

## ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СОСТАВА СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЯ ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА

Л.В. КРИВОБОКОВ, О.А. АНЕНХОНОВ

## TRENDS OF CHANGES IN THE FLORISTIC COMPOSITION OF STEPPE VEGETATION IN THE NORTHERN BAIKAL REGION UPON CLIMATE WARMING

L.V. KRIVOBOKOV, O.A. ANENKHONOV

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, 670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

Institute of General and Experimental Biology, SB RAS, 670047 Ulan-Ude, Sakhyanovoi str., 6

Fax: +7 (3012) 433–034; e-mail: ioeb@biol.bsnet.ru, leo\_kr@mail.ru, anen@yandex.ru

На основе анализа показателей активности видов в поясно-зональных элементах флоры выявлено вытеснение лесостепных видов на фоне усиления позиций собственно-степных видов в составе ценофлоры степей класса *Cleistogenetea squarrosae*. Сравнение этих тенденций с выявленными в составе лесной растительности позволяет предположить, что на склонах хребтов и в межгорных котловинах Прибайкалья тренды изменения влажности имеют противоположный характер: на склонах имеет место гумидизация, а в котловинах — аридизация.

**Ключевые слова:** флора, степи, *Cleistogenetea squarrosae*, потепление климата, аридизация, Байкальский регион.

Activity indices of plant species in altitudinal zonal elements of the flora were analyzed. As a result, displacement of forest-steppe species by true steppe species in *Cleistogenetea squarrosae* communities was revealed. Comparison of these tendencies with those in forest vegetation in Baikal Region suggests that ridge slopes are characterized by increasing of humidity. On the contrary, aridization process is observed in basins. Both alternatively oriented trends are inspired by general climate warming. Due to temperature increase, the permafrost existing on the forested slopes is gradually melting and provides additional soil moisturing. At the same time, the steppe ecosystems suffer a loss of the soil water supply as well as air moisture affected by climate warming.

**Key words:** flora, steppes, *Cleistogenetea squarrosae*, climate warming, aridization, Baikal region.

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема последствий глобального изменения климата и, особенно, локальных его проявлений, очень актуальна в настоящее время. Общая климатическая обстановка, которая сложится в течение текущего столетия, по мнению ряда авторов (Кобак, Кондрашова, 1992; Shpolyanskaya, 1997; и др.), будет сопоставима с эпохой климатического оптимума голоцена.

Даже при значительных погрешностях таких прогнозов и наличии серьезных допущений, как это было показано А.В. Кисловым (2001), вполне очевидно, что закономерным следствием этих процессов будут крупномасштабные изменения растительного покрова. Исходя из этого, предпри-

нимаются попытки создать прогнозы динамики ландшафтов и растительности в ходе глобального потепления климата (Величко, 1991; Кондрашева, Кобак, 1996; Горшков и др., 1997; Sala et al., 2000; Woodward, Lomas, 2004; и др.). Построение таких прогнозов остается весьма актуальной задачей также ввиду важности оценок состояния биоты на региональном уровне для определения приоритетов конкретной хозяйственной и природоохранной деятельности.

#### Характеристика района исследований

Исследования проводились на западном макросклоне Икатского хребта, входящего в систему хребтов Станового нагорья. Изученный район охва-

тывает участок макросклона протяженностью около 30 км, ориентированного на запад — северо-запад, в пределах 550–1450 м над ур. м. Исследованная территория относится к районам с островным и прерывистым распространением многолетне-мерзлых пород (Соловьева, 1976; Лещиков, 1993). Среднегодовая температура предгорий хребта составляет  $-2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а годовое количество осадков 300–350 мм (Справочник по климату..., 1968).

В составе растительного покрова западно-го макросклона Икатского хребта господствуют светлохвойные леса, образующие лесной пояс. Лиственничные леса верхней части пояса, располагающиеся в пределах зон прерывистого и сплошного распространения многолетней мерзлоты, отнесены к классу *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl., Siss. et Vlieger 1939. Сосновые леса нижней части пояса, располагающиеся на территории с островным и прерывистым распространением многолетнемерзлых пород, отнесены к классу *Rhytidio rugosi-Laricetea sibiricae* K. Korotkov et Ermakov 1999. На характеризуемой территории эти леса образуют полосу контакта со степной

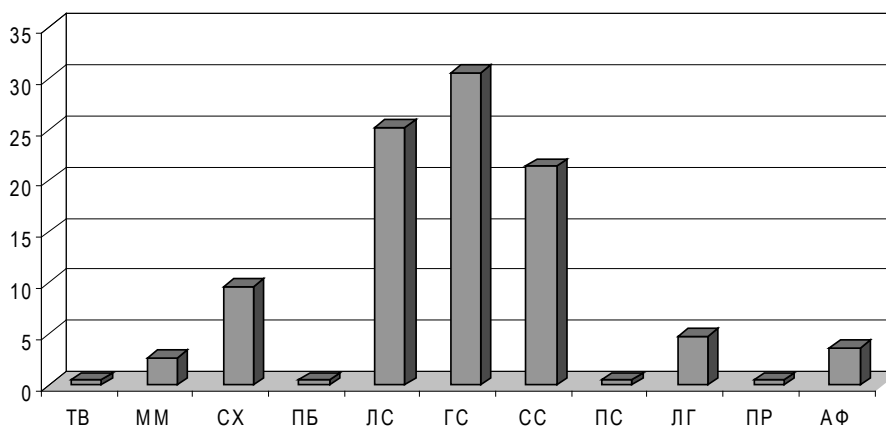
растительностью днища Баргузинской котловины и предгорий Икатского хребта, которая отнесена к классу *Cleistogenetea squarrosae* Mirkin et al. 1986 (Кривобоков, 2003).

Степи располагаются на пологих предгорных аккумулятивных шлейфах и длинными лентами (убурами) проникают вглубь хребта по выпуклым склонам световых экспозиций на 1–3 км, до 600–800 м (редко до 1000 м) абсолютной высоты, в зависимости от экспозиции склонов. У подножия и в самой нижней части пологих склонов распространены мелкодерновинные злаково-разнотравные степи. По южным каменистым склонам они могут проникать достаточно высоко, сменяясь остепненными сосновыми лесами. Выше, особенно по более крутым склонам теневых экспозиций, преобладают крупнодерновинные луговые степи. По опушкам лесов, в основном на теневых склонах, небольшими участками встречаются богаторазнотравные луговые степи, часто с кустарниковым ярусом, сложенным *Spiraea media* Franz Schmidt, *Cotoneaster melanocarpus* Fischer ex Blytt., всегда с небольшим участием *Rosa acicularis* Lindley.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведенный анализ флористического состава степей базируется на результатах полевых исследований, в ходе которых было выполнено 72 геоботанических описания степных растительных сообществ. Классификация растительности построена с использованием эколого-флористического подхода (подход Браун-Бланке). Горные степи Икатского хребта отнесены к классу *Cleistogenetea squarrosae*, флористический состав которого принят нами для анализа в качестве ценофлоры, что соответствует положениям сравнительной флористики (Теоретические..., 1987).

Поясно-зональные группы ценофлоры приняты в соответствии с работой Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой (1984). Все виды, включенные в анализ, были отнесены к следующим группам: собственно степной (СС), лесостепной (ЛС), горностепной (ГС) группам степного флористического комплекса, а также светлохвойной (СХ) группе лесного флористического комплекса (рисунок). Из анализа были исключены некоторые виды, в частности, следующие. Виды монтанной (ММ) и тундрово-высокогорной (ТВ) групп высокогорного и горного общепоясного флористического комп-



Распределение видов ценофлоры класса *Cleistogenetea squarrosae* по поясно-зональным географическим группам, число видов (%)

Классовые интервалы поясно-зональных географических групп ценофлоры класса *Cleistogenetea squarrosae* по показателям активности и видового богатства

Активность		Видовое богатство	
Классовый интервал	Класс	Классовый интервал	Класс
2.27–8.34	4	11.00–20.74	4
8.35–14.42	3	20.75–30.49	3
14.43–20.51	2	30.50–40.24	2
20.52–26.57	1	40.25–50.00	1

лекса имеют очень широкий диапазон их климатологических ниш при отчетливой субстратной приуроченности (чаще это более или менее петрофильные виды, способные расти в различных поясах гор — от степного, до высокогорно-тундрового). Это позволяет считать, что вероятные изменения климата не окажут заметного влияния на состояние данной группы видов. Виды луговой (ЛГ), пребореальной (ПБ) и пустынно-степной (ПС) групп встречаются единично, а активность и встречаемость антропофитов (АФ) во-первых, невелики, во-вторых, зависят главным образом не от климатических изменений. Трактовка поведения таких малочисленных групп в рамках используемого подхода, очевидно, будет отличаться значительной погрешностью.

Анализ соотношений рангов активности и видового богатства поясно-зональных групп ценофлоры проводился по разработанной М.Ю. Телятниковым (2001) схеме. В анализ были вовлечены виды только высших сосудистых растений, а виды мхов и лишайников, очень редкие в описываемых степях, не учитывались. При этом в пределах каждой из ценофлор по показателям активности (1) (Юрцев, 1968) и видового богатства для составляющих их поясно-зональных групп (табл. 1) были рассчитаны классовые интервалы (2):

$$R = \frac{\sqrt{A \cdot B}}{N}, \quad (1)$$

где  $R$  — активность,  $A$  — сумма покрытий видов поясно-зональной группы в данном синтаксоне,  $B$  — встречаемость видов поясно-зональной группы в синтаксоне,  $N$  — число описаний;

$$C = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}, \quad (2)$$

где  $C$  — классовый интервал;  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$  — максимальное и минимальное значение парциальной активности или числа видов соответственно;  $k$  — количество поясно-зональных групп.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ценофлоре класса *Cleistogenetea squarrosae* в районе исследований насчитывается 187 видов и подвидов (далее — видов) сосудистых растений. Анализ видов по поясно-зональной приуроченности (см. рисунок) показал, что во флоре изученных степей преобладают виды горно-степной, лесостепной и собственно степной групп (вместе — 77.1 %), что закономерно отражает горный характер степей на границе с лесами. Значительно меньше участие видов светлохвойной группы лесного флористического комплекса (около 9.7 %).

Синтаксономическая структура класса *Cleistogenetea squarrosae* в районе исследований представлена следующими сообществами. Предварительный анализ проведен согласно работе А.Ю. Королюка (Степи Центральной Азии, 2002).

*CLEISTOGENETEA SQUARROSAE* Mirkin et al. 1986  
*HELICTOTRICHETALIA SCHELLIANI* Hilbig 2000  
*HELICTOTRICHION SCHELLIANI* Hilbig 2000

*Festuco lenensis-Caricetum pediformis* Krivobokov ass. nov. prov.

*F. l.-C. p. galatletosum dahuricae* Krivobokov subass. nov. prov.

*F. l.-C. p. orostachetosum malacophyllae* Krivobokov subass. nov. prov.

*Cymbario daurici-Artemisietum frigidae* Krivobokov ass. nov. prov.

*Plantago depressae-Caricetum duriusculae* Krivobokov ass. nov. prov.

Ранее, нами, по описанной выше методике, было проведено исследование состояния ценофлор растительности лесного пояса в связи с потеплением климата (Аненхонов, Кривобоков, 2006; Аненхонов, 2009). В частности, было установлено, что происходит экологическая дифференциация состава ценофлоры класса *Rhytidio rugosi-Laricetea sibiricae*, сообщества которого образуют нижнюю часть лесного пояса на границе со степями. Здесь ослабевают позиции ксерофильных видов, что, очевидно, связано с повышением влажности местообитаний в нижней части лесного пояса. Это позволило предположить, что в нижней полосе склонов гор имеет место гумидизация климата, обусловленная, вероятно, некоторым увеличением количества осадков, а также, возможно, деградацией мерзлоты в почвах. Выяснилось, что состав и показатели активности

Показатели видового богатства и активности поясно-зональных географических групп ценофлоры класса *Cleistogenetea squarrosae*

Показатель	Поясно-зональная группа			
	СХ	ГС	ЛС	СС
Сумма покрытий видов, %	175	1789	1197.5	1077.5
Встречаемость видов	57	764	468	451
Видовое богатство	11	50	41	30
Активность	2.27	26.57	17.01	15.84
Класс видового богатства	4	1	1	3
Класс активности	4	1	2	2
Разность	0	0	-1	+1

групп видов в верхней полосе лесного пояса (ценофлора класса *Vaccinio-Piceetea*) сбалансированы, и это может свидетельствовать об отсутствии влияния текущих изменений климата на эти сообщества.

В ценофлоре *Cleistogenetea squarrosae* наблюдаются иные по сравнению с ценофлорой *Rhytidio-Laricetea* тенденции. В частности, здесь сбалансированность рангов активности и видового богатства наблюдается в пределах светлохвойной и горностепной групп. Это позволяет предположить, что положение их представителей в данной ценофлоре относительно устойчиво. С другой стороны, лесостепная группа проявляет тенденцию к снижению активности, в то время как в собственно степной группе уровень активности наоборот превышает ранговый показатель видового богатства (табл. 2). Положение степной группы, как усиливающей свои позиции в условиях потепления климата (вероятно также и его аридизации), вполне очевидно; эти же условия способствуют стабильности горностепной группы. Наиболее парадоксальным выглядит стабильное положение светлохвойной группы на фоне ослабления позиций в степной ценофлоре более ксерофильной лесостепной группы. Данный факт, по-видимому, связан с тем, что представители малочисленной в данной ценофлоре светлохвойной группы приурочены к луговым степям, занимающим небольшие участки в отрицательных формах рельефа среди степных ландшафтов, а также окаймляющим соседствующим ксеромезофильным светлохвойным лесам класса *Rhytidio-Laricetea*. Эти местообитания, очевидно, пока еще не подверглись влиянию происходящих климатических изменений. В то же время, представители гораздо более многочисленной лесостепной группы обычны в горных степях района исследований. Вероятно, поэтому прогрессирующая аридизация оказывает влияние на их ценоэкологические позиции, причем вытеснение этой группы происходит преимущественно видами собственно степной группы.

Заключение об усилении позиций степных видов вполне согласуется с мнением Г.А. Пешковой (1972, 2001) о многократном и своего рода «пульсирующем» изменении соотношения степных и лесных ландшафтов в островных степях Бурятии на протяжении позднего кайнозоя (плейстоцена-голоцена). При этом, в периоды похолодания площади степей сокращались, а лесов — увеличивались; в ксеротермические межледниковья (а возможно также и в период климатического оптимума голоцена) происходил обратный процесс. В этом случае, тенденции, выявленные в ценофлоре степей, отражают начальные стадии усиления позиций степной растительности в изученном районе.

В ходе глобальных климатических изменений, для северного полушария прогнозируется увеличение количества осадков на 10–20 % (Будыко и др., 1991; Израэль и др., 1999). Увеличение средней годовой суммы осадков за последние 50 лет уже выявлено в Забайкалье (Куликов и др., 1997). Сходные тенденции климатических изменений в этом районе выявлены и другими авторами (Баженова и др., 2003). С другой стороны, О.И. Баженова с соавторами, в пределах степных и лесостепных ландшафтов сопредельного с изученным нами районом — Приольхонье — на фоне общего потепления климата установили прогрессирующую аридизацию территории.

Степные сообщества Икатского хребта располагаются исключительно на световых склонах (южной, юго-западной и западной экспозиции), где термический радиационный режим не благоприятствует распространению мерзлотных почв. Здесь многолетняя мерзлота, как правило, отсутствует, либо залегает на больших глубинах (более 2–3 м) и не оказывает заметного влияния на гидрологический режим корнеобитаемых горизонтов. Поэтому, фиксируемое исследователями потепление климата в Байкальском регионе (Куликов и др., 1997; Баженова и др., 2003) не влечет за собой увеличение влажности горно-степных ландшафтов. Известно, что более широко мерзлота в почвах распространена в склоновых лесных ландшафтах (Ногина, 1964).

Следует упомянуть и о том, что согласно геолого-геоморфологическим представлениям о геодинамике Байкальской рифтовой зоны (Выркин, 1998), происходит опускание центральных частей котловин и относительное воздымание их краев. Следствием этого является усиление степени континентальности и аридизация ландшафтов днища котловин байкальского типа, что, в свою очередь, также следует рассматривать как дополнительный фактор, усиливающий воздействие общего потепления климата.



## ВЫВОДЫ

1. Вследствие происходящих изменений климата происходит экологическая дифференциация состава степной ценофлоры класса *Cleistogenetea squarrosae*. Однако, направление дифференциации в ней отличается от такового в ценофлоре гемибореальных лесов класса *Rhytidio-Laricetea*. Вполне допустимо, что в региональном масштабе будут проявляться одновременно различные тренды в изменениях климатических факторов. Но, конечно же, они будут пространственно разобщены в силу приуроченности каждого из трендов к определенным региональным и ландшафтным условиям.

2. В составе ценофлоры степей класса *Cleistogenetea squarrosae* прослеживается вытеснение лесостепных видов. Оно происходит за счет усиления позиций собственно степных видов. Возможным фактором, предопределяющим этот процесс, является аридизация климата днища котловины на фоне общего потепления климата.

3. Выявленные тенденции изменений состава ценофлор позволяют предположить, что на склонах Икатского хребта и в условиях днища Баргузинской котловины тренды изменения влажности имеют противоположный характер: на склонах имеет место гумидизация, а по днищу — аридизация.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аненхонов О.А. Изменения ценофлоры темнохвойных лесов Северного Прибайкалья при потеплении климата // География и природные ресурсы. 2009. № 4. С. 62–66.
- Аненхонов О.А., Кривобоков Л.В. Тенденции изменения флористического состава лесной растительности Северного Прибайкалья при потеплении климата // Экология. 2006. № 4. С. 280–286.
- Баженова О.И., Мартынова Г.Н. Проблема трансформации степных ландшафтов Сибири при изменениях климата и землепользования // Степи Северной Евразии (эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования). Оренбург, 2003. С. 59–61.
- Будыко М.И., Израэль Ю.А., Яншин А.Л. Глобальное потепление и его последствия // Метеорология и гидрология. 1991. № 12. С. 5–10.
- Величко А.А. Глобальные изменения климата и реакция ландшафтной оболочки // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1991. № 5. С. 5–22.
- Выркин В.Г. Современное экзогенное рельефообразование котловин байкальского типа. Иркутск, 1998. 174 с.
- Горшков В.В., Баккал И.Ю., Ставрова Н.И. Оценка эффекта возможного потепления климата на релаксацию характеристик лесных сообществ Севера // Докл. РАН. 1997. Т. 355. С. 414–417.
- Израэль Ю.А., Павлов А.В., Анохин Ю.А. Анализ современных и ожидаемых в будущем изменений климата и криолитозоны в северных регионах России // Метеорология и гидрология. 1999. № 3. С. 18–27.
- Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М., 2001. 351 с.
- Кобак К.И., Кондрашова Н.Ю. Изменения локализации природных зон при глобальном потеплении // Экология. 1992. № 3. С. 9–18.
- Кондрашова Н.Ю., Кобак К.И. Возможные изменения локализации природных зон Северного полушария при глобальном потеплении климата // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб., 1996. Т. 16. С. 90–99.
- Кривобоков Л.В. Синтаксономическая дифференциация растительности в системе высотной поясности (на примере западного макросклона Икатского хребта, Западное Забайкалье): Автореф. дис... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2003. 22 с.
- Куликов А.И., Дутаров В.И., Корсунов В.М. Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика и прогноз продуктивности. Улан-Удэ, 1997. 312 с.
- Лещиков Ф.Н. Мерзлотное районирование // Байкал: Атлас. М., 1993. С. 33.
- Мальшев Л.И., Пешкова Г.А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск, 1984. 264 с.
- Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. М., 1964. 312 с.
- Пешкова Г.А. Степная флора Байкальской Сибири. М., 1972. 207 с.
- Пешкова Г.А. Флорогенетический анализ степной флоры гор Южной Сибири. Новосибирск, 2001. 192 с.
- Соловьева Л.Н. Морфология криолитозоны Саяно-Байкальской области (на примере Бурятской АССР). Новосибирск, 1976. 126 с.
- Справочник по климату СССР. Иркутская область и западная часть Бурятской АССР. Л., 1968. Вып. 22. Ч. 4. 340 с.
- Степи Центральной Азии / И.М. Гаджиев, А.Ю. Королюк, А.А. Титлянова и др. Новосибирск, 2002. 299 с.
- Телятников М.Ю. Активность и видовое богатство широтных географических групп видов (на примере кустарничково-зеленомошных тундр полуострова Ямал) // Бот. журн. 2001. Т. 86. № 3. С. 86–96.
- Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Л., 1987. 292 с.
- Юрцев Б.А. Флора Сунтар-Хаята. Проблемы истории высокогорных ландшафтов Северо-Востока Сибири. Л., 1968. 235 с.
- Sala O.E., Chapin F.S., Armesto J.J., et al. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100 // Science. 2000. Vol. 287. P. 1770–1774.
- Shpolyanskaya N.A. Global change of climate and prediction of cryolithozone in Arctic // The AMAP International Symposium on Environmental Pollution of the Arctic. Tromsø, Norway. 1997. P. 184–186.
- Woodward F.I., Lomas M.R. Vegetation dynamics — simulating responses to climatic change // Biol. Rev. Camb. Philos. Soc. 2004. Vol. 79. № 3. P. 643–670.