

Д.А. Говорков, И.Г. Соловьев
**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ АНАЛИЗА
И МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ВИДОВОГО
И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ**

Предложен вариант организации модели данных информационной системы анализа растительности полуострова Ямал на основе карты формаций фитоценозов. Реализованный вариант системы основан на базе данных, включающей более четырехсот наименований видов растений с привязкой к тридцати формациям, составляющим легенду электронной карты масштаба 1: 1500000.

Формация, данные, геоинформационная система, анализ, диаграмма, запрос.

Изучение динамики видового разнообразия растительного покрова Земли является основной составляющей анализа проблемы устойчивого сосуществования природы и общества [1]. Особого внимания в этой связи заслуживают территории с низким репродуктивным потенциалом флоры, к которым относятся арктические и субарктические тундры Западной Сибири [2]. Проблема сохранения естественного многообразия тундровых фитоценозов усугубляется интенсивным техногенным воздействием с трансформацией рельефа и изменениями температурных режимов мерзлых грунтов [3]. Помимо прямого техногенного (механического) воздействия растительность испытывает влияние изменения климатических факторов, связанных с потеплением приземного слоя атмосферы [4].

Оценка динамики растительного покрова и, как следствие, смещение границы субарктики в сторону Севера требует детального анализа флористического состава формаций, изначально зафиксированных и систематизированных авторами-составителями карты «Растительный покров Западно-Сибирской равнины» [5]. Следует признать, что трудоемкость и значимость подобных исследований для науки и практики определяется выгодным для приложений масштабом картографического материала, качественной структуризацией границ формаций на карте и детальностью флористического описания формаций с оценкой меры присутствия поименованных видов растений.

Организация флористического списка данных, структурированных по важным для анализа жизненным формам, другим биотическим характеристикам, с привязкой списка к площадно-картографическим объектам в виде геоинформационной базы данных, создает удобный и эффективный инструмент накопления и анализа все возрастающего объема сведений по видовому и количественному составу ценозов и их изменчивости.

Нижеизложенное поясняет схему построения модели геоинформационной базы данных растительности Западно-Сибирской равнины на основе одноименной карты [5, 6] масштаба 1:1500000 с детализацией и структуризацией списков ценозов формаций полуострова Ямал.

На рис. 1 приведена схема таблицы, поясняющая модель организации данных в системе и возможную структуру запросов.

Вид			Формации											
№	Наименование	Тип	Арктические			Северные субарктические			Центральные субарктические			Южные субарктические		
			...	2	...	...	11	...	...	15	...	...	23	...
...
21	<i>Dicranum elongatum</i>	мхи и лишайники	...	3	...	...	6	...	...	5	...	...	4	...
...
225	<i>Carex arctisibirica</i> (Jurtz.) С	травы и кустарнички	...	7	...	...	7	...	...	7	...	...	8	...
...
457	<i>Salix polaris</i> Wahlenb.	деревья и кустарники	...	0	...	...	2	...	...	4	...	...	5	...
...

Рис. 1. Структура организации данных фитоценозов формаций полуострова Ямал

По вертикали с уникальными номерами структурирован списочный состав фитоценозов, разбитый в простейшем случае на три непересекающихся подмножества. Для Ямала это:

- виды мохово-лишайникового яруса в количестве 62 единиц,
- виды травяно-кустарничкового яруса в количестве 389 единиц,
- виды древесных и кустарниковых жизненных форм — 18 единиц.

По горизонтали в соответствии с легендой карты растительности для полуострова Ямал выделены и пронумерованы 30 формаций, которые сгруппированы по широтно-зональному принципу. Широтная группировка позволяет выделить четыре зоны, поименованные следующим образом:

- арктические тундры — формации с номерами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9;
- северные субарктические тундры — 10, 11, 12, 13, 14;
- центральные субарктические тундры — 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 30;
- южные (кустарниковые) субарктические тундры — 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 32.

Соответствующая группировка формаций отображена на карте рис. 2. Широтная делимость формаций свидетельствует о явной зависимости структуры растительного покрова от температуры. Этот факт определяет и механизм анализа трансформации фитоценозов при постепенном потеплении приземного слоя атмосферы. С высокой вероятностью новые растительные формации северных широт будут иметь состав флоры, сходный с составом формаций южных зон при адекватном смещении (шаговом потеплении) среднезональных температур.

Температурный фактор важный, но не единственный признак флористического и ценотического состава формаций. Так, формации с номерами 14, 15 не вкладываются в выделенные широтные зоны, а формации № 8 и № 31 вообще не подчиняются закону широтной изменчивости. Для последних (береговые зоны и отмели) главным структурообразующим фактором ценозов выступает тип литогенной основы и характер увлажнения почвогрунтов.

Для реализации вычислительного эксперимента по анализу трансформации фитоценозов полуострова Ямал в связи с изменением температуры с визуализацией процесса на электронной карте для обозначенных широтных зон выделяются вертикально-структурированные формации, образующие фито-наследственную группу (ФНГ).

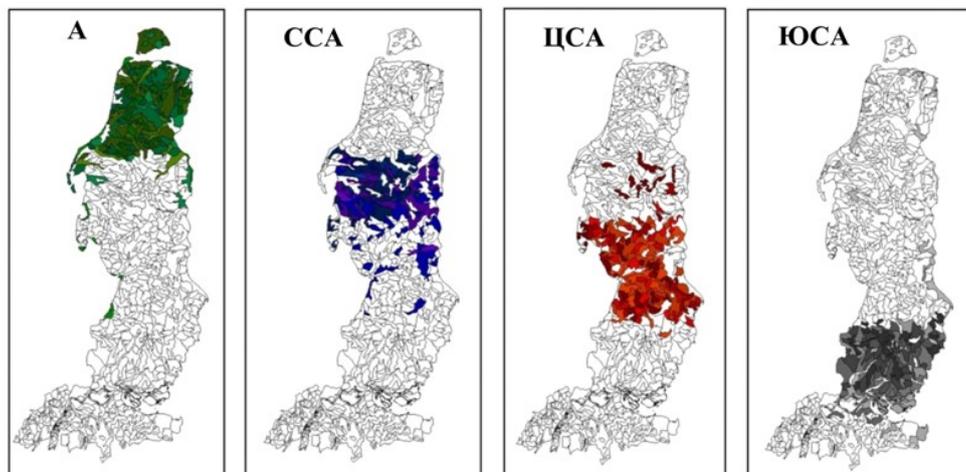


Рис. 2. Карты формаций полуострова Ямал с распределением по четырем широтным зонам: А — арктические тундры, ССА — северные субарктические, ЦСА — центральные субарктические, ЮСА — южные субарктические тундры

Группировка формаций в ФНГ основывалась на корреляционном анализе близости ландшафтных признаков по показателям:

- название формации, отражающее состав эдификаторов и доминантов растительного покрова;
- геоморфологические условия и характер увлажнения;
- почвенно-эдафические факторы;
- мощность сезонно-талого слоя.

В результате подобного анализа было выделено 7 близких по ландшафтным признакам формаций, распределенных по широтным зонам. Соответствующие ФНГ были поименованы:

- В₁ — (верховые) плакоры с атмосферным проточным увлажнением и преобладанием тундровых глеевых и торфяно-глеевых почв;
- В₂ — (верховые) плакоры с атмосферным проточным увлажнением и песчаными подзолистыми почвами;
- ВС — (верховые-средние) промежуточный вариант;
- С — (средние) участки водоразделов, слабодренированные, с проточно-застойным увлажнением;
- СН — (средне-низовые) промежуточный вариант;
- Н — (низовые) понижения и западины с застойным увлажнением;
- ДР — поймы и долины рек.

Результаты группировки по ФНГ учитываются моделью данных при последующем анализе трансформации растительного покрова формаций [8].

На рис. 3 изображена инструментальная панель геоинформационной системы с алгоритмизированными вариантами запросов на группировки данных. Результаты запросов имеют три образа представлений:

- сгруппированная по запросу таблица данных с выделенными видами флоры и оценками их присутствия на формациях;
- номограмма растительного покрова формаций, иллюстрирующая видовой и количественный состав фитоценоза;
- картографические образы формаций, участвующие в запросе с цветовым разделением по широтным зонам.



Рис. 3. Пример инструментальной панели ГИС при анализе флористического состава формаций полуострова Ямала



Рис. 4. Спектрограммы распределения видов растительности для формаций ФНГ «верховые 1»: 1) — травы и кустарнички, 2) — мхи и лишайники, 3) — деревья и кустарники; 4) — картографические образы формаций группы

Пример подобного анализа с выделением состава и структуры ФНГ «верховые-1» (формации 1, 10, 17, 22) представлен на рис. 4, где спектрограммы ценозов разделены по признаку ярусности. Согласно карте (рис. 4-4), для формаций группы явно выражена широтно-зональная приуроченность. Диаграммы растительного состава (рис. 4-1÷3) позволяют оценить состав и количественное распределение видов в фитоценозах при потенциальном замещении северных формаций южными (в последовательности 22→17→10→1 на номограммах). Тем самым формируется выборка образа данных, используемая в последующем моделировании трансформации растительного покрова в условиях потепления [7, 8].

Ближайшее развитие информационной системы связано с решением следующих задач.

— Расширение инструментальной панели запросов и визуализация результатов корреляционного анализа для более детальной характеристики в пределах широтных зон и/или ФНГ.

— Реализация вычислительных экспериментов по формированию графиков переходных процессов трансформации растительности для заданного шага приращения широтно-зональных температур.

— Анализ эволюционных процессов при циклических вариациях температур.

— Разработка визуальных инструментов анализа эволюционных процессов на диаграммах (графиках) и картах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию. Конференция ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 года.
2. Мельцер Л.И. Фитоценоотические аспекты устойчивости ландшафтов Ямала // Западная Сибирь — проблемы развития. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 1994. С. 128–141.
3. Tchebakova N.M., Rehfeldt G.E. and Parfenova E.I. From vegetation zones to climatypes: effects of climate warming on Siberian ecosystems, in Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests, Ecological studies, A.Osawa, et al., Eds. 2010, Springer Science+Business Media. P. 427–447.
4. Gonzalez P., Neilson R.P., Lenihan J.M. and Drapek R.J. Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 2010, № 19, p. 755–768.
5. Карта «Растительность Западно-Сибирской равнины». ГУГК. 1976. М.: Под общ. ред. ак. В.Б. Сочавы.
6. Растительный покров Западно-Сибирской равнины / Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Новосибирск: Наука, 1985. 251 с.
7. Калайджан В.М., Соловьев И.Г., Цибульский В.Р. Динамика трансформации растительного покрова при вариации среднегодовой температуры / Вестн. кибернетики, 2013. № 13. С. 37–42.
8. Говорков Д.А., Соловьев И.Г. Модель трансформации растительного покрова полуострова Ямал / Вестн. кибернетики, 2014. № 16. С. 43–50.

Тюмень, ТГНГУ
dagovorkov@mail.ru
Тюмень, ИПОС СО РАН
solovyev@ikz.ru

D.A. Govorkov, I.G. Solovyev

**GEOINFORMATION TOOLS FOR ANALYSIS AND MODELLING TRANSFORMATION
OF SPECIFIC AND QUANTITATIVE STRUCTURE OF THE VEGETATION COVER
OF THE YAMAL PENINSULA**

There has been submitted a version of processing a model of information system data analysis for Yamal Peninsula's vegetation on the basis of phytocoenosis formations maps. The implemented version of the system is based on a database. The database consists of more than four hundred plants species with reference to thirty formations constituting a legend of electronic map scale of 1: 1,500,000.

Formation, data, geographic information system, analysis, diagram, enquiry. .