

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 581.526:502.7(571.1)

**РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОБЕРЕЖИЙ ЯМАЛА КАК ОБЪЕКТ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И СОЗДАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ**

**Н.Г. Москаленко**

*Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия, nat-moskalenko@yandex.ru*

Изучены фитоценозы побережий Ямала, начиная с 1966 г. Выполнены детальные геоботанические описания, позволившие получить большой массив количественных фитоценологических параметров, оценить структуру биоразнообразия растительных сообществ. Растительный покров рассматривался как один из компонентов экосистем, тесно связанный с другими компонентами (рельеф, почва, геокриологические условия). Материалы выполненных описаний заносились в электронную базу данных.

*Растительность, ландшафты, биоразнообразие, базы данных, многолетнемерзлые породы, криогенные процессы*

**PLANT COMMUNITIES OF YAMAL COASTS AS A SUBJECT  
FOR BIODIVERSITY STUDY AND COMPILING OF ELECTRONIC DATABASE**

**N.G. Moskalenko**

*Earth Cryosphere Institute SB RAS, 625000, Tyumen, P/O box 1230, Russia, nat-moskalenko@yandex.ru*

The plant communities of Yamal coasts have been studied since 1966. Detailed geobotanical descriptions allowed receiving a large file of quantitative phytocenotic parameters and estimating the structure of plant community biodiversity. The vegetation cover was considered one of the ecosystem components closely connected with other components (relief, soil, geocryological conditions). The materials of geobotanical descriptions are recorded in the electronic database.

*Vegetation, landscapes, biodiversity, databases, permafrost, cryogenic processes*

**ВВЕДЕНИЕ**

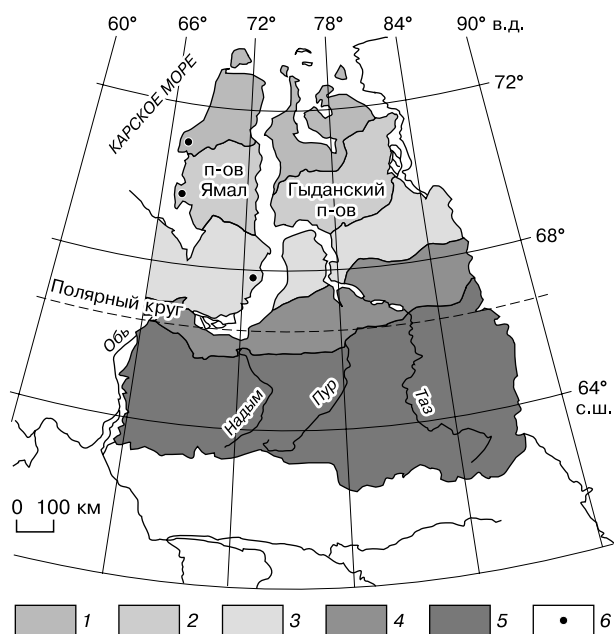
Растительный покров побережий Ямала характеризуется лишь в небольшом количестве работ. Краткое описание растительных сообществ лайды дано Б.Н. Городковым [1935] и М.Н. Аврамчиком [1969]. Наиболее полно растительность побережий Ямала рассмотрена в работах О.В. Ребристой [1995, 1997]. Она детально проанализировала флору приморских экотопов лайды, но растительные сообщества высоких берегов Ямала, подверженных береговым процессам, не рассматривала.

В данной работе характеризуются особенности структуры биоразнообразия растительных сообществ (биоэкологического разнообразия, по Б.А. Юрцеву [1998]), развитых на побережье морских равнин Ямала в контрастных экологических условиях разных подзон тундровой зоны. Проведенные исследования позволили проследить влияние зональности и ландшафтных условий на биоразнообразие растительных сообществ побережья Ямала и разработать формы представления полученного материала в созданной базе данных.

**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводились в арктической тундре (Харасавэй, II морская равнина), типичной тундре (Марре-Сале, II и III морские равнины) и южной тундре (Новый Порт, II и III морские равнины). Размещение участков исследований представлено на рис. 1. Наиболее длинный ряд повторных наблюдений (1978–1996 гг.) получен для типичной тундры на стационаре Марре-Сале.

На всех участках выполнялись детальные геоботанические описания, включавшие регистрацию видового состава на выбранных 100-метровых площадках, определение обилия, проективного покрытия и высоты растений, описание вертикальной и горизонтальной структуры растительных сообществ. На постоянных площадках, заложенных на Марре-Сале, дополнительно определялась встречаемость видов растений на 100 учетных площадках размером 0,1 м<sup>2</sup> и составлялись крупномасштабные карты-схемы горизонтальной структуры растительных сообществ [Москаленко, 1999]. Геоботанические исследования сопровождались



**Рис. 1. Размещение участков исследований.**

Природные подзоны: 1 – арктическая тундра, 2 – типичная тундра, 3 – южная тундра, 4 – лесотундра, 5 – северная тайга; 6 – изученные участки.

описаниями почв и форм проявления экзогенных геологических процессов, измерениями температур почв, пород и мощности сезонноталого слоя [Мельников и др., 2005].

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для анализа результатов проведенных исследований выбраны три типа природных геосистем побережья, значительно различающихся по почвам, условиям увлажнения, составу сезонноталого слоя (СТС) и преобладающим экзогенным процессам.

Большие площади в тундровой зоне приходятся на долю водораздельных суглинистых среднеувлажненных морских равнин с развитием термоэрозийных и солифлюкционных процессов на склонах. К этим высоким участкам побережья с активным развитием термоэрозии и термоабразии приурочены зональные мелкобугристые осоково-кустарничково-моховые тундры на тундрово-глеевых почвах. В этих тундрах в наземном покрове доминируют осока сибирская (*Carex bigelowii* ssp. *arctisibirica*), ивы (*Salix polaris*, *S. glauca*), а в типичной и южной тундрах также распространена карликовая березка (*Betula nana*). Моховой покров образован зелеными мхами (*Aulacomnium turgidum*, *Dicranum angustum*).

Проведенный анализ видового разнообразия зональных осоково-ивково-моховых тундр выявил закономерное увеличение к югу числа видов от 54 в Харасавэе до 66 и 72 в Марре-Сале и Новом Порту при одновременном возрастании участия видов сосудистых растений с 38 до 53 (таблица). Отмечается также увеличение средней мощности мохового слоя, торфянистого горизонта и СТС соответственно с 2, 5 и 50 см в Харасавэе до 7, 15 и 75 см в Новом Порту.

Видовой состав фитоценозов соседних подзон довольно близок, но значительно различается для растительных сообществ крайних подзон. Так, коэффициент флористической общности Жаккара между ценозами арктических и типичных тундр составляет 69 %, а между ценозами арктических и южных подзон снижается до 27 %.

Сопоставление распределений видов разных географических групп в зональной осоково-кустарничково-моховой тундре показывает следующее. В подзоне арктических тундр доминируют виды арктической и арктоальпийской фракции, немного меньше видов гипоарктической фракции и небольшое участие в составе растительных сообществ принимают бореальные виды (рис. 2, I). В подзоне типичных тундр доминантами становятся виды гипоарктической фракции, уменьшает-

**Изменение некоторых параметров осоково-кустарничково-моховой тундры (I), злаково-кустарничково-лишайниковой тундры (II) и морошково-кустарничково-мохово-лишайникового торфяника (III) в разных природных подзонах**

Параметры	Природные подзоны								
	Арктическая			Типичная			Южная		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Число видов	54	39	39	66	41	43	72	64	47
Коэффициент Жаккара, %	69	58	37	57	33	29	27	27	15
Мощность мха, см	2	1	8	4	2	10	7	3	15
Мощность торфа, см	5	3	>30	10	4	>40	15	5	>50
Мощность сезонноталого слоя, см	50	65	25	60	90	40	75	120	50

ся участие арктических и арктоальпийских видов и немного возрастает роль бореальных видов. В подзоне южных тундр преобладают бореальные виды, участие гипоарктических и арктических видов значительно снижается.

Распределение разных жизненных форм по Раункьеру [Воронов, 1973] в осоково-кустарничково-моховой тундре в различных тундровых подзонах различается не сильно. В подзонах типичных и южных тундр в осоково-кустарничково-моховой тундре доминируют хамефиты, немного меньше гемикриптофитов и наименее распространены криптофиты (рис. 3, I). В арктических тундрах доля участия гемикриптофитов в составе растительного покрова больше, чем хамефитов, а распространение криптофитов также незначительное.

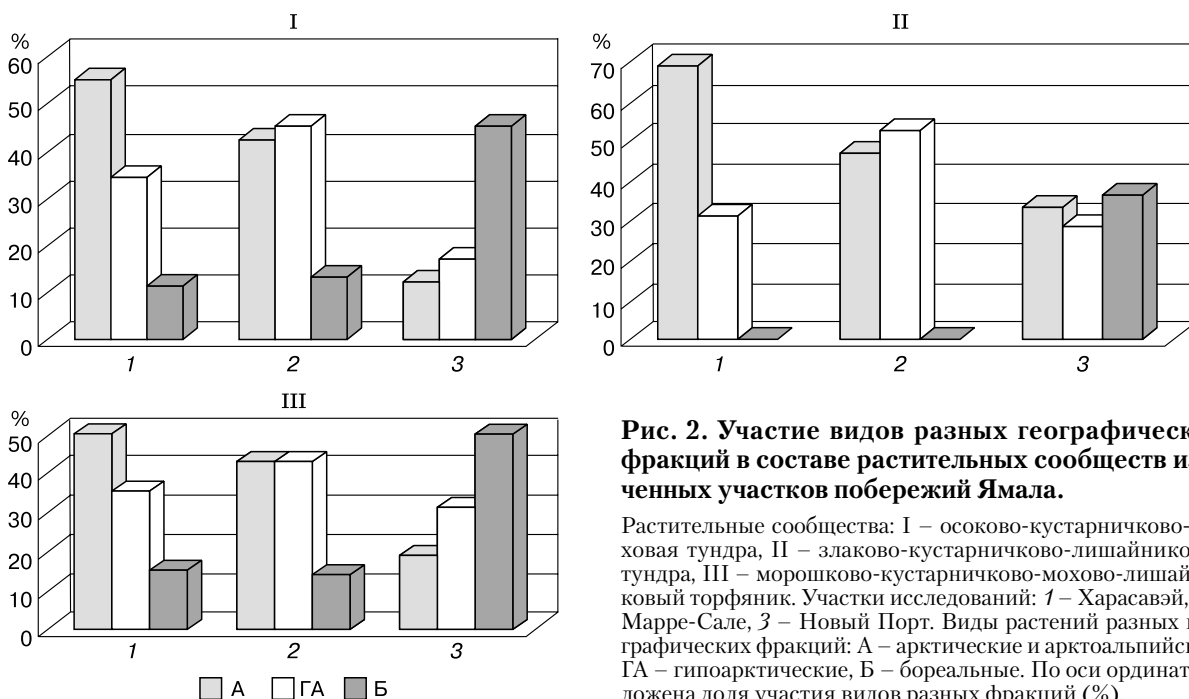
На дренированных краевых частях равнин, сложенных песками, развиты злаково-кустарничково-лишайниковые тундры, местами с песчаными раздувами и развитием эоловых процессов. На побережье в обнажениях здесь часто встречаются выходы жильных и пластовых льдов, активно развиваются процессы термоэрозии и термоабразии. В травяно-кустарничковом ярусе злаково-кустарничково-лишайниковых тундр доминируют зубровка альпийская (*Hierochloa alpina*) и ива монетная (*Salix nummularia*). В лишайниковом покрове преобладают алектории (*Alectoria ochroleuca*, *A. nigricans*) и цетрария (*Flavocetraria cucullata*).

На бедных и слабо увлажненных песчаных почвах дренированных участков, с которых зимой

сдувается снег, видовое разнообразие растительных сообществ значительно меньше, особенно в северных подзонах, по сравнению с лучше увлажненными и более богатыми суглинистыми почвами осоково-кустарничково-моховой тундры.

В злаково-кустарничково-лишайниковой тундре общее число видов составляет в арктической подзоне 39, из них всего 16 видов сосудистых растений, в южной подзоне общее число возрастает до 64, число сосудистых видов до 41 (см. таблицу). Мощность лишайниковой подстилки и торфа составляет всего 1 и 3 см в Харасавэе, увеличиваясь в Марре-Сале до 2 и 4 см и в Новом Порту до 3 и 5 см. Средняя мощность СТС в этой тундре возрастает с 65 см на севере до 120 см на юге. Видовой состав описываемой тундры в подзонах арктических и типичных тундр довольно сходный, коэффициент флористической общности Жаккара равен 58 %. Состав растительных сообществ подзон типичной и южной тундр значительно различается, коэффициент Жаккара здесь уменьшается до 33 %.

В злаково-кустарничково-лишайниковой тундре, в которой наблюдаются минимальные мощности снежного покрова и наиболее низкие температуры пород ( $-6...-7^{\circ}\text{C}$ ) [Павлов, Москаленко, 2001], отмечается отсутствие бореальных видов в арктических и типичных тундрах и пониженное их участие в южных тундрах (см. рис. 2, II). Для злаково-кустарничково-лишайниковой тундры характерно существенно большее участие арктических и арктоальпийских видов во всех тундровых подзонах по сравнению с осоково-кустарничково-моховой тундрой.



**Рис. 2. Участие видов разных географических фракций в составе растительных сообществ изученных участков побережий Ямала.**

Растительные сообщества: I – осоково-кустарничково-моховая тундра, II – злаково-кустарничково-лишайниковая тундра, III – морозково-кустарничково-мохово-лишайниковый торфяник. Участки исследований: 1 – Харасавэй, 2 – Марре-Сале, 3 – Новый Порт. Виды растений разных географических фракций: А – арктические и арктоальпийские, ГА – гипоарктические, Б – бореальные. По оси ординат отложена доля участия видов разных фракций (%).

Из жизненных форм растений, развитых в злаково-кустарничково-лишайниковой тундре, во всех тундровых подзонах доминируют хамефиты (см. рис. 3, II), меньше распространены гемикриптофиты и, так же как в осоково-кустарничково-моховой тундре, отмечается небольшое участие в составе растительного покрова криптофитов.

К плоским слабо дренированным участкам морских равнин приурочены плоскобугристые морошково-кустарничково-мохово-лишайниковые торфяники. Для этих торфяников характерно развитие термокарста по жильным льдам. Данный процесс резко активизируется при нарушении растительного покрова в результате техногенного воздействия [Москаленко, 1999]. В травяно-кустарничковом покрове торфяников доминируют морошка (*Rubus chamaemorus*), пушицы (*Eriophorum polystachion*, *E. scheuchzeri*), ива полярная (*Salix polaris*), а в типичных и южных тундрах преобладают карликовая березка (*Betula nana*) и багульник (*Ledum decumbens*, *L. palustre*). Напочвенный покров образован лишайниками (*Cladina stellaris*, *C. rangiferina*), сфагновыми (*Sphagnum balticum*, *S. fuscum*) и зелеными (*Dicranum congestum*) мхами.

Видовое разнообразие интразональных морошково-кустарничково-мохово-лишайниковых торфяников в разных тундровых подзонах различается гораздо меньше, чем в зональной осоково-кустарничково-моховой тундре. Общее число видов на торфянике увеличивается с севера на юг всего на 8 (с 39 видов в арктической тундре до 47 в южной тундре). Однако существенные различия наблюдаются в мощности слоя лишайников и мхов, который увеличивается к югу с 8 см (Харасавэй) до 15 см (Новый Порт), а также в мощности сезонноталого слоя, возрастающего в том же направлении с 25 до 50 см.

Видовой состав морошково-кустарничково-мохово-лишайниковых торфяников даже в соседних тундровых подзонах заметно различается, поэтому коэффициент флористической общности Жаккара не превышает 37 % [Воронов, 1973]. Распределение видов разных географических групп в растительном покрове торфяников сходно с тем, что наблюдается в осоково-кустарничково-моховой тундре. Здесь в подзоне арктических тундр отмечается наибольшее участие арктических и арктоальпийских видов (см. рис. 3, III), а в подзоне южных тундр преобладают виды бореальной фракции. В подзоне типичных тундр арктические и гипоарктические виды имеют равное долевое участие в растительности торфяников.

Как и в злаково-кустарничково-лишайниковой тундре, на морошково-кустарничково-мохово-лишайниковых торфяниках из жизненных форм растений во всех тундровых подзонах доминируют хамефиты (см. рис. 3, III). Участие гемикриптофи-

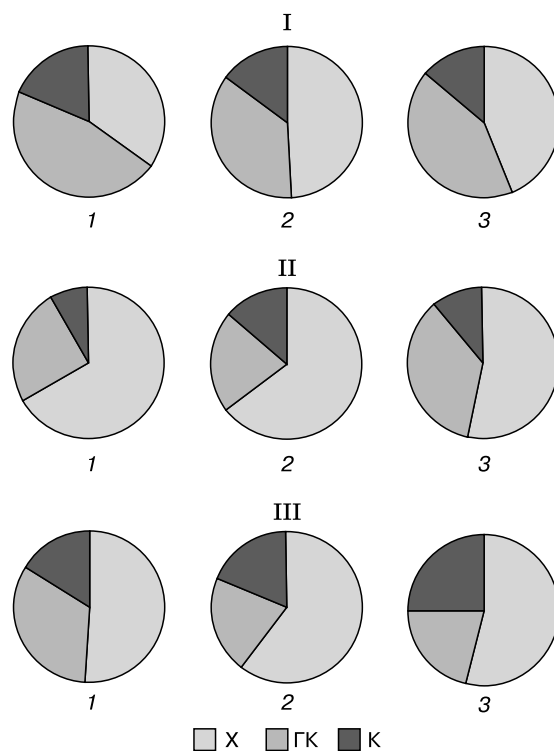


Рис. 3. Участие видов (%) разных жизненных форм в составе растительных сообществ изученных участков побережий Ямала.

Виды растений разных жизненных форм: X – хамефиты, GK – гемикриптофиты, K – криптофиты. Остальные усл. обозн. см. на рис. 2.

тов в составе растительного покрова торфяников с севера на юг немного уменьшается, а доля криптофитов, наоборот, возрастает. Последнее, по-видимому, обусловлено большей мощностью снега и более благоприятными температурными условиями для перезимовки растений из группы криптофитов в подзоне южных тундр.

На двух постоянных 100-метровых площадках на стационарном участке Марре-Сале проводились наблюдения за динамикой растительного покрова торфяника в естественных и нарушенных условиях. Эти площадки располагались на плоской мелкоочковатой поверхности плоскобугристого торфяника с травяно-кустарничково-мохово-лишайниковым покровом на плоских буграх и пушицево-осоково-моховым покровом в канавах глубиной 1 м и шириной 3–5 м. Покрытие трав и кустарничков составляло 40 %. В напочвенном покрове преобладали мхи, покрывавшие 70 % поверхности почвы, участие лишайников невелико (20 %). Верхний ярус травяно-кустарничкового покрова высотой 15–20 см был образован осоками, пушицами и злаками, а нижний ярус высотой 2 см состоял из морошки и брусники. Среди лишайни-

ков доминировали кладонии и цетрарии, среди мхов – *Drepanocladus exannulatus*, *Dicranum congestum* и *Polytrichum commune*.

Естественная площадка плоскобугристого торфяника располагалась в ненарушенных условиях, а техногенная площадка была выбрана на тракторной дороге. Проезд тракторов по торфянику привел к активизации термокарста по канавам и увеличению площади, занятой канавами и мочажинами. В 1978 г. проезд на техногенной площадке был прекращен, и через 1–3 года проводились повторные геоботанические описания с целью наблюдения за восстановлением растительного покрова на дороге.

В том же году, когда проезд прекратился, на техногенной площадке появилась редкая травянистая растительность, покрывавшая 20 % поверхности и представленная преимущественно пушицами и щучкой, а также небольшие пятна дикранума и дрепанокладуса (12 %). На следующий год здесь было развито пушицево-щучково-моховое сообщество, покрывавшее до 47 % поверхности почвы, при этом покрытие мхов по сравнению с предыдущим годом увеличилось почти в 2 раза.

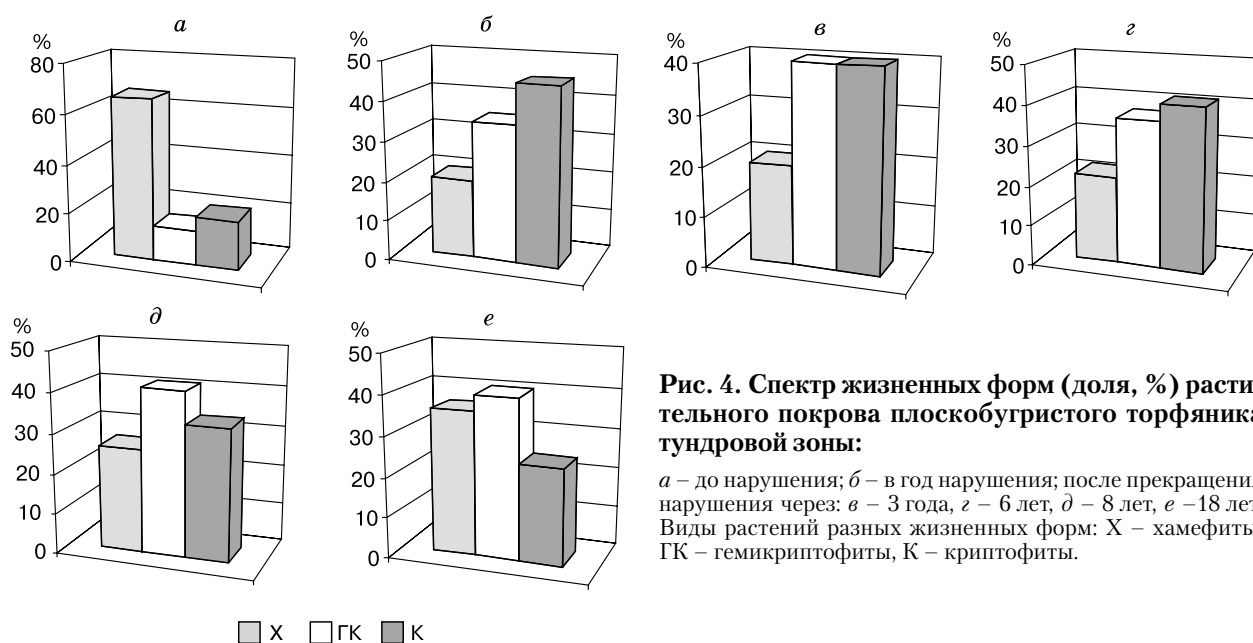
Через 3 года после прекращения нарушения сохранялось прежнее сообщество, но в нем покрытие мхов увеличилось до 29 %, а покрытие трав даже превысило первоначальную величину, составив 62 %. Еще через 3 года на дороге сформировался сплошной растительный покров, в котором по-прежнему доминировали щучка и пушица, а кустарнички и морошка так и не появились. Покрытие мхов достигло 40 %. В последние два года обилие летних осадков привело к возрастанию площади и глубины мочажин, залитых водой.

В результате в 1986 г. уменьшилось покрытие трав и мхов из-за гибели их в глубоких мочажинах. С возрастанием площади мочажин связаны уменьшение роли щучки и смена в 1989 г. пушицево-щучково-мохового сообщества пушицево-осоково-моховым, которое сохранилось и в 1996 г.

Сравнение видового состава вторичного ценноза, сформировавшегося на дороге, с исходным сообществом показывает уменьшение на 40 % общего числа видов в первые годы и значительное изменение спектра жизненных форм из-за уменьшения участия хамефитов и возрастания роли криптофитов и гемикриптофитов (рис. 4). За 18-летний период наблюдений число видов постепенно увеличилось за счет внедрения 13 новых видов трав, относящихся к криптофитам и гемикриптофитам, хамефитам (гипнум и 2 вида ивы), а также за счет появления морошки и сфагнума, отсутствовавших в первые годы после прекращения нарушения.

Из видов, ранее доминировавших в составе ценноза плоскобугристого болота, свои прежние позиции восстановили осока водная и дикрановые мхи, а роль морошки резко уменьшилась. Брусника и лишайники, тоже входившие в состав доминантов, так и не появились в рассматриваемый период. Сильно выросли значения параметров встречаемости и покрытия у пушиц.

Поскольку проезд транспорта на плоскобугристом болоте привел к увеличению площади мочажин и сокращению участия бугров, пока неясно, возможно ли в изменившихся экологических условиях восстановление исходного травяно-кустарничково-мохово-лишайникового сообщества или в течение неопределенно долгого времени сохранится травяно-моховой покров.



**Рис. 4. Спектр жизненных форм (доля, %) растительного покрова плоскобугристого торфяника тундровой зоны:**

*a* – до нарушения; *б* – в год нарушения; после прекращения нарушения через: *в* – 3 года, *г* – 6 лет, *д* – 8 лет, *е* – 18 лет. Виды растений разных жизненных форм: X – хамефиты, GK – гемикриптофиты, K – криптофиты.

Материалы выполненных на Ямале геоботанических описаний нуждаются в обобщении, систематизации и разработке форм их представления и хранения в электронной базе данных.

Анализ полученных результатов показал, что на разных уровнях исследований растительного покрова меняется состав, число и детальность фитоценологических параметров, представляемых для базы данных. Так, при региональных мелкоштабных исследованиях необходим учет таких фитоценологических характеристик, как название формации, виды-доминанты яруса эдификатора и его средняя высота, общее проективное покрытие, преобладающая жизненная форма. В качестве примера приведем форму представления фитоценологических параметров на региональном уровне:

Формация	Доминанты	Средняя высота	Покрытие: кустарнички лишайники	Жизненная форма доминантов
Багульниковая тундра	<i>Ledum decumbens</i>	30 см	30 % 100 %	Хамефит

Дан образец заполнения формы для морошково-багульниково-сфагново-лишайниковых торфяников южнотундровой подзоны.

В ходе локальных крупномасштабных экологических работ круг фитоценологических параметров, подлежащих учету, значительно расширяется и детализируется. В качестве примера приведем форму представления фитоценологических параметров на локальном уровне:

Вид (жизненная форма)	Год	Обилие*	Средняя высота	Покрытие	Встречаемость
<i>Ledum decumbens</i> (хамефит)	1985	сор <sub>2</sub>	30 см	15 %	90 %

Дан образец заполнения формы для морошково-багульниково-сфагново-лишайниковых торфяников участка Новый Порт.

База данных по растительности входит отдельным блоком в базу данных по стационарным участкам, включающую разные параметры экологических условий (температура почв и пород, влажность и максимальная мощность сезонного слоя, температура воздуха, осадки и др.). Эта база данных составляется в программе Paradox для Windows.

## ВЫВОДЫ

Анализ видового разнообразия растительных сообществ морских равнин побережья Ямала выявил закономерное увеличение общего числа и доли участия видов сосудистых растений, изменение участия видов разных географических фракций с

севера на юг в пределах тундровой зоны. Значительно меньше меняется в разных тундровых подзонах участие видов различных жизненных форм.

Видовое разнообразие растительных сообществ существенно различается в разных ландшафтных условиях в пределах одной природной подзоны. Оно максимально на морских равнинах, сложенных суглинками, и уменьшается в крайних экологических условиях – на дренированных песчаных участках и заболоченных участках, сложенных с поверхности торфом.

Проведение повторных наблюдений на постоянных площадках плоскобугристого торфяника на стационарном участке Марре-Сале позволило проследить динамику растительного покрова, подвергшегося техногенному нарушению. Установлено, что за 18-летний период наблюдений восстановления исходного травяно-кустарничково-мохово-лишайникового сообщества не произошло, и, по-видимому, в течение неопределенно долгого времени сохранится производный травяно-моховой покров.

Разработаны формы представления фитоценологических параметров в электронной базе данных на региональном и локальном уровнях исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 04-05-64005-а).

## Литература

- Аврамчик М.Н.** К подзональной характеристике растительного покрова тундры, лесотундры и тайги Западно-Сибирской низменности // Ботан. журн., 1969, № 3, с. 410–421.
- Воронов А.Г.** Геоботаника. М., Высш. шк., 1973, 384 с.
- Городков Б.Н.** Растительность тундровой зоны СССР. М.; Л., Изд-во АН СССР, 1935, 142 с.
- Мельников Е.С., Васильев А.А., Лейбман М.О., Москаленко Н.Г.** Динамика сезонного слоя в Западной Сибири // Криосфера Земли, 2005, т. IX, № 2, с. 23–32.
- Москаленко Н.Г.** Антропогенная динамика растительности равнин криолитозоны России. Новосибирск, Наука, 1999, 280 с.
- Павлов А.В., Москаленко Н.Г.** Термический режим почвы на севере Западной Сибири // Криосфера Земли, 2001, т. V, № 2, с. 11–19.
- Рибристая О.В.** Сосудистые растения острова Белого (Карское море) // Ботан. журн., 1995, т. 80, № 7, с. 26–36.
- Рибристая О.В.** Флора приморских экотопов Западно-Сибирской Арктики // Ботан. журн., 1997, т. 82, № 7, с. 30–39.
- Уранов А.А.** О методе Друде // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1935, т. 44, вып. 1–2, с. 18–28.
- Юрцев Б.А.** Изучение и сохранение биологического разнообразия: вклад флористики // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики. СПб., НИИХ СПбГУ, 1998, с. 14–34.

Поступила в редакцию  
20 ноября 2005 г.

\* Обилие по шкале Друде с числовыми придержками по А.А. Уранову [1935].