

УДК 630*11

СТРУКТУРИЗАЦИЯ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ

© 2014 г. С. К. Фарбер

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

E-mail: sfarber@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 09.10.2013 г.

Структуризация рассматривается как операция, предваряющая изучение лесных сообществ. Излагаются основные понятия и теория. Обсуждаются причины, тормозящие развитие лесной типологии. Обозначены перспективные направления лесной типологии применительно к проблемам инвентаризации лесов и ведения многоцелевого лесного хозяйства.

Ключевые слова: *структуризация, систематизация, классификация, лесная типология.*

Хозяйственное освоение лесных территорий, как правило, требует предварительной структуризации лесных сообществ. Процедура структуризации позволяет анализировать взаимное положение, взаимосвязи компонентов леса, объяснять их появление и состояние, а в интерпретации Д. Л. Арманда (1975) – проследить определенный порядок, насыщать конкретным содержанием понятия разного объема, рассуждать о сходстве и различиях, изучать сравнительно незначительное число типов вместо громадного количества отдельных объектов.

Фактически структуризация нужна только для наглядности и используется в качестве этапа изучения, связанного с особенностями человеческого восприятия окружающего мира. В этой связи В. Н. Сукачев (1972) отмечал, что необходимость понятия типа объектов или явлений возникает при всяком их исследовании, что без типизации мы не могли бы их описать. Сама возможность выявления структуры объектов изучения есть следствие важнейшей составляющей природных процессов – цикличности событий. Однако это только возможность. На практике же любая схема имеет какие-то показатели-входы (признаки, характеристики объектов изучения). Причем в целом предметы и явления всесторонне не описываются и выбор показателей-входов может быть только более или менее удачен. По мере накопления знаний в качестве входов

предпочтение отдается другим показателям. Старые схемы обобщаются или отвергаются. Результатом структуризации является схема организации территории (природная основа), которая, по мнению разработчиков, удобна для решения определенных научно-практических задач.

Структуризация в общей теории систем производится посредством использования процедуры классификации. Поскольку под определение системы подходит любое мыслимое обобщение предметов (явлений), то и варианты их классификации принципиально никак не ограничены и диктуются только преследуемыми целями. В общей теории систем их классификация производится по признакам *сложность* и *определенность*. Приведем вариант классификации систем С. Бира, в котором использованы три группы *сложности* (простые, сложные, очень сложные) и две группы *определенности* систем (детерминированные, вероятностные) (Коган и др., 1977). При таком сочетании сложности и определенности получаем следующие шесть классов систем: простые детерминированные, простые вероятностные, сложные детерминированные, сложные вероятностные, очень сложные детерминированные, очень сложные вероятностные.

Границы между классами систем по признаку *сложность* могут быть установлены только волевым порядком и принимаются разработчиками в соответствии с их опытом и представле-

ниями об объектах исследований. В качестве ориентира обозначим мнение С. М. Ямпольского и В. А. Лисичкина (1974), которые в результате анализа литературных данных определяют, что простым системам отвечает количество элементов системы 10^1-10^4 , сложным – 10^5-10^6 и очень сложным – 10^7-10^{10} . В целом классификация систем по признакам *сложность* и *определенность* имеет условный характер.

Структуризация лесных сообществ предполагает их представление в виде иерархических систем и классификаций, которые позволяют проследить взаимоотношения и взаимосвязи компонентов леса. В качестве входов в лесные системы и классификации используются *показатели объекта изучения и среды обитания* (Фарбер, 2001).

По показателям объектов изучения формируемые системы и классификации, как правило, просты и четко отвечают поставленным целям. Примерами могут служить ярусность (один вход) или бонитет (два входа) насаждений. Ярус, средний возраст и высота элементов леса – это таксационные показатели, характеризующие объект изучения – насаждение лесотаксационного выдела.

По показателям среды обитания получают системы и классификации, в которых используются характеристики экологических факторов. Примерами могут служить климатические, геоморфологические, почвенные системы и классификации. В них в качестве показателей-входов используются характеристики климата, рельефа местности и почв. Примерами могут служить ландшафтные иерархические построения, в которых используется комбинация входов из характеристик нескольких экологических факторов.

По показателям объектов изучения и одновременно среды обитания имеем системы и классификации, претендующие на универсальность, поскольку в них взаимосвязаны параметры окружающей среды и изучаемых лесных сообществ. По показателям внешних условий с определенной вероятностью можно судить о параметрах насаждений. Примером универсальных систем и классификаций может служить лесная типология.

Лесные системы и классификации формируются на основе принципиально различаю-

щихся методологических подходов. Обычно сохраняются и развиваются традиции исторически сложившихся научных школ, что в какой-то степени гарантирует дальнейшее развитие теории, но одновременно предопределяет многовариантность предлагаемых для практического использования схематических построений, усугубляемую отсутствием общепринятой терминологии в смежных науках. Как следствие к настоящему времени разработано большое количество лесных систем и классификаций, в которых необходимо ориентироваться с целью выбора или формирования новой, отвечающей целям конкретного эколого-хозяйственного проекта.

Различают био- и абиотические экологические факторы. Соответственно можно выделить био- и абиотические блоки систем и классификаций. Совместное рассмотрение био- и абиотических экологических факторов позволяет выделить в отдельный блок экосистемные лесные классификации. Совместное рассмотрение экономических факторов с одной или несколькими экосистемными классификациями образует блок лесных специальных систем и классификаций. Таким образом, все виды систем и классификаций группируются в четыре основных блока. Связующим звеном между ними являются показатели-входы. Их количество и выбор могут быть любыми. Поэтому для отдельных объектов изучения существует возможность формирования нескольких систем и классификаций, а также вариантов районирования. Существенно, что в экосистемном и специальном блоках районирование представляет собой уже не область распространения одного или нескольких показателей (ареал), а систему таксонов с дробностью (уровнем генерализации), отвечающей масштабам решаемых проблем.

Биотические системы и классификации. Блок объединяет множество объектов изучения, представляющих растительный и животный мир (табл. 1).

Флора и фауна рассматриваются в границах флористических и фаунистических таксономических единиц, которые являются примерами многовходовых систем. Как отмечает Л. В. Шумилова (1962), можно изучать ареалы не только, например, вида или семейства, но

Таблица 1. Биотические лесные системы и классификации

Объект изучения	Системы и классификации	Районирование
Флора Фауна	Флористические Фаунистические Породный состав древостоя Вертикальная структура древостоя Возрастная структура древостоя	Ареал

также ассоциации или формации. А. Л. Тахтаджян (1978) подчеркивает, что основной целью биотического районирования (выявления ареалов) является таксономическое и географическое изучение флористических и фаунистических систематических единиц; при этом ставится условие, что отдельное биотическое районирование должно гармонизировать с глобальной системой.

Для древостоя примерами классификаций с одним входом являются показатели строения:

- древесная порода (вход – сосна, лиственница и т. д.);
- возрастная стадия (вход – молодняки, средневозрастные и т. д.);
- возрастная структура (вход – одновозрастные, условно разновозрастные и т. д.);
- вертикальная структура (вход – одно-, двухъярусные и более).

Бонитетная шкала – пример классификации с двумя показателями-входами (высота и возраст преобладающей породы). Вне зависимости от количества входов в биотические системы и классификации районирование показателей объектов изучения представляется в виде их ареала.

Абиотические системы и классификации. Д. М. Киреев (1984) к абиотическим факторам относит: литогенные (геологическое строение, состав горных пород, рельеф, тектонический режим); атмосферные (режим тепла и осадков, движение и состав атмосферы); водные (режим увлажнения почв и подстилающих горных пород); космические (режим солнечной радиации и др.). Блок объединяет множество объектов изучения, представляющих среду обитания (табл. 2).

Перечислим основные:

- почвы, распределяемые в таксономические единицы литогенной основы по экологическим свойствам, происхождению и плодородию;

- рельеф, подразделяемый по морфологии, генезису, возрасту;

- климат, отражающий климатические показатели.

Почва, рельеф и климат в качестве объектов изучения представлены многовходовыми абиотическими системами и классификациями.

Для более простых объектов изучения количество показателей-входов сокращается. Например, классификации почв по механическому составу удовлетворяет один вход (почвы – песчаные, супесчаные, суглинистые, глинистые). Вне зависимости от количества входов в абиотические системы и классификации районирование представляется в виде области распространения.

Лесные экосистемы и классификации. Поскольку в природных экосистемах количественные и качественные показатели, а также протекающие в них динамические процессы взаимозависимы и определяются внутренними и внешними факторами, то при их описании наибольшим признанием пользуются методологические основы системного подхода. В качестве показателей-входов используются как био, так и абиотические экологические факторы (табл. 3).

С одной стороны, это характеристики среды обитания (климатические, почвенно-гидрологические и орографические), с другой – непосредственно лесной экосистемы (породный состав древостоя, возраст, бонитет и др.).

Специальные системы и классификации. Блок включает варианты хозяйственно-экологических схем, формируемых для целей ведения хозяйства (например, лесного, охотничьего). При этом в пределах однородной природно-экономической ситуации достигаются стандартизация комплекса хозяйственных мероприятий и возможность решения текущих научно-производственных проблем. Объектом изучения является отрасль или достаточно крупное под-

Таблица 2. Абиотические лесные системы и классификации

Объект изучения	Системы и классификации	Районирование
Почва Рельеф Климат	Почвенные Морфологические Генетические Климатические	Область распространения

Таблица 3. Лесные экосистемы и классификации

Объект изучения	Система таксономических единиц	Районирование
Лесные экосистемы	Ландшафтные Типологические Ландшафтно-типологические	Геоботаническое Почвенно-географическое Геоморфологическое Климатическое Физико-географическое

разделение народного хозяйства. В качестве показателей-входов используются отдельные экосистемные классификации, отражающие экологическую сторону проблем, плюс факторы экономического содержания (табл. 4).

Формирование лесных специальных классификаций производится путем критического анализа существующих схематических построений, тематических карт, эколого-экономической ситуации; далее производятся необходимые корректировки, зависящие от наличия эмпирических данных, достигаемого уровня генерализации и научного мировоззрения авторов. Система таксономических единиц объекта изучения отражает различные эколого-экономические аспекты. Например, для лесоустройства используется многомерная стандартная лесотаксационная информация плюс набор экономических показателей, отражающих внутренние и внешние отношения и связи предприятий-заказчиков.

Районирование многовходовое, представляющее ту или иную сторону объекта изучения. В частности, целям лесоинвентаризации отвечает лесотаксационное районирование, формируемое на основе блока экосистемных классификаций (лесорастительного, в свою

очередь объединяющего почвенно-географическое, геоморфологическое, климатическое). По отношению к лесным сообществам районирование позволяет очертить границы пространственно-временного распределения его структурных составляющих. Иллюстрацией их распределения в пространстве и времени является тематическая карта.

Универсальных систем и классификаций, удовлетворяющих всех пользователей леса, не существует. Поэтому в соответствии с решаемыми проблемами в рамках научного проекта или в процессе хозяйственной деятельности следует использовать как готовые решения, так и дополнительно разработанные системы и классификации. При этом их количество ограничивается только перечнем достигаемых целей.

Лесная типология: теория и перспективы использования в лесах Сибири (Фарбер, Кузьмик, 2013). Соответствие породного состава древостоя и всех других таксационных показателей насаждения условиям местопрорастания послужило Г. Ф. Морозову основой для создания учения о типах леса (<http://eko-forest.ru/tipy-lesa>). Поскольку типологическая классификация лесов напрямую связыва-

Таблица 4. Специальные системы и классификации

Объект изучения (хозяйство)	Система таксономических единиц	Районирование	
Лесное	Учета и проектирования Лесопользования Другие	Лесотаксационное Лесоэкономическое Другие	Лесохозяйственное
Охотничье	Учета и проектирования Охотопользования	Ландшафтно-типологическое Нормативно-промысловое	Охотохозяйственное

ется с условиями произрастания, то ее можно определить как *природную* (варианты – *естественную* и т. д.). Сопряженность характеристик насаждений с условиями произрастания принципиально важна. Так, древостои, произрастающие на переувлажненных или излишне сухих почвах, формируют качественно различные лесные экосистемы, но которые при этом описываются сходными таксационными показателями древостоев – средними высотами, диаметрами, запасами. Различия в условиях произрастания, а также в видовом разнообразии насаждений, в том числе формулах породного состава древостоя, агрегируются посредством типологической классификации насаждений. Сравним с бонитировочной шкалой. Класс бонитета выполняет свое предназначение – оценку производительности древостоя, но никак не оценивает другие важные характеристики произрастания – местоположение, почвенно-грунтовые условия и т. д. Лесная типология и бонитировка – не конкурирующие, а дополняющие друг друга классификации. Выполняя в нашем мыслительном процессе назначение «полочки», название типа леса вызывает у специалиста определенный образ, в целом отвечающий всесторонней (объемной) характеристике входящих насаждений, включая и производительность древостоя (бонитет).

Ведение лесного хозяйства, учитывающее природно-исторические особенности насаждений, является фундаментом воспроизводства лесных ресурсов. При условии получения лесной типологической классификации, в стратах которой на достоверном уровне значимости работают закономерности лесообразовательного процесса, необходимо признать, что хозяйственная деятельность в лесу должна выполняться на типологической основе. Мы не видим в такой постановке вопроса логических противоречий и принимаем первичность идеологии типологии лесов. Поэтому все другие теоретические и нормативные положения лесного хозяйства должны следовать учению о типах лесов, которое в таком контексте принимает основополагающий, приоритетный характер. Таким образом, *проблема*, решаемая посредством типологической классификации лесов, формулируется как необходимость

унификации лесных хозяйственных мероприятий. Отсюда вытекает и формулировка цели типизации лесов и задач, решаемых на основе типологического подхода.

Типологическая классификация лесов разрабатывается *с целью* объединения насаждений со сходными таксационными показателями по стратам – типам леса. По типологической доктрине, далее типологические построения следует использовать как основу для решения *задач*:

– *инвентаризации лесных ресурсов* (древесных, побочного пользования, охотничьих, рекреационных, т. е. ресурсов, которые на конкретной арендной территории выступают в качестве объекта хозяйствования);

– *планирования хозяйственной деятельности* (всех без исключения видов хозяйствования, основные из которых – лесохозяйственная, лесопромышленная, охотохозяйственная).

Общие принципы типологических построений. Разработка и использование практикой лесохозяйственного производства понятий *тип леса* и *бонитет* без преувеличения составляют эпоху в развитии лесной науки. При этом всегда ставился вопрос об обоснованном выборе признаков. По Г. Ф. Морозову (1970), в основу классификации насаждений должны быть положены все важнейшие лесообразователи: климат, почвенно-геологические условия, рельеф, лесоводственные свойства пород, вмешательство человека. В географии растений используются экологические факторы, имеющие аналогичную смысловую нагрузку, – климатические, эдафические (почвенно-грунтовые), орографические (рельеф), биотические (воздействие растений друг на друга и животных на растения), исторические, антропогенные. Ландшафтоведение входит в систему физико-географических наук в качестве их обобщающего начала, ландшафтный подход при этом предполагает изучение климата, почвы и других компонентов как структурных частей природно-географического комплекса. Важно, что для природных классификаций – лесных, ботанических, ландшафтных или любых других – используются, пусть терминологически различающиеся, но аналогичные по содержанию показатели окружающей среды (показатели условий ме-

стопрорастания), а также показатели самих объектов изучения. Другими словами, все получаемые типологические группировки формируются одинаковым образом, и в этом смысле они тождественны. А различия между ними определяются исключительно выбором в качестве входов в итоговые классификации тех или иных показателей. И здесь вступают в силу методические особенности формирования типологических построений.

Различия между лесными типологическими классификациями. Г. Ф. Морозов типологические классификации не разрабатывал, а ограничился обозначением общей схемы их формирования. В направлении «сверху – вниз» лесная территория может быть представлена следующим образом: *климатические зоны – геологические районы*, выделенные с учетом особенностей, – *типы лесных массивов*, приуроченные к рельефу, – *типы насаждений*, зависящие от почвы (<http://ru.wikipedia.org/wiki>). Таким образом, уже изначально Г. Ф. Морозов подразумевал использование вертикальной (иерархической) и горизонтальной (типологической) координат пространства. Развивая учение о типах лесов Г. Ф. Морозова, его последователи столкнулись с тем, что разнообразие факторов среды, неоднозначность их влияния на рост и развитие растений определяют разновариантность классификаций. Факторов, влияющих на формирование насаждений, много. Для каждого конкретного места они организуются в особую многоплановую систему с запредельным количеством получаемых страт (типов). Если гипотетически предположить, что появилась возможность учета буквально всех показателей, влияющих на рост и развитие древесных пород как со стороны условий месторастания, так и связанных со строением насаждения, то получим страту, в которых наиболее строго типизированы требуемые характеристики. Практически же необходим выбор, т. е. ограничение разумным минимумом показателей. Наиболее распространены предпочтения показателей условий произрастания и показателей самих насаждений. В результате исторически оформились лесотипологические школы, представляющие направления развития лесной типологии.

Мы разделяем мнение А. В. Побединского и др. (1982), что между лесными типологическими школами есть значительное сходство, а существующие расхождения зачастую излишне преувеличиваются. Разнообразие лесотипологических построений определяется, полагаем, не столько научным мировоззрением авторов, сколько реально существующим эффектом силы влияния факторов окружающей среды на растительный покров. В итоге небольшое их количество (или даже один фактор, например, температура) лимитирует направление лесообразовательного процесса и разнообразие видового состава растительности. Каждому физико-географическому району (Исаченко, 1991) будут свойственны свои факторы, с наибольшей силой определяющие условия месторастания. Например, для равнинной местности такие показатели, как экспозиция или крутизна склона, будут иметь меньшее значение, чем для горной местности. Именно поэтому для европейской преимущественно равнинной части России наибольшее значение приобретают почвенно-грунтовые условия, а в Сибири – условия, определяемые рельефом местности. В европейской части при относительно более благоприятных природно-климатических условиях видовое разнообразие растительного покрова выше, поэтому лесорастительные условия определяются преимущественно плодородием почв. Отсюда логически следует предпочтение показателей почв при формировании лесных типологических классификаций. Лесорастительные условия в Сибири определяются уже не столько плодородием почв, сколько суровостью климата (в основном количеством солнечной радиации) и особенностями рельефа местности. Учет в рамках типологических построений многочисленных показателей климата и рельефа затруднен. Отсюда следует выбор для формирования типологических классификаций косвенных показателей, из которых выбрана преобладающая порода древостоя и растения напочвенного покрова, точнее – те виды, которые являются индикаторами для данных лесорастительных условий.

Лимитирующее значение факторов внешней среды приобретает особое значение в динамических географо-генетических класси-

кациях. Лесообразовательный процесс, если можно так выразиться, «задуман природой» для сохранения лесных формаций во времени и имеет для этого многочисленные средства саморегулирования (гомеостаза). Механизм саморегулирования лесных экосистем приобрел в процессе их эволюционного развития. Именно поэтому в полосе средней и южной тайги Сибири, например, ельники приурочены к околорейновым, а кедровники – к привершинным местоположениям. Ведущее значение имеют особенности гидрологического режима почв и приуроченность к формам рельефа. Механизмы сохранения лесных формаций регулировались тысячелетиями. Поэтому лиственничные насаждения, сколько бы под их пологом не произрастало кедрового подроста, кедровниками не становятся.

С. Н. Сеннов и А. В. Грязькин (2006) связывают жесткую зависимость обратимости смен растительности от стабильного экотопа с типологической школой Б. П. Колесникова, а разнонаправленность и непредсказуемость изменений – с типологической школой Н. С. Нестерова. Мы полагаем, что в более суровых природно-климатических условиях лимитирующие факторы внешней среды определяют постоянство последовательных смен в представлении Б. П. Колесникова; в условиях же благоприятных для существования лесных экосистем лимитирующие факторы отсутствуют и появляется неопределенность изменений уже в представлении Н. С. Нестерова. Максимальна неопределенность возможных смен растительности в лесных типологических построениях, основанных на характеристиках почв. Условия произрастания отвечают здесь широкому спектру древесных пород. Полагаем, что именно поэтому в классификации П. С. Погребняка преобладающая порода древостоя не используется в качестве индикатора.

Оценка практической значимости лесотипологических построений. Многочисленность показателей лесорастительных условий, неравнозначных для физико-географических районов, таксационных показателей самого насаждения, а также зачастую субъективные научные предпочтения разработчиков типологических классификаций привели к формиро-

ванию далеко не одинаковых типологических построений. В зависимости от показателя, используемого в качестве входа, появились различающиеся названия типологических систем. Лесные типологи, представляющие различные научные школы, вплоть до настоящего времени продолжают полемизировать, отстаивая свое понимание типологических основ. По типологической тематике проведены конференции и совещания (Москва, 1950 г.; Харьков, 1961 г.; Красноярск, 1973, 1977 гг. и др.). Общая позиция так и не была найдена, и полемика постепенно стала угасать. В результате идея использования типологии как основы для организации лесного хозяйства ушла на второй план, а типология замкнулась сама на себя. В настоящее время типологические построения являются скорее самоцелью и представляют собой уже не науку, а искусство, которое по определению всегда индивидуально. Каждый следующий специалист по лесной типологии, пусть даже высшей квалификации, в пределах одного лесного массива составит свою оригинальную типологическую классификацию произрастающих там насаждений, которая не может быть воспроизведена другими. Забыто предупреждение Г. Ф. Морозова, подчеркивавшего, что каждая классификация имеет свою цель и каждая классификация тогда хороша, когда отвечает цели, ради которой она создана (Морозов, 1970).

В характеристике насаждения лесотаксационного выдела типу леса не придается должного значения. Ведение лесного хозяйства по типам леса лесоустроительной инструкцией вообще не предусмотрено. Хозяйство организуется в пределах хозяйственных частей (или групп лесов и категорий защитности) по хозяйственным секциям (главным породам древостоя) или подсекциям, организуемым, как правило, по группам классов бонитета. Лесоустройство игнорирует лесотипологические построения для организации лесного хозяйства из-за их неопределенности и субъективности. Препятствием применению типов леса в Сибири является их многочисленность. Даже на коллективных тренировках таксаторов возникают затруднения с определениями типов леса. При производственной таксации отнесение насаждения к определенному типу леса

носит формальный характер. При контроле лесотаксационных работ ошибки в определении типа леса, как правило, не фиксируются. Затруднения вызывает непостоянство типов леса. При повторном лесоустройстве типы леса лесотаксационных выделов меняются. Более того, меняются и сами типологические схемы. Преемственность типологических построений отсутствует.

Невостребованность лесных типологических построений в таком виде, как они существуют на сегодняшний день, стала особенно очевидной с переходом лесоустройства на дешифровочный метод получения лесотаксационной информации. В настоящее время таксация насаждений производится не только с использованием аэрофото-, но и космоснимков и других данных дистанционного зондирования. Аналитическое дешифрирование значительно потеснило методы наземного обследования. Однако, используя аэрокосмические снимки, следует помнить, что ни на одном из них входы в типологические построения – почвенные разности, породный состав древостоя, напочвенный покров и т. д. – непосредственно не отражаются. Оценка этих показателей по косвенным признакам неприемлема, поскольку ошибка входа означает последующую грубую ошибку при определении типологической принадлежности насаждения.

Таким образом, в Сибири организации хозяйства на типологической основе, особенно в экстенсивных лесничествах, практически не существует. Это обстоятельство давно отмечено учеными и практиками лесоустроительного и лесохозяйственного производства. Например, Н. А. Моисеев (1980) подчеркивал, что типология как учение была и остается оторванной от прямых хозяйственных нужд; П. И. Мороз (1985) невостребованность типологических группировок для организации хозяйства объяснял их недостаточной изученностью, разными толкованиями понятия (отсюда следует разнообразие классификаций, часто не обоснованных ни количественно, ни качественно). Свидетельством действительного, а не формального признания практикой лесного хозяйства типологических построений станет замена в нормативной и проектной документации хозяйственных секций и подсекций на

таксоны типов леса. Но для такого признания необходима типологическая классификация, которая реально может служить в качестве основы для организации лесного хозяйства.

Перспективы развития методов структуризации лесных сообществ. Вернемся к методическим основам. Постулат Г. Ф. Морозова о взаимосвязи насаждения и условий местопроизрастания можно интерпретировать как природную закономерность. В изложении Д. Л. Арманда (1975), природная закономерность есть следствие, определяемое наличием некоторого комплекса предварительных условий, которое можно записать в виде выражения:

$$A \wedge B \wedge C \wedge \dots \wedge K \wedge L \rightarrow M.$$

Примечание: знак \wedge – конъюнкция, читается как «и».

Если совместно осуществляются условия A , B , C и т. д., то возникает ситуация, при которой неизбежно произойдет M . При традиционном структурировании лесных сообществ условия A , B , C и т. д. имеют смысловое содержание входов, а M – структурных составляющих искомой системы или классификации. Обозначения в левой и правой частях такого рода условной записи природной закономерности могут нести различную смысловую и терминологическую нагрузку. Использование тех или иных входов прямо определяет структуру объекта изучения, но при этом никак не меняя общеметодологической схемы формирования построений. В частности, по отношению к лесотипологической классификации это обстоятельство прямо определяет как различие, так и сходство всех существующих схем. Помещая в левую часть выражения характеристики почв влажность и плодородие, получаем классификацию П. С. Погребняка («сетку Погребняка»). Помещая в левую часть выражения преобладающую породу древостоя и показатели эдафифитоценологических рядов (увеличение застойного увлажнения почвы, возрастание богатства почвы при нормальном увлажнении, возрастание проточного увлажнения, ухудшение аэрации почв с проточным увлажнением), получаем классификацию В. Н. Сукачева.

Пусть в левой части условной записи природной закономерности останутся только показатели рельефа местности и гидрологиче-

ского режима почв, а в правой – таксационные показатели насаждений, которые там произрастают. При таком структурном варианте типизации левая часть будет представлять собой набор местоположений (по показателям рельефа и почв), а правая – совокупность насаждений, произрастающих в данных лесорастительных условиях. Насаждения лесотаксационных выделов, относящиеся к определенным типам условий местопроизрастания (ТУМ), будут различаться по происхождению, породному составу древостоя и возрасту. Поэтому именно такая структура типологических построений учитывает не только статические (на момент времени) характеристики насаждений, но и географический (таксоны лесорастительного районирования), генетический (происхождение) и динамический (возраст) аспекты лесной типологии. Преимущества предлагаемой структуры типологических построений:

- различия лесорастительных условий между типизированными местоположениями становятся более значимыми;

- контурное дешифрирование лесотаксационных выделов приобретает объективный характер;

- строгая последовательность взаимоположения страт, дифференциация лесорастительных условий, наглядность и логичность интерпретации таксационных показателей насаждений обеспечивают получение более точных и обоснованных результатов при решении лесоинвентаризационных и научно-прикладных задач.

Соответствие весьма широкого спектра древесных пород ТУМ смыкается с представлением о развитии лесных экосистем в виде последовательных сукцессионных циклов. Каждый новый цикл может повторять прежний или протекать с включением фазы смены пород. Возможен также вариант смены экосистемы на качественно иную (например, лес – луг, лес – болото и т. д.).

Таким образом, перспективы развития теории построения лесных систем и классификаций следует искать в направлении выявления их сопряженности с показателями рельефа местности и гидрологического режима почв. Тем более что современные ГИС располагают программными средствами анализа цифровых

моделей рельефа, позволяют выделять участки, классифицированные по крутизне склонов, экспозиции и кривизне поверхности. Агрегируя полученные участки в один векторный полигональный слой, далее в автоматическом режиме переходим к ТУМ по показателям рельефа местности.

Использование данных матрицы SRTM для структуризации лесных сообществ (Фарбер и др., 2013). SRTM (Shuttle radar topographic mission) – радарная интерферометрическая съемка поверхности Земли, осуществленная в феврале 2000 г. радиолокационными сенсорами SIR-C и X-SAR с борта космического корабля «Шаттл». Данные SRTM распространяются в виде сеток с размером ячейки 1 угловая секунда и 3 угловые секунды. Более точные односекундные данные (SRTM1) доступны на территорию США, на остальную поверхность Земли доступны только трехсекундные данные (SRTM3). Файл (SRTM3) представляет собой матрицу из 1201×1201 значений, которая может быть импортирована в различные программы построения карт и ГИС (Farr et al., 2000).

Погрешности матрицы SRTM. Критерием допустимости использования инструмента является сопоставление точности, с которой он работает, с ошибками результата. Согласно описанию (gis-lab.info/qa/srtm.html), ограничения данных SRTM по абсолютным ошибкам планировались не превышающими по высоте 16 м, а в плане – 15 м. В действительности точность матрицы SRTM оказалась выше значений, рассчитанных теоретически. Для российского пользователя потенциальный интерес представляет территория Евразии. Здесь средние абсолютные ошибки в доверительном интервале 90 % составили: по высоте 6.2 м, а в плане – 8.8 м.

Точность матрицы SRTM изучалась учеными разных стран. Так, А. К. Karwel, I. Ewiak (2008) оценивают ошибку матрицы SRTM следующими величинами: для равнинной местности – 2.9 м, холмистой – 5.4 м. По их мнению, матрица SRTM подходит для создания горизонталей на картах масштаба 1:50 000 и мельче, а также может использоваться при создании ортофотопланов на основе космических снимков высокого разрешения. Примерно схожие

результаты приводят и другие зарубежные исследователи. Проводилось тестирование матрицы SRTM и в РФ. Л. А. Муравьев (geo.web.ru/db/msg.html?mid=1177761) на основании изучения трех территориально разобщенных тестовых участков (ГРО «Катока», Ангола, Фгеоконсалтинг, г. Тюмень, МП Электра, г. Южно-Сахалинск), приходит к выводу, что данные SRTM могут быть использованы для обновления топоосновы территорий, где отсутствуют детальные топографо-геодезические материалы. Ю. И. Карионов (www.racurs.ru/?page=506) также использовал территориально разобщенные участки: остров Ольхон на Байкале (горный рельеф), районы городов Саратов (равнинный рельеф) и Сочи (высокогорный рельеф). Из материалов сравнения следовал вывод о соответствии точности матрицы SRTM и матрицы карты масштаба 1:100 000. По мнению автора, матрица SRTM может быть использована при создании ортофотопланов в масштабе 1: 25 000 и мельче на районы с равнинным и всхолмленным рельефом. В районах с горным рельефом перед составлением ортофотопланов необходима дополнительная коррекция космических снимков, учитывающая условия съемки. В высокогорных районах для изготовления ортофотопланов масштаба 1: 25 000 размер ячейки слишком велик.

Область применения. По материалам лесоустройства изготавливаются планово-картографические материалы, обычно начиная с масштаба 1:25 000 (планшеты). В масштабе 1:50 000 и мельче изготавливаются планы и укрупненные планы лесонасаждений. Масштабный ряд лесоустроительных материалов сложился исторически, и нет оснований считать, что для организации лесопользования и пространственного отображения лесных объектов для большинства научно-практических задач необходим более крупный масштаб. Поскольку масштаб планово-картографических материалов лесной тематики напрямую зависит от уровня генерализации объектов картирования (например, лесотаксационных выделов), то опосредованно он отражает и требования к точности их отображения. Укрупнение масштаба автоматически повышает, а уменьшение – понижает эти требования.

Из сопоставления приведенных данных о точности матрицы SRTM и рекомендации ав-

торов по их использованию следует вывод о ее применимости для решения значительного количества лесных научно-практических задач. В равнинных условиях ограничений по масштабу практически нет, в горных и тем более высокогорных следует более осторожно формулировать требования к точности пространственного отображения лесных объектов.

Матрица SRTM представляет собой цифровую модель рельефа (ЦМР), которая далее средствами ГИС может подвергаться пространственному анализу и интерпретации. Несомненное преимущество использования программных средств ГИС – это автоматизация контурного дешифрирования объектов исследования, которая не только уменьшает трудозатраты, но и практически исключает субъективный (человеческий) фактор. Для лесных научно-практических задач это особенно актуально, поскольку они, как правило, связаны со значительными площадями и большими объемами эмпирических данных.

Дешифрирование лесорастительных условий и типологической структуры лесов демонстрируется на примере Улуг-Хемского округа Тувинско-Хангайской котловинно-горной провинции (Ильинская, 1980). Типологическая структура лесов – конструкция, привязанная к рельефу (т. е. к ТУМ), и переход к картированию типов леса может осуществляться посредством выявления сопряженности характеристик рельефа с полигонами ТУМ и учета гидрологического режима почв и породного состава древостоя. Для крупномасштабной карты контурное дешифрирование участков, представляющих отдельные типы леса, осуществляется в режиме ручного редактирования векторного слоя ТУМ. Производится как объединение смежных полигонов ТУМ, так и их дробление. Полигоны ТУМ объединяются на основании предварительно выявленного сопряжения отдельного типа леса со стратами ТУМ и, наоборот, дробятся по их принадлежности к формам рельефа и группам увлажнения (Фарбер и др., 2012). Для карты масштаба 1:100 000 операции дополнительного редактирования полигонов ТУМ не требуется, т. е. страте ТУМ присваивается наиболее вероятный тип леса. Наличие (или отсутствие) в пределах полигонов ТУМ по-

крытых лесом земель контролируется по плану лесонасаждений.

Диагностические таблицы типов леса дают необходимую информацию о модификациях лесных формаций. На сегодняшний день наиболее удачный вариант типологической структуризации лесов Тувы содержится в монографии «Типы лесов гор Южной Сибири» (1980). Однако и в этой работе далеко не полностью отражается типологическое разнообразие насаждений. Так, в работе С. К. Фарбера и др. (2012) на примере лесов Каа-Хемского лесорастительного округа наглядно демонстрируется наличие многочисленных пробелов в лесотипологических исследованиях в горах Южной Сибири. Что касается Улуг-Хемского округа, то для него не составлена и сама диагностическая таблица. Тем не менее, дальнейшие обобщения в рамках настоящей работы возможны, поскольку из самого названия типа леса, дополняемого наличием так называемого «эффекта присутствия», создается весьма объемное представление о таксационных показателях насаждений и линиях сукцессий лесных формаций.

Контурное дешифрирование ТУМ. Из данных SRTM следует, что абсолютные высоты местности округа занимают диапазон от 515 до 2206 м. Пространственный анализ в программной среде ГИС позволил в границах округа получить классы абсолютных высот, уклонов, экспозиций, кривизны поверхности. В режиме классификации по естественным границам выделены группы абсолютных высот: 515–785, 786–1085 и 1086–2206 м. При более углубленном изучении типологической структуры лесов округа эти группы можно будет отождествить с высотно-поясными комплексами.

В ручном режиме классификации отдельно для каждой группы высот получены четыре градации уклонов, три градации экспозиции и три градации кривизны поверхности. Для на-

глядности дальнейшей интерпретации показателям рельефа присвоены символы (табл. 5).

Для вогнутой поверхности (символ 1) принята размерность единиц кривизны от -1.23 до -0.10 ; для выровненной поверхности (символ 2) – от -0.11 до $+0.10$; для выпуклой поверхности (символ 3) – от $+0.11$ до $+7.70$. В целом диапазон единиц размерности кривизны от -1.23 до $+7.70$ указывает на резкие перепады высот, что и является свидетельством преобладания в округе гористой местности.

Общая индексация ТУМ состоит из трех символов. На первое место поставлен символ уклона, на второе – экспозиции, на третье – кривизны поверхности. Например, ТУМ с индексацией 122 означает, что данное местоположение плоское ($0-2^\circ$), со слабо выраженной теневой экспозицией и выровненной поверхностью.

Контурные полигонов, полученные по каждому показателю-входу, т. е. по величине уклона, экспозиции и кривизне поверхности, предварительно перед операцией их слияния были генерализованы. После операции слияния полученные полигоны также были генерализованы. В качестве наименьшей на обоих этапах генерализации использована площадь 50 га. Большая часть территории Улуг-Хемского лесорастительного округа представлена уклонами с индексами 2 и 3 и кривизной поверхности с индексами 2 и 3. Посредством визуального анализа изгибов изолиний высот можно убедиться в точности отнесения полигонов к соответствующим стратам ТУМ.

Полигоны ТУМ – результат контурного дешифрирования по данным SRTM – имеют смысловое содержание, совпадающее с трактовкой фации по Е. Н. Калашникову (1975) как наименьшей таксономической единицы ландшафтной организации территории. Содержание не абсолютно тождественное, поскольку в нашем варианте отсутствует учет

Таблица 5. Градация показателей рельефа местности

Уклон		Экспозиция		Кривизна поверхности	
Градус	Символ	Наименование	Символ	Наименование	Символ
0–2.0	1	Плоскость	1	Вогнутая	1
2.1–10.0	2	Теневая	2	Выровненная	2
10.1–30.0	3	Световая	3	Выпуклая	3
Более 30	4		–		–

почвенно-грунтовой составляющей. Поэтому не стоит ожидать совпадения полигонов ТУМ с конфигурацией лесотаксационных выделов. Результаты контурного дешифрирования ТУМ будут различны при использовании тех или иных комбинаций градаций показателей-входов. Следует признать, что однозначного правила для их выбора нет. Полагаем, что для разных физико-географических районов по А. Г. Исаченко (1991) градации показателей-входов также будут индивидуальны. При этом следует ориентироваться на происхождение рельефа местности и его характерные формы, образовавшиеся в процессе денудации.

Контурное дешифрирование типов леса. Использовано описание типов леса Улуг-Хемского лесорастительного округа (Типы..., 1980). К сожалению, как уже отмечено, это описание не сведено в диагностическую таблицу. Нечеткость формулировок местоположений и почвенно-грунтовых условий влечет неоднозначность их интерпретации как по отношению к индексу ТУМ, так и по отношению к конкретному типу леса. Для картирования требуются более определенные формулировки. Как следствие сопряженность с таксационными показателями насаждений, характеристиками рельефа местности и почвенно-грунтовыми условиями остается не структурированной и определяется общими лесоводственными соображениями относительно лесорастительных условий, отвечающих конкретным типам леса и их обобщенным образ-

ам, которые сложились у авторов в процессе полевых исследований (табл. 6).

Сопряженный анализ типологической структуры леса округа с условиями произрастания позволяет выявить только характеристику итоговой фазы лесообразовательного процесса, а именно коренную породу дерева и сопутствующие ей индикаторы травяно-кустарникового яруса. В статике на сегодняшний день насаждения под влиянием пожаров, вредителей леса и главным образом вследствие хозяйственной деятельности человека находятся на разных стадиях (и фазах) сукцессий, зачастую в расстроенном состоянии или даже в состоянии смены на различные модификации степных формаций.

В границах высот 515–785 м в основном располагаются степные экосистемы. Леса произрастают только в поймах рек. Непосредственно к р. Улуг-Хем (Енисей) примыкают массивы тополевок карагановых. Антропогенный пресс привел к их деградации, и сейчас здесь преимущественно произрастают длительно-производные кустарниковые сообщества и березняки. С учетом требовательности тополевок к почвенному увлажнению и наличию почвенного дренажа места для произрастания тополевок относятся к полигонам, имеющим выровненную поверхность. Вогнутое местоположение, как правило, отличается застойным увлажнением.

В границах высот 786–1085 м также абсолютно преобладают степные ассоциации.

Таблица 6. Сопряженность типов леса с показателями рельефа в Улуг-Хемском лесорастительном округе

Высота местности, м	Показатели рельефа, символ			Группа типов леса
	Крутизна	Экспозиция	Кривизна	
515–785	1	1	2	Топольник карагановый
	1	2	2	
	1	3	2	
786–1085	1	1	1	Топольник елово-кустарниковый
1086–2206	1	2	1	Сосняк разнотравно-злаково-карагановый Сосняк разнотравно-злаковый
	1	2	2	
	1	3	3	
	3	3	1	Сосняк кустарниковый
	3	3	3	
	3	2	3	Сосняк редкотравный
	3	2	1	
	4	2	1	Сосняк разнотравно-брусничный
4	2	3		

Только поймы крупных притоков р. Улуг-Хем являются местоположениями, пригодными для тополельников елово-кустарниковых. Своеобразие природно-климатических условий округа выражается в незначительном количестве таких водотоков. Основная их масса пересохла и слилась с основным степным фоном. Достаточное увлажнение для тополельников имеется только на участках с ровной поверхностью.

В границах высот 1086–2206 м территория округа занята лесостепью. На песчаных с хорошей аэрацией почвах сосна отличается пластичностью, образуя изолированные степью насаждения. При картографировании типов леса принимались во внимание их лесоводственные особенности. Сосняки разнотравно-злаково-карагановые и разнотравно-злаковые занимают ровные местоположения и в масштабе картографирования 1:100 000 не подразделяются. Сосняки кустарниковые и редкотравные приурочены к тенивым склонам и в масштабе картографирования 1:100 000 также не подразделяются. Сосняки разнотравно-брусничные располагаются на тенивых склонах и выше, чем другие типы леса округа.

Таким образом, на основе данных матрицы SRTM получаем контуры участков, которым на основании сопряженности показателей рельефа присваиваются типы леса и усредненная таксационная характеристика насаждений, фигурирующая в диагностической таблице. Современное состояние участков может значительно отклоняться от такого описания. Переход к выявлению фазы и стадии сукцессии насаждений на момент времени – отдельная задача их картирования. Считается, что такая задача может решаться посредством использования спектральных и структурных характеристик изображения объектов на снимках (Манович, Евстратова, 2012 и др.). Перспективно направление картирования восстановительной динамики лесной растительности, совмещающее данные матрицы SRTM и мультиспектральной космической съемки (Данилова и др., 2010).

В целом результат картирования типов леса можно определить как вероятностный. Действительно, поскольку страте ТУМ отвечают несколько типов леса, то конкретному полигону из них присваивается наиболее вероят-

ный. При этом контурное дешифрирование типов леса приобретает черты субъективности и будет напрямую зависеть от квалификации исполнителя.

Заключение. Перечислим несколько, по нашему мнению, наиболее значимых научно-практических задач, которые могут решаться с использованием матрицы SRTM и далее посредством манипулирования данными ЦМР средствами ГИС:

- уточнение границ таксонов лесорастительного районирования;
- предварительная стратификация территории для лесоустройства, ГИЛ, а также инвентаризации других природных ресурсов (например, для земле- и охотустройства);
- картирование типов условий произрастания по показателям рельефа местности и далее типов леса;
- реконструкция истории лесов;
- картирование ареалов отдельных видов растительного и животного мира;
- выявление лесов высокой природоохранной ценности;
- ведение экологического мониторинга за деятельностью лесопромышленных предприятий.

Следует заметить, что задачи из этого списка весьма сложны и решаются исследователями далеко не в единственном методическом варианте. Большое значение имеет «школа», т. е. приверженность автора к определенному научному направлению. Очевидно, что пополнение научного арсенала исследователя еще одним инструментом – возможностью интерпретации матрицы SRTM вне зависимости от научного стиля исследователя – позволит получать объективный результат и выйти на более высокий уровень обобщения эмпирических данных. Перечень лесных научно-практических задач может быть продолжен, что позволяет оценить сферу применимости матрицы SRTM в лесной отрасли как очень значительную. Разумеется, что все задачи такого рода решаются на основе специальных материалов и сведений, но привлечение программных средств анализа рельефа местности внесет важные дополнительные преимущества, среди которых особо следует выделить объективность контурного дешифрирования объек-

тов изучения и частичную автоматизацию картографических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арманд Д. Л.* Наука о ландшафте. М.: Мысль, 1975. 288 с.
- Данилова И. В., Рыжкова В. А., Корец М. А.* Алгоритм автоматизированного картографирования современного состояния и динамики лесов на основе ГИС // Вестник НГУ. Серия: информационные технологии. 2010. Т. 8, вып. 4. С. 15–24.
- Ильинская С. А.* Центральноазиатская котловинно-горная лесорастительная область // Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. С. 278–326.
- Исаченко А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высш. шк., 1991. 368 с.
- Калашников Е. Н.* К вопросу о классификации лесохозяйственных выделов по аэроснимкам // Аэрометоды изучения лесных ландшафтов. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1975. С. 225–237.
- Карионов Ю. И.* Оценка точности матрицы SRTM. Режим доступа: www.racurs.ru/?page=506.
- Киреев Д. М.* Эколого-географические термины в лесоведении (словарь-справочник). Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 182 с.
- Коган А. Б., Наумов Н. П.* и др. Биологическая кибернетика: Учеб. пособ. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1977. 408 с.
- Манович В. Н., Евстратова Л. Г.* Возможность применения автоматизированных методов дешифрирования для решения задач инвентаризации лесов // ГЕО-Сибирь-2012. Т. 4. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью: сб. мат-лов VIII Междунар. науч. конгр., 10–20 апреля 2012 г., Новосибирск. Новосибирск: СГГА, 2012. С. 31–36.
- Моисеев Н. А.* Воспроизводство лесных ресурсов. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 259 с.
- Мороз П. И.* Лесная типология и лесоустройство // Современные проблемы лесной типологии. М., 1985. С. 107–111.
- Морозов Г. Ф.* Избранные труды. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 560 с.
- Муравьев Л. А.* Высотные данные SRTM против топографической съемки. Режим доступа: geo.web.ru/db/msg.html?mid=1177761.
- Побединский А. В., Лазарев Ю. А., Ханбеков Р. И. и др.* Рекомендации по выделению коренных и производных групп типов леса зеленой зоны европейской части РСФСР. М.: ВНИИЛМ, 1982. 40 с.
- Сеннов С. Н., Грязькин А. В.* Лесоведение. Учеб. пособ. СПб., 2006. 70 с.
- Сукачев В. Н.* Основы лесной типологии и биогеоценологии. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1972. Т. 1. 283 с.
- Тахтаджян А. Л.* Флористические области Земли. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. 248 с.
- Типы лесов гор Южной Сибири / В. Н. Смагин, С. А. Ильинская, Д. И. Назимова и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. 336 с.
- Фарбер С. К.* Виды лесных классификаций // Лесная таксация и лесоустройство. 2001. № 1(30). С. 114–118.
- Фарбер С. К., Кузьмик Н. С., Мурзакматов Р. Т., Федотова Е. В.* Сопряженность элементов рельефа местности с типами лесов (на примере Каа-Хемского лесорастительного округа) // Экосистемы Центральной Азии: исследования, сохранение, рациональное использование: мат-лы XI Убсунурского Междунар. симп. 3–8 июля 2012 г., Кызыл. Кызыл: РИО Тувинского гос. ун-та, 2012. С. 425–429.
- Фарбер С. К., Кузьмик Н. С.* Лесная типология: теория и перспективы использования в лесах Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. XXXI, № 1–2. С. 143–148.
- Фарбер С. К., Кузьмик Н. С., Брюханов Н. В.* Перспективы использования данных SRTM для решения лесных научно-практических задач // ГЕО-Сибирь-2013. Т. 4. Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью: сб. мат-лов IX Междунар. науч. конгр. 15–26 апреля 2013 г., Новосибирск. Новосибирск: СГГА, 2013. С. 85–88.
- Шумилова Л. В.* Ботаническая география Сибири. Томск, 1962. 453 с.

- Ямпольский С. М., Лисичкин В. А.* Прогнозирование научно-технического процесса. М.: Экономика, 1974. 208 с.
- Karwel A. K., Ewiak I.* Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland // *Int. Arch. Photogram., Rem. Sens. Spat. Inf. Sci.* Beijing, 2008. V. XXXVII. Pt. B 7. P. 169–172.
- Farr T. G., Scott H., Rodriguez E., Martin J., Ko-
brick M.* The shuttle radar topography mission // *CEOS SAR Workshop.* Toulouse 26–29 Oct. 1999. Noordwijk, 2000. P. 361–363.
- <http://eko-forest.ru/tipy-lesa>
<http://ru.wikipedia.org/wiki/gis-lab.info/qa/srtm.html>

Structuring of Forest Communities

S. K. Farber

*V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Academgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation
E-mail: sfarber@ksc.krasn.ru*

Structuring forest communities is considered as a pre-studying procedure. The paper defines the fundamental structuring terms and describes the theory behind it. Factors hampering forest typology development are discussed. The areas of forest typology promising regarding sustainable and multi-purposed forest management are outlined.

Keywords: *structuring, classification, forest typology, forest inventory.*