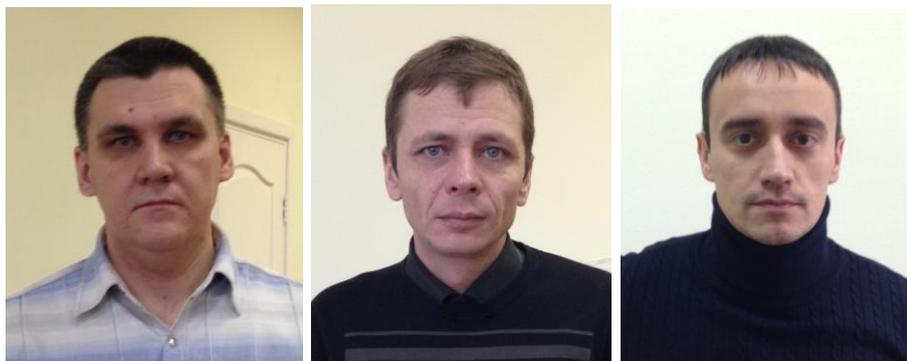


УДК 630.11

*В.В. Фомин, Д.Ю. Голиков, Д.С. Капралов*

Совместная (ИЭРиЖ УрО РАН и УГЛТУ) научно-исследовательская лаборатория ГИС-технологий, г. Екатеринбург

**АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИОННОЙ СХЕМЫ ТИПОВ ЛЕСА ЮЖНОТАЕЖНОГО ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОГО ОКРУГА ГЕОГРАФО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ Б.П. КОЛЕСНИКОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ТИПОВ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**



**Цель и методика исследований**

Классификация типов лесорастительных условий и типов леса Свердловской области была создана группой специалистов под руководством Б.П. Колесникова в 1970-е гг. (Колесников и др., 1974). Она используется при проведении лесоустроительных работ на территории Свердловской области. Основной классификационной единицей географо-генетической типологии леса является тип лесорастительных условий (ТЛУ), который в пределах климатически однородного региона объединяет экотопы, близкие по генезису и комплексу абиотических факторов. Типу лесорастительных условий соответствует совокупность лесных фитоценозов и биоценозов с древостоями разного возраста, которые образуют основную единицу лесотипологического ряда – тип леса (Смолоногов, 1998). Возможность приведения лесных сообществ к ТЛУ открывает хорошие перспективы как для автоматизированного выделения участков с относительно однородным комплексом лесорастительных условий, так и для мониторинга лесного покрова (Седых, 2005; Рыжкова и др., 2009). При этом, несмотря на очевидную технологичность географо-генетической классификации с точки зрения автоматизации выделения ТЛУ, детально проработанных методик, пригодных для применения в разных регионах РФ, очень мало.

Возможны два пути их создания. В основе первого лежат уже существующие классификационные схемы, например, приведенные в работе Б.П. Колесникова с соавторами (1974). Второй путь – создание новых схем с использованием базовых принципов, которые сформулированы создателями генетического подхода к классификации типов леса (Смолоногов, 1995, 1998). Очевидно, что второй путь намного сложнее первого, так как в этом случае у исследователя нет возможности опереться на уже установленные взаимосвязи между лесорастительными условиями и растительным покровом. Однако в случае использования существующих классификаций также возникает ряд трудностей, в частности, чрезмерная краткость и смысловая неоднозначность описаний ТЛУ, а также отсутствие количественных критериев сегментирования пространства по элементам рельефа. Исключение составляют только диапазоны высотных классов. Кроме того, в созданных ранее классификационных схемах не учитывается влияние антропогенных факторов, например, аэропромышленных загрязнений, влияющих на производительность древостоев, одна из характеристик которой – класс бонитета используется в описании типов леса.

Цель работы – провести качественный и количественный анализ классификационной схемы лесорастительных условий южнотаежного лесорастительного округа (С-VIв), созданной коллективом исследователей под руководством Б.П. Колесникова, для создания методики автоматизированного выделения типов лесорастительных условий с использованием ГИС-технологий.

В соответствии с лесорастительным районированием исследуемая территория расположена в южнотаежном лесорастительном округе (С-VIв) Зауральской холмисто-предгорной провинции, Западно-Сибирской равнинной лесной области (Колесников и др., 1974). В классификационной схеме типов лесорастительных условий и типов леса, которая приведена в упомянутом практическом руководстве Б.П. Колесникова с соавторами, южнотаежный лесорастительный округ относится к низкогорному и предгорному высотному классу (200-500 метров над уровнем моря). Всего в данной схеме приведено 5 групп типов лесорастительных условий по режиму увлажнения и выделен 21 тип лесорастительных условий, каждому из которых соответствует один тип леса. Описание каждого ТЛУ по особенностям рельефа и почв состоит из одного предложения.

### **Результаты и их обсуждение**

На первом этапе анализа текстовые описания типов лесорастительных условий, приведенные классификационной схеме для южнотаежного лесорастительного округа, были разделены на две части. В первую попали описания, относящиеся к особенностям рельефа. Во вторую - текстовые

фрагменты, которые относятся к характеристикам почв. В случае необходимости продолжали дробление текста каждой из частей.

Например, для типа лесорастительных условий с индексом 331 в классификационной схеме приведено следующее: “Вершины спокойных возвышенностей, пологие склоны с щебнистыми горно-лесными, дерново-подзолистыми суглинистыми почвами, реже - надпойменные террасы на супесчаном древнем аллювии”. После дробления были получены три варианта описаний, характеризующих положение участка в рельефе (вершины спокойных возвышенностей, пологие склоны, надпойменные террасы) и две группы описаний, характеризующих почвы. Первая группа – тип почвы: горно-лесные и дерново-подзолистые. Вторая группа – характеристики механического состава: щебнистые, суглинистые и супесчаные аллювиальные. Некоторые исходные описания содержат дополнительную информацию, например, качественные характеристики гидрологического режима и мощность почв. В этом случае такие фрагменты текста также заносились в отдельные группы.

После разбиения исходных описаний ТЛУ некоторые фрагменты были детализированы с использованием дополнительных источников данных. Например, характеристики почв были дополнены данными Ф.Г. Гафурова (2008). В приведенном примере в группу описаний типов почв были добавлены дерново-подзолистые почвы склонов и дерново-подзолистые почвы долин, а данные о механическом составе были дополнены информацией о том, что эти почвы являются автоморфными.

Дальнейшие исследования включали следующие этапы:

- поиск источников пространственных данных (цифровая модель рельефа, геологическая карта и карта почв, топографические карты и геоинформационные базы данных, содержащие векторные слои гидрологической сети и площадных водных объектов);
- анализ моделей и функций ГИС, пригодных для получения количественных и качественных параметров, характеризующих ТЛУ;
- поиск количественных критериев сегментации пространственных данных, необходимых для выделения участков местности на карте, которые соответствовали полученным ранее фрагментам описаний.

Исходные описания типов лесорастительных условий по особенностям рельефа для южнотаежного округа были разбиты на 34 фрагмента. Они были проанализированы с точки зрения возможности применения геоинформационных моделей и функций для выделения на карте участков с характеристиками, соответствующими этим описаниям. В результате такого анализа было получено 12 групп пространственных объектов – элементов рельефа. Для каждой из них были подобраны источники пространственных данных, функции пространственного анализа и геоинформационные модели (табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные, необходимые для создания алгоритмов  
автоматизированного выделения ТЛУ

№	Группы элементов рельефа	Количество фрагментов описаний	Пространственные данные	Функции и модели ГИС
1	Вершины	2	ЦМР	toposcale, topoclass, фокальные функции
2	Склоны	7	ЦМР	slope
3	Вершины и склоны	1	ЦМР	toposcale, topoclass, фокальные функции, slope
4	Склоны и долины	3	ЦМР, векторный линейный слой границ долин	buffer, slope
5	Террасы	2	ЦМР, векторный линейный слой речной сети	buffer, slope
6	Водоразделы и возвышенности на них	5	ЦМР	watershed, toposcale, topoclass, reclass
7	Возвышенности среди болот и между ними	3	ЦМР, векторный полигональный слой болот	функции алгебры карт
8	Окраины болот	2	векторный линейный слой границ болот	buffer
9	Ложбины и водотоки	1	ЦМР	toposcale, topoclass, СТИ
10	Водоразделы и понижения на них	4	ЦМР	watershed, toposcale, topoclass, фокальные функции
11	Понижения	2	ЦМР	toposcale, topoclass
12	Поймы	2	ЦМР, векторный линейный слой речной сети	slope, СТИ

Название функций ГИС, приведенных в табл. 1, соответствуют обозначениям, принятым в ГИС ARC/INFO (ESRI Inc., США). Минимальный набор пространственных данных, необходимых для выделения элементов рельефа: цифровая модель рельефа (ЦМР), три векторных линейных слоя (речная сеть, границы долин, границы болот) и полигональный слой болот. В табл. 1 каждой группе соответствует одна или несколько базовых функций и моделей ГИС, которые могут быть использованы для выделения элементов рельефа. Это не означает, что приведенных функций и моделей достаточно для того, чтобы выделить характерный участок. Они характеризуют только базовую функциональность, которая должна быть использована для создания алгоритмов.

Для автоматизированного выделения ТЛУ пригодны следующие готовые геоинформационные модели: *toposcale*, *topoclass* (Zimmermann, 2000) и модель расчета топографического индекса влажности СТИ (<http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=11863>). С помощью изменяемого кругового шаблона модели *toposcale* и *topoclass* позволяют выделять на цифровой модели рельефа (рис. 1а) вершины возвышенностей, средние и нижние части склонов, а также ложбины (см. рис. 1б). Модель СТИ позволяет получить растр, характеризующий потенциально сухие и влажные участки на земной поверхности, а также рассчитать местоположение водотоков (см. рис. 1в). В исследовании была использована цифровая модель рельефа высокого пространственного разрешения ASTER Global DEM v2 (<http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>).

Функция *watershed* позволяет получить растр с водоразделами. Функция *slope* – растры с величинами уклона - крутизны склона (см. рис. 1г). С использованием функции *buffer* и линейного слоя возможно создание одно- или двусторонних буферов – областей с заданным расстоянием от линий. Функции алгебры карт позволяют производить с пространственными объектами, в основном, растровыми слоями, математические операции сложения, вычитания, умножения и деления.

Общая схема разбиения исследуемой территории на фрагменты, которые соответствуют фрагментам текстовых описаний классификации Б.П. Колесникова с соавторами, выглядит следующим образом. На основе набора пространственных данных производится последовательное выделение участков – элементов рельефа с последующим исключением их из набора исходных данных. Например, с использованием алгебры карт из исходного набора геоинформационных слоев вырезаются участки, соответствующие болотам. Полученный таким образом слой с фрагментами ЦМР переклассифицируется (функция *reclass*) по пороговым значениям высоты для выделения возвышенностей среди болот (см. группу 7 в табл. 1). Пороговые значения высоты для каждого болота могут быть подобраны опытным путем или в результате статистического анализа распределения значений высоты ячеек растра для каждого участка.

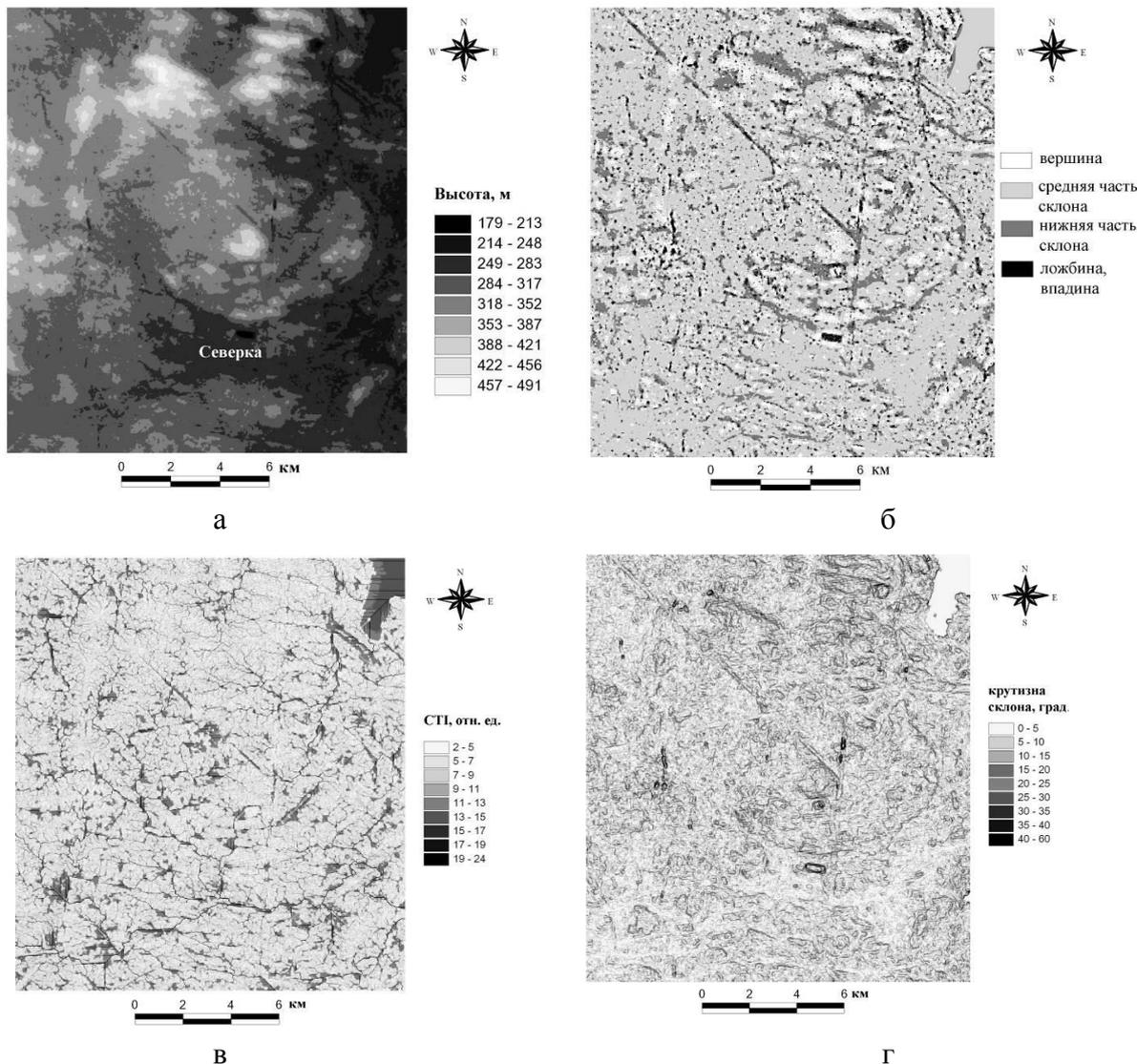


Рис. 1. Растры: цифровая модель рельефа (а), топоккласс (б), топографический индекс влажности (в), крутизна склона (г)

Слой границ болот и функция `buffer` позволяют выделить односторонние буферные области вокруг болот (группа 8 в табл. 1). Размер буферной области также должен быть определен в результате предварительного анализа. Полученные участки – окраины болот - исключаются из набора пространственных данных во избежание повторного классифицирования и отнесения к другому типу лесорастительных условий.

В результате последовательного выполнения такой процедуры создается набор слоев с типами лесорастительных условий, выделенных по элементам рельефа. Слои могут быть объединены в один растр или векторный слой, так как выделенные на каждом из этапов участки не пересекаются, а граница каждого участка точно соответствует границам соседних. Наложение на этот результирующий слой слоев с типами почв, характеристиками их механического состава и мощности, позволяет

разбить участки, однородные по особенностям рельефа и гидрологического режима, на участки с типами лесорастительных условий, учитывающими особенности рельефа, почв и режима увлажнения.

Таким образом, показаны возможности применения геоинформационных моделей и функций для получения количественных параметров, характеризующих орографию и гидрологические условия, которые могут быть использованы для автоматизированной оценки типов лесорастительных условий. Определение пороговых значений для сегментации набора пространственных данных – одна из основных задач, которая должна быть решена в ходе создания алгоритмов автоматизированного выделения типов лесорастительных условий.

### Список использованной литературы

*Гафуров Ф.Г.* Почвы Свердловской области. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2008. 396 с.

*Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П.* Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. 176 с.

*Рыжкова В.А., Корец М.А., Данилова И.В.* Картографирование лесного покрова на основе принципов генетической типологии с использованием ГИС // Генетическая типология, динамика и география лесов России. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения Б.П. Колесникова. 21-24 июня 2009 г. Екатеринбург, 2009. С. 184-187.

*Смолоногов Е.П.* Лесообразовательный процесс и генетическая классификация типов леса // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 18. Свердловск, 1995. С. 43–58.

*Смолоногов Е.П.* Основные положения генетического подхода при построении лесотипологических классификаций // Экология. 1998. № 4. С. 256 – 261.

*Седых В.Н.* Ландшафтно-типологическая основа для проведения лесоустройства на территории Сибири // Лесная таксация и лесоустройство. Вып. 1(34). 2005. С. 70-77.

*Zimmermann N.E.* Tools for analyzing, summarizing, and mapping of biophysical variables. 2000 (<http://www.wsl.ch/staff/niklaus.zimmermann/progs.html>).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (грант РФФИ № 14-04-01256).*

**Рецензент статьи:** профессор, кандидат географических наук, профессор кафедры географии и методики географического образования Уральского государственного педагогического университета В.Г. Капустин.