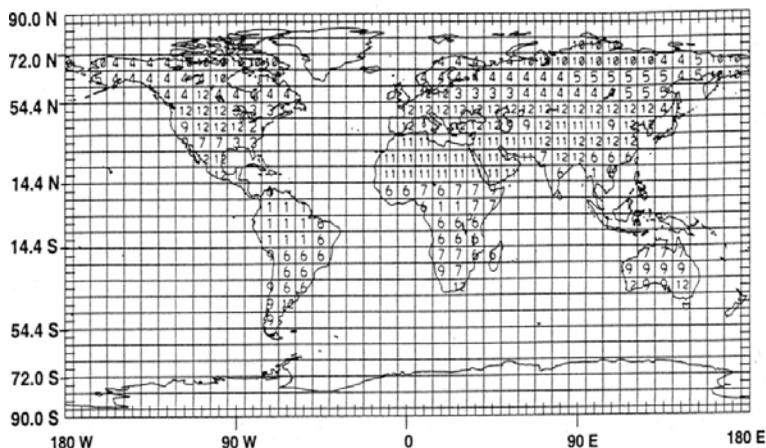


Рис.1. Использованное в модели SiB2 пространственное распределение наземных биомов по географической сетке $7.2^{\circ} \times 9.0^{\circ}$ [1]. Обозначения: 1 – широколиственные вечнозеленые деревья (тропический лес); 2 – широколиственные листопадные деревья; 3 – смешанные широколиственные и хвойные деревья; 4 – хвойные вечнозеленые деревья; 5 – хвойные опадающей деревья; 6 – широколиственные деревья с подлеском; 7 – луга; 8 – зеленые луга; 9 – кустарники с голой почвой; 10 – карликовые деревья и кустарники (тундра); 11 – почва без растительного покрова; 12 – сельскохозяйственные растения.

Таблица 1

Земные покровы по классификации международной геосферно-биосферной программы.

Номер типа земной поверхности	Типа земной поверхности
1	Вечнозеленые хвойные леса
2	Вечнозеленые широколиственные леса
3	Листопадные хвойные леса
4	Листопадные широколиственные леса
5	Леса смешанного типа
6	Изолированные кустарниковые заросли
7	Открытые кустарниковые территории
8	Залесенные саванны
9	Саванны
10	Травяные экосистемы
11	Долговременные ветланды
12	Засаженные территории
13	Территории под городами и другими постройками
14	Смешанные территории (включают сельскохозяйственные и природные ландшафты)
15	Территории, покрытые снегом и льдом
16	Голая почва с редкой растительностью
17	Водные системы

Типы земных покровов по классификации проекта QEN

Тип земного покрова	Характеристика земного покрова
Тропические дождливые леса	Вечно зеленые или полувечно зеленые леса влажных тропиков, обычно высокие деревья, часто заболоченные территории. Лиственный покров на высоте свыше восьми метров занимает 60% пространства. Опад листьев в течение года не превышает 50%. Произрастают в зонах с осадками 125-660 см год ⁻¹ , средней влажностью воздуха 77%-88% и температурами от 20°C до 34°C. Поставляют в атмосферу до 40% кислорода.
Муссонные или сухие леса	Леса средней высоты, листопадные или преимущественно листопадные в зонах теплого климата. Сплоченность листвы и сучьев на высоте сверх восьми метров составляет более 60% в течение месяца максимального листового покрова и теряют более 50% листвы на некотором этапе года, за исключением сухих австралийских эвкалиптовых лесов, полги которых занимают более 50% пространства.
Тропические облесенные территории	Это относительно низкие деревья с открытым пологом, обычно листопадные. Лиственный покров вместе с сучьями на высоте более восьми метров составляет 20%-60%. Плотность биомассы оценивается величиной 70 тС га ⁻¹ .
Тропические колючие кустарники и кустарниковые заросли с редкими деревьями	Лиственный покров и сучья на высоте более восьми метров не превышает 20%, но полный листовенный покров в диапазоне высот от 0,8 м до 8 м составляет более 20%.
Тропические полупустыни	Это редкие кустарники или травяные покровы со сплоченностью 4%-25% до высоты 80 см и менее 2% выше.
Тропические травяные экосистемы	Луговые ограниченные пространства без большого количества деревьев или кустарников. Растительный покров свыше 80 см составляет менее 2%, но над уровнем почвы он превышает 25%. Расположены в основном между 5° и 15° широт южного и северного полушариев. Осадки 100-400 мм год ⁻¹ .
Тропические экстремально пустынные территории	Очень скудная растительность или в основном голая почва. Полный растительный покров составляет менее 4% в любое время года.
Саванны	Плотный травяной покров до 30 см высотой с редкими деревьями или кустарниками. Плотность покрова над уровнем 80 см колеблется от 2% до 20%.
Теплые умеренные вечнозеленые леса	Преимущественно высокие деревья, обычно много широколиственных вечно зеленых или полулистопадных покрытосемянных деревьев. Также встречаются хвойные деревья.
Холодные умеренные гигантские листопадные дождливые леса	Очень высокие деревья, полги которых свыше 40 м над уровнем земли занимают 50% пространства.
Монтанные тропические леса Средиземноморские склерофильные залесенные территории	Вечнозеленые деревья, адаптировавшиеся к прохладным температурам и высокому уровню солнечной радиации.

Средиземноморские склерафильные залесенные территории	Смесь склерафильных и листопадных деревьев и кустарников.
Холодные умеренные леса	Ограниченные залесенные территории с листопадными широколиственными деревьями, пологи которых свыше 8 м занимают более 60% пространства. Более 50% листвы теряется в зимний период.
Южная тайга	Высокие деревья с очень плотным пологом. Покров свыше 8 м составляет более 90%. Более 50% составляют хвойные деревья.
Средняя тайга	Хвойные и листопадные деревья с относительно открытым пологом. Покрытие над 8м составляет 60%-90%.
Открытые бореальные залесенные территории	Смесь хвойных и широколиственных пород деревьев. Покрытие над 8 м составляет 20-60%.
Полупустынные умеренные залесенные или кустарниковые территории	Хвойные и широколиственные деревья. Покров над 8 м составляет менее 20%, а в интервале от 80 см до 8 м превышает 20%.
Тундра	Территории покрыты в основном травой или низкими кустарниками. Покров свыше 80 см не превышает 2%, а над уровнем земли он превышает 4%.
Тундровые степи	Редкие низкие кустарники и бедная растительность с покровом от 10% до 50%.
Полярные и альпийские пустыни	Очень бедная растительность с низким травяным покровом, не превышающим 4%.
Умеренные пустыни	Очень бедный растительный покров, не превышающий 4%. Холодные зимы.
Умеренные полупустыни	Разбросанные по бедному травяному покрову кустарники с общим покровом 4%-25%, а выше 80 см он не превышает 2%.
Умеренные и горные травяные экосистемы	В основном травяные экосистемы с покровом до 2% выше 80 см и более 25% на уровне почвы.
Лесные степи	Отдельно стоящие деревья или кустарники на травянистых пространствах.
Лесная тундра	Главным образом травянистые покровы с разбросанными деревьями и кустарниками. Покров над 80 см составляет 2%-20%.
Болота и топи	Располагаются в тропических широтах или в зонах высоких широт. Более 50% территории покрыто водой более шести месяцев в году.
Ледяные щиты и постоянный лед	Ледники, ледяные щиты Гренландии и Антарктиды, устойчивые многолетние ледяные покровы. Данные об этих пространствах можно найти в отчетах программы НАСА GIS-MO (горные ледники занимают площадь более 50 тыс. км ² . Гренландский ледяной щит занимает 1,71 млн. км ² . Антарктический ледяной щит занимает 14 млн. км ² с общим объемом 30 млн. км ³ .
Озера и открытые водные пространства	Поверхности, длительное время покрытые водой.

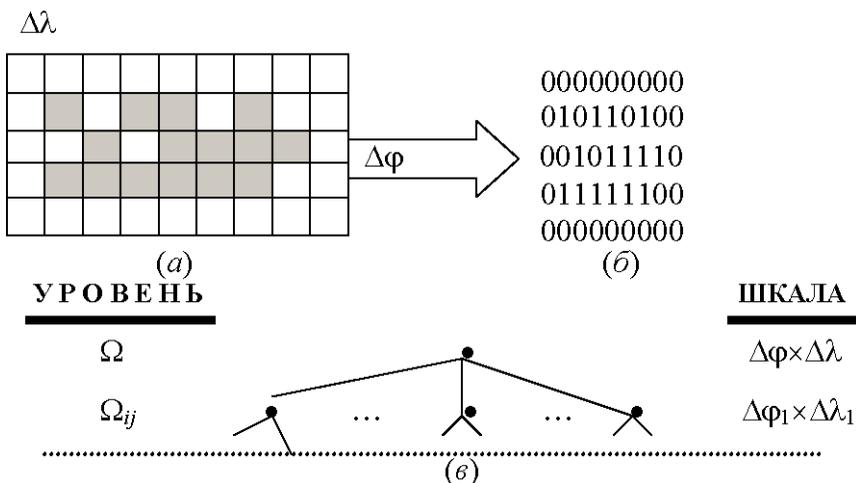


Рис. 3. Процедура топологической привязки территории к фрагментам АБПХР: (а) – контуры территории, (б) – вид идентификатора территории в базе данных, (в) – иерархия уровней базы данных, соответствующая пространственной и тематической структуре территории [2].

Таким образом, структура АБПХР включает следующие основные уровни [3]:

1. Шкалы пространственной географической дискретизации земной поверхности.
2. Картошемы с указанием типов растительности в каждом пикселе пространственной дискретизации земной поверхности.
3. Биометрические и продукционные характеристики растительности в каждом пикселе земной поверхности.

Информационное содержание этих уровней обеспечивается соответствующей файловой структурой АБПХР (рис. 4,5).



Рис. 4. Содержание биометрической части файловой структуры АБПХР.



Рис. 5. Содержание производственной части файловой структуры АБПХР.

Вспомогательная информация включает данные об освещенности, содержании биогенных солей в почве, о влажности почвы и наклон рельефа в пикселе. Информационная система управления АБПХР, которая должна обеспечивать доступ и обслуживание заказов пользователей архива охарактеризована на рис. 6.



Рис. 6. Структура информационной системы обслуживания и управления АБПХР.

Макет АБПХР

Рис. 7 поясняет конфигурацию макета АБПХР. Здесь файл метаданных содержит документацию, обеспечивающую правильный выбор подходящего набора данных с их кратким описанием и указаниями возможных условий или ограничений их использования. В частности, при этом могут указываться имена файлов данных, их объемы, типы расширений и т.п. Метаданные формируются с помощью шаблонов, которые содержат информацию, общую для повторяющихся наборов данных, а также позволяющих оперативно добавлять документацию о вновь внесенном в АБПХР информационном уровне (см. рис. 2).



Рис. 7. Основные элементы макета АБПХР

Формирование функциональной структуры АБПХР и конкретизация макета АБПХР зависит от его предметной ориентации и перечня тех задач, на решение которых он нацелен. В рассматриваемом случае источниками данных о биометрических и продукционных характеристиках растительных покровов являются уже имеющиеся архивы такой информации, наземные измерения и спутниковые данные. Приведение уже имеющихся данных к единому стандарту требует создания этого стандарта и реализации всех необходимых при этом процедур документирования.

Одной из важных функций software, обслуживающей АБПХР, является формирование отчетов. Построитель отчетов должен обеспечивать путь направления отчета (веб-отчет, экранная форма, файловая реализация, принтер и т.д.) с указанием его параметров (высота и ширина страницы, форма отчета). Также необходимо обеспечивать выбор стиля отчета, включая цветовые оттенки, обрамление, шрифты и структуру страницы. Другими словами, в построителе отчетов задается вид формата отчета, а также указывается, какие данные следует получать из источника данных. Построитель отчета обладает функцией преобразования отчета для его экспорта в файл другого типа (например, форматы Excel, XML, CSV, PDF, TIFF, HTML или TXT). Эта функция позволяет:

- работать с данными отчета в других приложениях;
- сохранять данные отчета в виде файлов других форматов;
- печатать данные отчета в другом формате.

Другим назначением software в рамках АБПХР является обслуживание информационного интерфейса между АБПХР и другими уже функционирующими архивами данных. Здесь необходимо разработать архитектуру и методики синтеза систем динамического представления данных от различных источников и резуль-

татов их обработки удаленным пользователем. Важным этапом здесь является технологический процесс архивации не стандартизованных по форме и содержанию данных из различных источников.

Синтез адаптивной информационно-измерительной системы

Наполнение АБПХР данными возможно при его привязке как подсистемы информационно-измерительной системы, ориентированной на регулярный мониторинг земных покровов в адаптивном режиме коррекции режимов сбора данных. Разработка адаптивной информационно-измерительной системы (АИИС) с функциями автоматического контроля состояния биометрических показателей растительного покрова на данной территории возможна при использовании ГИМС-технологии, которая дает способ синтеза систем мониторинга с адаптивными возможностями использования накопленной в биоценологии априорной информации, данных моделирования и дистанционных измерений. Конструктивная особенность ГИМС-технологии базируется на согласовании набора моделей продуктивности, ориентированных на восприятие данных спутниковых измерений характеристик растительных покровов в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах.

Синтез АИИС потребует выполнения комплекса работ:

- 1) предметная инвентаризация баз данных и знаний о характеристиках и закономерностях функционирования растительного покрова на данной территории;
- 2) классификация моделей, развитых в биоценологии, по классам их пространственно-временной ориентации;
- 3) проведение имитационных исследований для выбора иерархической структуры базы данных АИИС с обеспечением информационного интерфейса с набором моделей;
- 4) определение информативного перечня оптических сенсоров спутникового базирования;
- 5) оценка вклада и необходимости использования сенсоров других диапазонов.

Тематическая и предметная ориентация компьютерных средств, необходимых для реализации всех функций АИИС определяется структурой ее блоков. Software для ГИС широко распространено. Ряды компьютерных моделей функционирования элементов окружающей среды охватывают широкий спектр пространственных шкал, от региональных до глобальных. Особое место в программном обеспечении АИИС занимают реализации алгоритмов обработки и интерпретации результатов измерений в режиме мониторинга [4,5].

В составе АИИС имеются эффективные алгоритмы обработки данных мониторинга, которые были апробированы на многочисленных задачах диагностики элементов окружающей среды с применением дистанционных методов сбора данных. Эти алгоритмы позволяют осуществлять восстановление данных и их интерпретацию в условиях, когда их географическая привязка характеризуется наличием зон неопределенности. В частности, метод гармонических функций позволяет восстанавливать радиояркостную температуру внутри замкнутого контура только по измерениям на его границе. Метод дифференциальной аппроксимации дает конструктивную процедуру восстановления данных по отрывочным во времени и фрагментарным в пространстве измерениям.

Синтез АИИС с функциями контроля растительного покрова требует выполнения следующих этапов теоретических и экспериментальных исследований (табл. 3).

**Теоретические и экспериментальные исследования,
реализация которых обеспечит решение задачи синтеза АИИС
с функциями контроля растительных покровов.**

Наименование этапа	Решаемые задачи
1. Формирование базы данных АИИС	1.1. Сбор и обобщение картографических данных о пространственной структуре почвенно-растительных формаций с указанием их типов. 1.2. Определение биометрических характеристик земных покровов. 1.3. Определение структуры ландшафтов с указанием их морфологии и других характеристик, необходимых для выделения фаций. 1.4. Задание картографической схемы структуры речных бассейнов и изолированных водоемов на территории.
2. Разработка типовой биометрической модели	2.1. Анализ существующих моделей функционирования растительных формаций и выбор наиболее информативных для условий изучаемого региона. 2.2. Разработка моделей фотосинтеза как элемента модели регионального баланса биомассы растительного покрова. 2.3. Выбор алгоритма согласования данных дистанционного мониторинга с построенными моделями при определении параметров моделей и на этапах оценки рассогласований между данными измерений и результатами моделирования.
3. Разработка алгоритмов согласования наземных, самолетных и спутниковых измерений характеристик экосистем	3.1. Выбор размеров пространственных пикселей, обеспечивающих необходимую точность оценки состояния биологических процессов и экосистем. 3.2. Разработка мнемонического языка согласования базы данных с блоками модели геоэкосистемы выбранной территории. 3.3. Разработка алгоритма восстановления пространственного образа геоэкосистемы территории по эпизодическим во времени и отрывочным по пространству данным дистанционных и наземных измерений. 3.4. Разработка метода преодоления нестационарности получаемых при дистанционных измерениях данных о системах региона.
4. Разработка алгоритма принятия управленческих решений при выборе стратегии измерений или модернизации типовой модели региона	4.1. Выбор шкалы и критерия оценки невязки между данными эксперимента и результатами моделирования. 4.2. Определение процедуры принятия решения о коррекции режима мониторинга или изменении параметров биометрической модели, обеспечивающей реализацию последовательной смены измерений и прогнозирования. 4.3. Подготовка документации, регламентирующей действия оператора АИИС в случае получения от системы сигнала о возможном формировании чрезвычайной ситуации (лесной пожар, засуха, заболачивание и т.п.).
5. Определение форм представления отчетов о результатах функционирования АИИС	5.1. Выбор форм отчетности, обеспечивающих потребности служб для принятия решения о проведении мероприятий по управлению экосистемой. 5.2. Компьютерная реализация выбранных форм отчетности с обеспечением информационной потребности различных служб.
6. Формулировка синоптических сценариев	6.1. Разработка положения о взаимодействии оператора АИИС с национальной и региональной метеорологическими службами. 6.2. Создание типовых синоптических сценариев для отдельных регионов и на основе изучения имеющихся глобальных и европейских сценариев изменения климата как базовых элементов АИИСЧ, используемых в режиме «по умолчанию». 6.3. Анализ климатических трендов на территории региона и разработка прогнозов изменения направленности этих трендов. 6.4. Построение эволюционной модели синоптического тренда, обеспечивающей постоянное опережение оценки синоптической обстановки в регионе по полученным метеорологическим данным.

Литература

1. Бурков В.Д., Крапивин В.Ф. Экоинформатика. - М.: МГУЛ. – 2009 . – 430 с.
2. Крапивин В.Ф., Потапов И.И. Методы экоинформатики. – М.: Изд-во ВИНТИ. – 2002. - 496 с.
3. Савиных В.П., Крапивин В.Ф., Потапов И.И. Информационные технологии в системах экологического мониторинга. – М.: Геодезкартиздат. – 2007. - 388 с.
4. Haarbrink R., Krapivin V.F., Krisilov A., Krisilov V., Novichikhin E.P., Shutko A.M., Sidorov I. Intelligent data processing in global monitoring and security. - Sofia-Kiev: ITNEA. – 2011. - 410 pp.
5. Shutko A.M., Krapivin V.F., Haarbrink R.B., Sidorov I.A., Novichikhin E.P., Archer F., and Krisilov A.D. Practical microwave radiometric risk assessment. – Sofia. - Professor Marin Drinov Academic Publishing House. – 2010. – 88 pp.