

ИЗУЧЕНИЕ И МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ НИЗОВИЙ РЕКИ ИНДИГИРКИ МЕТОДОМ ЛОКАЛЬНЫХ ФЛОР

Ольга Хитун¹, Татьяна Королева¹, Maitane Iturrate², Gabriela Schaerpmann-Strub²

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Университет г. Цюрих, Швейцария

Введение. Глобальная проблема сохранения биоразнообразия и изучение влияния климатических изменений и антропогенных воздействий на растительный покров требуют тщательной инвентаризации и последующего мониторинга видового состава сосудистых растений. Метод локальных флор (модификация метода конкретных флор А.И. Толмачева) используется в Арктике сотрудниками Ботанического института им. В.Л. Комарова уже более 70 лет. Суть метода - в стремлении очень тщательно выявить флору определенной территории, размер которой позволяет охватить все имеющиеся в данном районе типы местообитаний: в равнинных районах – это около 100 км², в горных – около 300 км². По инициативе Б.А. Юрцева (Юрцев и др., 2001) создана сеть локальных флор (ЛФ) Российской Арктики, она включает сейчас около 320 флор (Khitun et al., 2018) и позволяет проводить всесторонний анализ флористических параметров. В низовьях Индигирки не было хорошо изученных ЛФ, поэтому в рамках плановой тематики БИН РАН, с помощью экспедиционных грантов РФФИ и поддержки университета г. Цюрих в 2013-2014 гг. мы провели в этом регионе полевые исследования.

Внутриландшафтное распределение фитообразия. Видовое богатство изученных ЛФ варьирует в зависимости от разнообразия местообитаний. ЛФ «Русское Устье» и «Кыталык» – самые бедные (152 и 131 вид соответственно), они расположены в обширной низменности с очень однообразным рельефом. А в двух других пунктах заходят отроги Аллаиховской возвышенности (Чокурдах) или Кондаковского нагорья (Мыс Бурулгин), большее разнообразие рельефа обуславливает разнообразие типов местообитаний и, соответственно, большее видовое разнообразие. Влияние р. Индигирка также очень заметно в этих пунктах. Внутриландшафтную структуру флоры мы изучили пока только в «Кыталык», поскольку там находится исследовательская станция и проводятся разнообразные экологические исследования, а подробное обследование флоры и растительности не проводилось. Мы использовали подход, предложенный Б.А.Юрцевым (1982), и изучали парциальные флоры (флоры разных типов местообитаний). Типы экотопов мы выделяли по положению в рельефе и по визуальной отличию растительности. В каждом типе делали 5-20 описаний, их сводный список и есть парциальная флора данного типа местообитаний.

Число видов сосудистых растений в парциальных флорах разных типов местообитаний Кыталыка и аналогичных в Западносибирской Арктике (ЗСА) (Хитун, 1998)

Тип экотопа	Кыталык	ЗСА
Плоские вершины и пологие склоны увалов	31	34-49
Бугры в плоско-полигональном тундрово-болотном комплексе	21	25-30
Сырые олиготрофные мочажины плоско-полигональных комплексов	12	16-20
Валики полигонально-валиковых болот	32	-
Эв- и мезотрофные мочажины, болота	28	32-52
Короткие крутые склоны (10-15m)	39	45-70
«long» steep, ex. slopes of pingos (20-30 m)	47	53-69
Эродированный берег реки, суглинистые оползни	39	33-51
Depressions with water flow (between lakes)	41	43-44
Пойма (с зарослями ивняков)	25	51-54
Нивальные местообитания	30	61-69
В воде и на наилках	12	17

Ландшафты территории ЛФ «Кыталык» чрезвычайно однообразны и практически все парциальные флоры немного беднее западносибирских аналогов, но особенно это заметно для склонов и нивальных местообитаний. Скорее всего просто потому, что этих обитаний очень мало в районе (сделали 1-5 описания против 10-20 в ЗСА).

В «Кыталыке» мы также изучали связи почвенных характеристик и видового состава. По 20 площадок (50x50 см) заложили в кочкарной тундре на увале и в плоско-полигональном комплексе в аласной депрессии. Обилие видов оценивалось по числу ячеек сетки Раменского, где вид присутствовал. Почвенные образцы проанализированы в лаборатории университета г. Цюриха

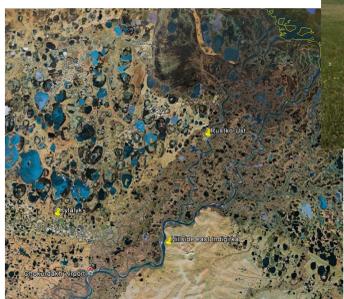
Почвенные показатели в 2-х контрастных местообитаниях

	Алас	Увал
	Mean ±SD	Mean ±SD
Влажность	35.9±19.2	38.2±15.3
pH	5.84±0.44	6.11±0.35
Глубина протаивания (см)	24.9±8.8	34.6±7.7
Содержание С, %	27.2±7.9	14.8±9.4
Содержание N, %	1.28±0.33	0.68±0.44
Температура	6.44±1.04	4.77±1.40

На площадках было отмечено 25 видов сосудистых растений и 53 в. Криптогамных (мхов и лишайников). Видовое богатство площадок варьировало от 1 до 30 видов, причем богатство криптогамных видов повсюду было выше (F1,39 =32.8, p<0.001), а общее богатство площадок было выше на увале (F1,39=21.1, p<0.001). Почвенные показатели сильно варьировали между участками, но в среднем все показатели, кроме влажности, значительно различались между увалом и полигональным комплексом в депрессии. Канонический анализ соответствий (ССА) выявил связь видового состава с почвенными характеристиками (ими объясняется 37% варьирования, только для сосудистых связь еще выше (42%). Наиболее важными почвенными характеристиками, влияющими на состав сосудистых были кислотность, температура, влажность и содержание азота; а на состав криптогамных – влажность и кислотность. Подробные результаты статистических анализов представлены в Iturrate et al. (2016).

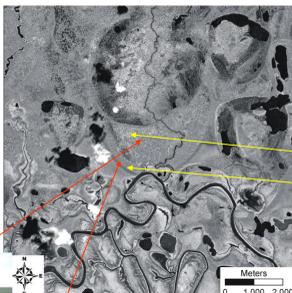
Заключение: Изучение локальных флор – это основа для любого экологического исследования и мониторинга. Увеличение доли бореальных и гипоарктических видов отмечено в пунктах у южной границы тундровой зоны, а в более северных флорах изменений пока нет. Несмотря на различия в топографии, состав экологических групп во всех пунктах похож, преобладают мезофиты. Схожа и географическая структура «Кыталыка», «Чокурдах» и «Мыса Бурулгина» с примерно равной представленностью всех широтных фракций, что отражает их принадлежность к подзоне северных гипоарктических тундр, в «Русском Устье» преобладание арктической фракции более значительно, что подтверждает ее положение в подзоне южных арктических тундр. Детально проработаны и опубликованы или сданы в печать аннотированные списки ЛФ «Чокурдах» и «Кыталык» (Королева и др., 2019; Хитун и др. 2020, в Материалах этой конференции). Большая часть видов во всех пунктах являются редкими, малообильными. Найдены новые местообитания «краснокнижных» и новых для региона видов.

Районы исследования. 4 пункта были обследованы в низовьях Индигирки в 2013-2014гг.

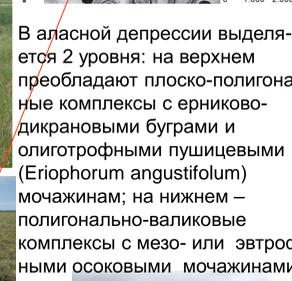


Русское устье 71°08' N 149°16' E. ЛФ насчитывает 152 в. из 69 родов и 28 сем. Северная граница северной гипоарктической тундры

Окрестности исследовательской станции Кыталык в природном резервате Кыталык. 70°49' N, 147°28' E. ЛФ насчитывает 131 в. Из 66 родов и 28 сем. Южная граница северной гипоарктической тундры.



Мыс Бурулгин. 70°47' N, 148°45' E. ЛФ насчитывает 242 в. из 105 родов и 40 сем. Южная часть северной гипоарктической тундры.



В аласной депрессии выделяется 2 уровня: на верхнем преобладают плоско-полигональные комплексы с ерниково-дикрановыми буграми и олиготрофными пушицевыми (*Eriophorum angustifolium*) мочажинам; на нижнем – полигонально-валиковые комплексы с мезо- или эвтрофными осоковыми мочажинами

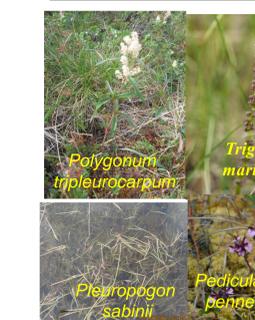


Кочкарная тундра с *Eriophorum vaginatum* и кустарничками (*Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum decumbens* etc) на увале в «Кыталыке»

Склоны булгуняха заняты кустарничковым сообществом

Примерно 80% территории занято в тундрово-болотными комплексами в аласных депрессиях и 20% - всеми прочими местообитаниями, но они обеспечивают 60% разнообразия сосудистых растений

В изученных пунктах обнаружены редкие и занесены в Красную книгу Якутии виды: *Triglochin maritimum*, *Pleuropogon sabinii*, *Trisetokoeleria cf. yurtzevii*, *Carex supina* ssp. *spaniocarpa*, *Lyziella oligantha*, *Minuartia obtusiloba*, *Sagina nodosa*, *Batrachium eradicatum*, *Arabidopsis bursifolia*, *Arabis umbrosa*, *Parnassia kotzebuei*, *Vicia macrantha*, *Androsace ochotensis*, *Pedicularis pennellii*



Соотношение широтных географических групп среди видов, найденных при повторном обследовании ЛФ через 40-70 лет после первичной инвентаризации (Khitun et al., 2016): 5-Чокурдах; 6 – Русское Устье.



Группы: А, арктические; МА, метаарктические; АА, аркто-альпийские; НА, гипоарктические; НАМ, гипоаркто-монтанные; В, Boreal; АВ, Arctic-Boreal.

Мониторинг биоразнообразия на уровне локальных флор. Районы Чокурдаха и Русского Устья обследовались впервые примерно 40 лет назад (Боч, Царева, 1974). Но это были относительно краткосрочные обследования без цели полного выявления ЛФ. Наши обследования добавили примерно по 50 видов в каждый список. Большинство видов видимо не были найдены из-за их редкости. Отсутствие точной документации (GPS-координаты или отметка на детальной карте), характерное по известным причинам для всех старых работ, затрудняет мониторинг и выводы.

Маловероятно, что предыдущие исследователи пропустили виды одной широтной группы. Мы сравнили соотношение широтных групп в старых чеклистах и только среди впервые найденных видов. Подобное сравнение мы провели и в других пунктах, где было пере-обследование (Таймыр, Анабар,Тикси). В наиболее северных пунктах (6 - Русское Устье и 1 - Яму-Неру на Таймыре (Поспелова, Поспелов, 2001) пропорции практически не изменились. А в Чокурдахе (5) и других ЛФ, расположенных ближе к границе тундровой зоны (3,4), доля гипоарктических и бореальных видов была существенно выше среди новых находок и на 6-7% выше в полном списке после переобследования по сравнению со старым списком. То есть определенный сдвиг в сторону бореализации произошел за последние 40 лет только во флорах на южной границе тундры. Эти результаты соответствуют результатам исследования в других регионах (Myers-Smith et al., 2011), показывающих, что наиболее чувствителен к климатическим изменениям экотон лес-тундра.

Сравнение полных списков для всего региона низовьев Индигирки до и после наших работ показало прирост в 10% в доле бореальной фракции и уменьшение доли арктической.

Широтная фракция и группы %	До наших работ	После изучения 4 ЛФ
Arctic (A+MA+AA)	45,7	35,4
Hypoarctic (HA+ HAM)	29,1	28,9
Boreal (B+AB)	25,2	35,7
Число видов	234	356

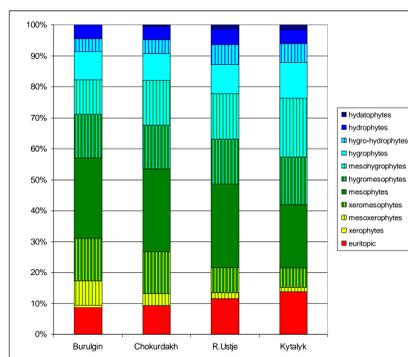


Многие новые бореальные и гипоарктические виды в Чокурдахе – антропохоры, распространяющиеся вдоль дорог и по поселку.

Представленность разных экологических групп растений в локальных флорах. Все виды были разнесены по экологическим группам в соответствии с занимаемыми ими условиями (по фактору увлажнения). Хотя эта классификация основывается на субъективных наблюдениях, грубо разделить местообитания по градиенту сухо-микро достаточно просто. Как основу мы брали сводку Н.А. Секретаревой (2004), но смотрели поведение вида в наших пунктах и изменяли группу, если она не соответствовала наблюдаемому. Соответственно визуальной оценке условий увлажнения мы отнесли все имеющиеся местообитания в 4 группы: 1. Относительно сухие, (крутые хорошо дренированные склоны, каменистые склоны и осыпи, пески); 2. Умеренно увлажненные (зональные местообитания, дренированные речные террасы); 3. Избыточно увлажненные (мочажины, болота); 4. Водные (в озерах или речках). Виды из разных экологических групп произрастают в определенных экотопах. Более детально распределение экологических групп в локальных флорах показано на диаграмме. Хотя изученные пункты различались по ландшафту, во всех ЛФ преобладают виды местообитаний умеренного увлажнения, даже в низменных условиях Кыталыка и Русского Устья, где мы ожидали увидеть преобладание мезогигрофитов и гигрофитов.

Группы местообитаний и экологические группы	Чокурдах	Бурулгин	Кыталык	Р. Устье
1. Ксерофиты и мезоксерофиты	5 (2.2%)	21 (8.7%)	2 (1.5%)	3 (1.9%)
2. Ксеромезофиты, мезофиты и пигромезофиты	143 (63.7%)	151 (62.4%)	73 (55.7%)	96 (61.1%)
3. Мезогигрофиты и гигрофиты	46 (23.2%)	49 (20.2%)	40 (30.5%)	38 (24.2%)
4. Гидрогигрофиты, гидрофиты и гидатофиты	28 (9.2%)	21 (8.7%)	16 (12.2%)	20 (12.8%)
Число видов в ЛФ	222	242	131	157

Литература:
Боч М.С., Царева В.Т. 1974. К флоре низовьев р. Индигирка (в пределах тундровой зоны) // Бот. Журн. 59(6):839-849.
Королева Т.М., П.А. Гоголева, В.В. Петровский, А.А. Зверев, Е.И. Троева. 2019. Мониторинг локальной флоры в окрестностях поселка Чокурдах (северо-восток Якутии) // Бот. журн. 104(9): 32-66.
Поспелова Е.Б., Поспелов И.Н. 2001. Повторная инвентаризация флоры низовий реки Бикида (Яму-Неру, Таймыр) через 70 лет // Бот. журн. 86(5):13-29.
Хитун О.В. 1998. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. Москва. 129 с.
Хитун О.В. 1998. Сравнительный анализ локальных и парциальных флор в двух подзонах Западносибирской Арктики (п-ова Гадландский и Таовский) // Юрцев Б.А. (ред.) Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики. СПб с. 173-201.
Юрцев Б.А. 1982. Флора как природная система // Бот. МОНП. Отд. Бот. 87(4): 3-22.
Юрцев Б.А., Катенин А.Е., Королева Т.М., Хитун О.В., Холмеч Е.А. 2001. Опыт создания сети пунктов мониторинга биоразнообразия Арктической Арктики на уровне локальных флор: зональные тренды
Iturrate, M., M.O'Brien, O. Khitun, S. Abiven, P. Niklaus, G. Schaerpmann-Strub. 2016. Interactive effects between plant functional types and soil factors on tundra diversity and community composition // Ecology and Evolution 6:8126-8137.
Khitun O.V., Chisniko S.V., Zverev A.A., Koroleva T.M., Petrovsky V.V., Pospelov I.N., Pospelova E.B. 2018. Gradients of Taxonomic Diversity among Local Floras in the Russian Arctic. In: Tret'yakova A.S., Veselkin D.V. (eds) Fourth International Scientific Conference "Ecology and Geography of Plants and Plant Communities. KofE Life Sciences. P.80-87.
Myers-Smith, I., Forbes B., Wilming M., Hallinger M., Hick D. 2011. Shrub expansion in tundra ecosystems: Dynamics, impacts and research priorities. // Environmental research Letters 6: 045509



Ксерофиты были найдены только в ЛФ « Мыс Бурулгин» (*Potentilla uniflora*, *Androsace ochotensis*). В прочих пунктах группа 1 представлена только мезоксерофитами (*Minuartia rubella*, *Draba nivalis*, *Saxifraga spinulosa*). Ксеромезофиты в этих пунктах растут на крутых склонах (*Dryas punctata*, *Potentilla stipularis*, *Cerastium maximum*).

