

Распространение мятликов (*Poa* L., *Poaceae*) секции *Stenopoa* Dumort. в пределах Алтайской горной страны

The distribution of bluegrass (*Poa* L., *Poaceae*), section *Stenopoa* Dumort. within the Altai Mountain Country

Олонова М. В., Высоких Т. С.

Olonova M. V., Vysokikh T. S.

Томский государственный университет, г. Томск, Россия. E-mail: olonova@ylist.ru

Tomsk State University, Tomsk, Russia

Реферат. Изучение формирования и пространственного размещения биоразнообразия является в настоящее время одной из наиболее важных проблем биологии. Использование современных геоинформационных технологий открывает большие возможности для исследования в области биогеографии и экологии, но при этом требует большого объема данных о точном местонахождении образцов. Самым надежным источником этих данных являются гербарные коллекции. Поскольку всестороннее изучение модельных групп видов широко используется при изучении флорогенеза, детальное исследование распространения такой модельной группы представляется очень многообещающим для решения проблем биогеографии. Приводятся первые результаты исследования распространения мятликов (*Poa* L.) в пределах Алтайской горной страны, полученные на основании создаваемой локальной таксономической базы данных.

Ключевые слова. Алтай, базы данных, биоразнообразие, ГИС-технологии, *Poa* L.

Summary. The study of the formation and spatial distribution of biodiversity is currently one of the most important problems of biology. The use of modern GIS-technologies open up the great opportunities for research in the field of biogeography and ecology, but it requires a large amount of data on the exact location of the samples. Herbarium collections are the most reliable source of this data. A detailed research of the model species groups are widely used in the study of florogenesis, so, a detailed study of such a model groups distribution seems to be very promising for solution of biogeographic problems. The first results of the bluegrass (*Poa* L.) distribution study within the Altai mountain country, obtained on the basis of local taxonomic database, are presented.

Key words. Altai, biodiversity, databases, GIS-technologies, *Poa* L.

Введение. Изучение формирования и пространственного размещения биоразнообразия является в настоящее время одной из наиболее важных проблем биологии, поскольку самым тесным образом связано с решениями многих теоретических и практических задач флоро- и фауногенеза, биогеографии, охраны и рационального использования природных ресурсов (Meffe, Carrol, 1994). Научные коллекции на протяжении долгого времени являлись и являются основной базой для изучения биоразнообразия. С возрастанием объема коллекций во всем мире, развитием вычислительной техники и цифровой фотографии, с необходимостью интеграции данных, возросла роль цифровых баз данных. Действительно, оцифровка коллекций и создание баз данных, включая трехмерные модели, расширяет возможности их использования, обеспечивает дистанционный доступ специалистов, позволяет осуществлять международные проекты (Серегин, 2017; Филиппова и др., 2017). В настоящее время не только крупнейшие гербарии мира стремятся к оцифровке своих коллекций (Шмаков и др., 2009; Ковтонюк, 2015; и др.), но создается и множество региональных баз, объединяющих разнообразные сведения – специализирующиеся на отдельных экосистемах, таксонах, а также на распространении видов (Ivanova, Shashkov, 2017). Проводится огромная работа по объединению различных баз данных, и ведущей базой признано считается GBIF (<http://www.gbif.org>), созданная на основе межправительственных

соглашений. (Филиппова и др., 2017). В настоящее время она насчитывает более 1410 270 000 записей, и их число постоянно растёт.

Бесспорно, эта база имеет огромное значение для исследования биоразнообразия, однако не следует умалять значения и узкоспециализированных баз данных, объединяющих информацию по отдельным таксонам уровня рода или семейства. Большие интегрированные базы данных, помимо очевидных преимуществ, обладают и некоторыми недостатками. В числе главных, отмечаемых О. В. Морозовой (2011) – несопоставимость материалов, которая нередко имеет место. В первую очередь это связано со значительной разницей в номенклатуре, применяемой в России и других странах. Российские ботаники в целом придерживаются более узкой видовой концепции, чем их европейские и американские коллеги (Морозова, 2011), а иногда и вовсе совершенно по-разному понимают один и тот же вид. Так, в Японии к *Poa viridula* Palib., несомненно, принадлежащему типовой секции (Цвелев, 1976), традиционно относят мятлик секции *Stenopoa* Dumort., близкий к *P. versicolor* Bess. (Ohwi, 1969). Даже среди российских ботаников нередко нет единого взгляда на статус и объём многих видов и родов, что становится особенно заметным при сравнении флористических сводок. Помимо этого, нередко встречаются и просто ошибочные определения (Серегин, 2017). «Малые» базы, касающиеся, как правило, какого-то одного рода и полностью контролируемые небольшим коллективом специалистов, все члены которого разделяют одни и те же представления о границах и объёме вида, а чаще всего монографом, обыкновенно лишены этих недостатков. Обыкновенно они включают данные не только о распространении, но и об изменчивости ключевых морфологических признаков, полученные в результате детального исследования таксона, и охватывают значительно меньшую территорию, выигрывая в детальности. Все это свидетельствует в пользу таких небольших баз данных, которые также имеют право на существование, а при детальных исследованиях небольших регионов оказываются в чём-то даже более информативными.

Как известно, при решении фундаментальных вопросов эволюции и флорогенеза нередко используются специально выбранные модельные таксоны. Их разностороннее исследование помогает решить важные теоретические проблемы. На этом основан флорогенетический метод М. Г. Попова, современные биогеографические и филогеографические исследования (Попов, 1963; Михайлова и др., 2010). Детальное исследование особенностей распространения такой модельной группы представляет очень многообещающим для решения проблем биогеографии.

Данная работа посвящена небольшой локальной базе данных по мятликам Алтайской горной страны (АГС), созданной в рамках проекта «Флора Алтай». В данном случае акцент делается на исследовании особенностей распространения модельной группы – мятликов секции *Stenopoa*. Секция *Stenopoa* была выбрана в качестве модели не случайно: это самая многовидовая секция рода. Эволюция сибирских представителей шла в основном по пути ксероморфогенеза и частично криоморфогенеза и внутри нее хорошо прослеживаются 4 ступени – стадии адаптивной эволюции. Ключевыми являются такие морфологические признаки, как положение верхнего узла на стебле (4 состояния), 3 бинарных признака – характер поверхности оси колоска, наличие или отсутствие опушения на каллусе нижней цветковой чешуи, характер опушения нижней цветковой чешуи. Кроме того, как качественный признак используется длина язычка верхнего листа (3 состояния).

В последние годы во всем мире наблюдается интенсивный рост интереса к использованию геоинформационных технологий в самых разных областях науки и практики, и ботаника, в частности, систематика, не является исключением. Основной нашей задачей было не только уточнить видовой состав модельной группы, но и дать по возможности точную геопривязку каждого образца, которая позволит применять геоинформационные методы исследования.

Материалы и методы. Алтайская горная страна принимается в границах, очерченных Р. В. Камелиным (2005).

Алтай с его богатой и своеобразной флорой более 200 лет привлекал ботаников, поэтому к настоящему времени по флоре АГС накоплен огромный материал, а дальнейшая работа требует детального определения как видового состава, так и, по возможности, точной привязки. Материалом для оцифровки служат коллекции гербариев ALTB, KUZ, LE, MW, NS, NSK, TK и Алтайского ботанического

сада (Казахстан, г. Риддер), а также собранные во время многочисленных экспедиций. В настоящее время в основном оцифровываются собственные обширные сборы; там, где нет данных, полученных с помощью GPS, привязка уточняется с помощью ставших доступными топографических карт и спутниковой карты Google-map. Разумеется, особое внимание уделялось правильному определению материала, потому что ошибки такого рода, как известно, приводят к самым нежелательным последствиям.

К сожалению, первые исследователи флоры Алтая нередко ограничивали сведения о местонахождении гербарного образца одним словом – Алтай. Исследователи более позднего периода старались давать более подробные географические описания мест сбора, но это тоже было непросто, если учесть размер территории и очень слабую ее заселенность. Тем не менее, на некоторых старых этикетках гербария Томского университета мы видим обозначение широты и долготы, с точностью до минут, причем долгота требует корректировки, поскольку отсчет велся от Пулковского меридиана.

Высокая точность геопривязки была достигнута сравнительно недавно, с появлением GPS-устройств, которые в настоящее время стали обязательным элементом полевой экипировки ботаника. Такая разница в точности привязки заставила разделить все полученные данные о местонахождениях на 4 группы: 1 – данные о местонахождении отсутствуют вообще; 2 – данные весьма приблизительны, позволяют определить местонахождение с точностью до административного района; 3 – данные, полученные с помощью карт, с точностью до минут или двух знаков в десятичном измерении; 4 – данные, полученные с помощью GPS-навигаторов или цифровых карт. Разная степень точности позволяет решать разные задачи, поэтому не следует пренебрегать никакими данными. Вместе с тем обнаружилось, что многие полевые записи и результаты определения не подкреплены гербарными материалами. Они были утрачены, отправлены в дар или по обмену. Поскольку такие данные также представляют определенную ценность, они также учитывались, но в отдельном списке. Сведения о морфологических особенностях этих образцов нередко ограничены.

Результаты и обсуждение. Оцифровка имеющегося материала, хранящегося в гербарных фондах, ожидаемо показала, что в подавляющем большинстве случаев этикетки не содержат географических координат и описание местонахождения весьма приблизительно. Все это сильно затрудняет географическую привязку материалов и снижает возможности их использования. Поскольку секция *Stenopoa* считается одной из самых трудных в систематическом отношении, неясный статус многих экземпляров не позволяет пока внести их в базу.

В результате проведенных исследований было установлено, что секция *Stenopoa* на территории АГС представлена 21 видом и 30 морфотипами (комбинациями состояний пяти основных ключевых признаков). Всего к настоящему времени на территорию АГС приходится 448 из 1815 записей, уже оцифрованных с разной степени точности местонахождений видов секции *Stenopoa*.

Полученные данные позволили составить цифровую карту местонахождений пяти редких для территории видов (рис. 1). Среди них и действительно редкие, такие, как нотовид *P. navashinii* Nosov, известный лишь из одной точки (Nosov et al., 2015; Носов и др., 2017), *P. shapshalica* Olonova и *P. ac-truensis* Olonova, все сборы которых сделаны на расстоянии, не превышающем 10 км от *locus classicus*; *P. reverdattoi* Roshev. – в целом не такой уж и редкий обитатель приенисейских степей, однако, на территории Алтая пока удалось обнаружить всего один экземпляр, по всем морфологическим параметрам соответствующий морфотипу этого вида. *Poa altaica* Trin. тоже, по-видимому, распространена значительно шире, и поиск материала в коллекциях продолжается. И, наконец, *P. shondylodes* Trin. – достаточно обычный восточно-азиатский вид, находки которого сделаны недавно в Южной Сибири. По меньшей мере, четыре из приведенных видов нуждаются в охране.

Включение оцифрованных данных по АГС в общий массив по секции *Stenopoa* позволило провести анализ видового богатства секции в пределах территории России. Растровое картирование, выполняемое программой DIVA-GIS (Hijmans et al., 2005), позволяет учитывать количество видов, попадающее на небольшой квадрат площади (ячейку растра). Программа учитывает только количество видов. В соседних квадратах могут произрастать совершенно разные виды, но если их число будет одинаковым, ячейки будут окрашены в одинаковый цвет (Scheldeman, van Zonneveld, 2010). Такая карта не дает представления о разнообразии, но отражает богатство и, что особенно характерно для Азиатской

России – степень изученности территории. Самое высокое видовое разнообразие секции (до 7–8 видов на квадрат) было выявлено на территории Алтайской горной страны (рис. 2). Это еще раз подтверждает тезис Л. И. Малышева (Малышев и др., 2000) об особом богатстве Алтайской флоры.



Рис. 1. Распространение редких видов мятликов в пределах Алтайской горной страны.

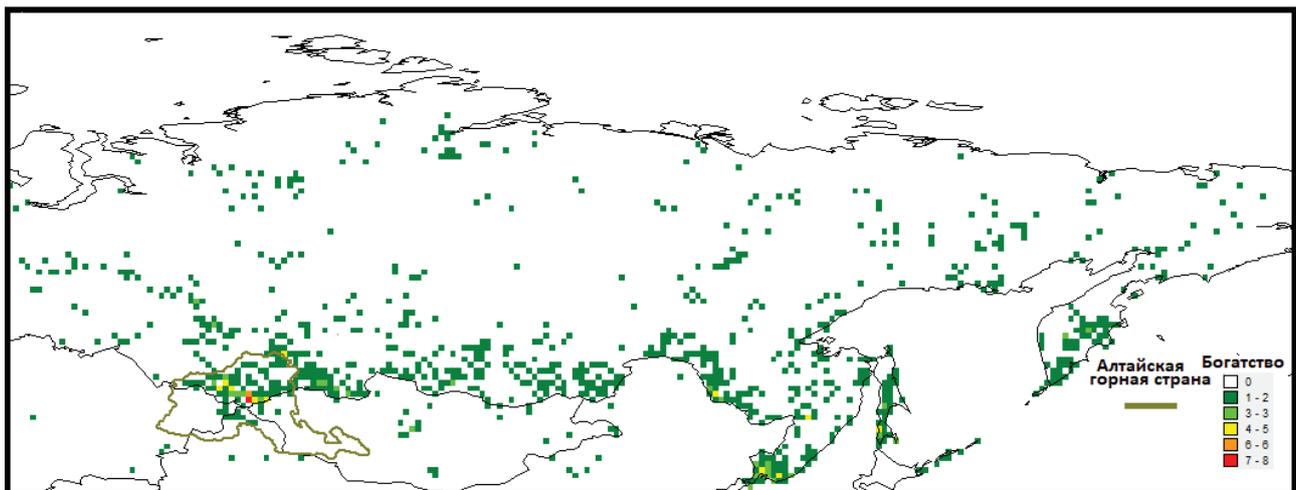


Рис. 2. Богатство флор Азиатской России (на примере мятликов секции *Stenopoa*).

На этом начальном уровне формирования базы данных уже можно сделать определенные выводы. Локальная таксономическая база мятликов секции *Stenopoa*, созданная, прежде всего, для исследования распространения модельной группы видов и постоянно пополняемая, так же, как и глобальные и многопрофильные базы, не свободна от недостатков. Прежде всего, она не учитывает неравномерность сбора, возникающую из-за разных причин: труднодоступности многих территорий, обусловленную не только сложным рельефом и малой населенностью, но и пограничным положением. Свою долю вносит также разная внешняя привлекательность видов: сочные, яркие, пестро окрашенные виды родства *Poa glauca* Vahl собираются значительно чаще, чем мелкие и невзрачные виды родства *P. albertii* Regel. Вполне обычными представляются *P. palustris* L. и *P. nemoralis* L., а между тем на территории Сибири очень трудно найти популяции, все, или хотя бы 25 особей, в которых по морфологическим признакам несомненно принадлежат этим видам. В результате широкомасштабных гибридизационных процессов, имевших место в начале плейстоцена, неморальный *P. nemoralis* на территории северо-востока Европейской России и Сибири был в значительной мере поглощен бореальным *P. palustris* (Цвелев, 1974).

Исследование географического распространения отдельных фенотипов, маркирующих эволюционные ветви, берущие начало от этих видов, могли бы дать немало дополнительной информации относительно миграционных процессов, протекавших на территории Евразии в целом.

Проблема и беда многих коллекций – неполнота и неточность географических данных, но даже и на современных этикетках нередко встречаются координаты, округленные до двух десятичных знаков. Это очень сильно снижает ценность коллекции и сужает область использования материала. Геоинформационные методы могут применяться к местонахождениям разной степени детализации: на уровне стран, провинций, административных округов, все зависит от задач, стоящих перед исследователем (Scheldeman, van Zonneveld, 2010). Для первичного выявления тенденций в распространении видов или морфотипов полезной может оказаться информация о местонахождении даже на уровне провинций. Особенно это касается огромной и необычайно богатой во флористическом отношении территории Китая, где доступная географическая информация на этикетках, как правило, ограничивается названием провинции, и даже местные ботаники часто не в силах помочь установить более или менее точное местоположение пункта сбора. Тем более важно заносить данные, полученные с GPS-устройства, полностью, без сокращений. Современные геостатистические методы, помимо географических координат местонахождений и биоклиматических параметров, позволяют использовать также самые разнообразные данные, такие, как характеристики почвы и субстрата, учитывать экспозицию и крутизну склона, использовать данные дистанционного зондирования (Лисовский и др., 2020) и на их основании проводить исследования экологической ниши, сравнивать их между собой, строить модели территорий, пригодных для обитания видов.

Поскольку на обширных равнинных территориях климат не отличается гетерогенностью, точность значений координат до двух десятичных знаков была бы вполне приемлемой. Однако в горах принятые алгоритмы нередко дают сбои, поскольку на климатические факторы налагаются резкие изменения условий в зависимости от крутизны и экспозиции склона, физических и химических особенностей субстрата. Использование в дополнение к климатическим параметрам оцифрованных данных о почвенных условиях, особенностях рельефа, снежного покрова, силы и направления преобладающих ветров и т. д. существенно повышает точность исследования экологических особенностей видов и прогнозов их распространения, однако ошибка даже на 50–100 м может привести к серьезным искажениям результатов. Поэтому, стремясь выиграть время, не следует пренебрегать точностью ни в поле, заноса данные на этикетки, ни перенося их в базу данных для дальнейшего использования.

Благодарности. Авторы благодарят кураторов гербариев ALTB, KUZ, LE, MW, NS, NSK, ТК и Алтайского ботанического сада за возможность работы с коллекциями. Исследования поддержаны РФФИ (грант № 19-04-00973) и Фондом Менделеева Томского государственного университета.

ЛИТЕРАТУРА

- Камелин Р. В.** Новая Флора Алтая (задачи и концепция новой флористической сводки) // Флора Алтая. – Т. 1. – Барнаул: АзБука, 2005. – С. 7–22.
- Ковтонюк Н. К.** Научное значение виртуальных гербарных коллекций // Ботанические коллекции – национальное достояние России: сб. науч. ст. Всерос. (с междунар. участием) науч. конф. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. – С. 241.
- Лисовский А. А., Дудов С. В., Оболенская Е. В.** Преимущества и ограничения методов экологического моделирования ареалов. 1. Общие подходы // Журнал общей биологии, 2020. – Т. 81, № 2. – С. 123–134.
- Малышев Л. И., Байков К. С., Доронькин В. М.** Флористическое деление Азиатской России на основании количественных признаков // Krylovia, 2000. – Т. 2, № 1. – С. 3–16.
- Михайлова Ю. В., Гусарова Г. Л., Брохман К.** Молекулярная изменчивость и филогеография смолевки бесстебельной *Silene acaulis* (L.) Jacq. (Caryophyllaceae) на севере Европы и архипелаге Шпицберген // Экологическая генетика, 2010. – Т. 8, № 3. – С. 52–60.
- Морозова О. В.** Пространственные тренды таксономического богатства флоры сосудистых растений // Биосфера, 2011. – Т. 3, № 2. – С. 190–207.
- Носов Н. Н., Пунина Е. О., Родионов А. В.** Конспект Роасеae (злаки) Алтайского края и Республики Алтай. Сообщение I. Роды *Arctopoa* (арктомятлик), *Eremopoa* (пустынномятлик) и *Poa* (мятлик) // Turczaninowia, 2017. – Т. 20, № 2. – С. 31–55.

- Попов М. Г.** Основы флорогенетики. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 133 с.
- Сергеев А. П.** Цифровой гербарий МГУ – крупнейшая российская база данных по биоразнообразию // Известия РАН. Серия биологическая, 2017. – № 6. – С. 30–36.
- Филиппова Н. В., Филиппов И. В., Щигель Д. С., Иванова Н. В., Шашков М. П.** Информатика биоразнообразия: мировые тенденции, состояние дел в России и развитие направления в Ханты-Мансийском Автономном Округе // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата, 2017. – Т. 8. № 2. – С. 46–56.
- Цвелев Н. Н.** Злаки // Флора европейской части СССР. Т. 1. – Л.: Наука, 1974. – С. 117–368.
- Цвелев Н. Н.** Злаки СССР. – Л.: «Наука», 1976. – 788 с.
- Шмаков А. И., Смирнов С. В., Яковлев Р. В., Ваганов А. В.** Формирование баз данных по биоразнообразию – опыт, проблемы, решения // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 13–15 мая 2009 г.). – Барнаул: Изд-во «Артика», 2009. – 284 с.
- Hijmans R. J., Guarino L., Jarvis A. et al.** DIVA-GIS. Users manual., version 5.2. 2005. URL: http://www.Diva-GIS.org/DIVA-GIS/DIVA-GIS_5_manual.pdf (accessed: 18.3.2020).
- Ivanova N. V., Shashkov M. P.** Biodiversity databases in Russia: towards a national portal // Arctic Science, 2017. – № 3(3). – P. 560–576.
- Meffe G. K., Carrol C. R.** Principles of Conservation Biology. – Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 1994. – 600 pp.
- Nosov N., Punina E., Rodionov A.** Two new species of *Poa* (Poaceae) from the Altai Mountains, Southern Siberia // Ann. Bot. Fennici, 2015. – Vol. 52, № 1–2. – Pp. 19–26.
- Ohwi J.** Flora of Japan. – Washington: Smithsonian Institution, 1969. – 1067 pp.
- Scheldeman X., van Zonneveld M.** Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution. – Rome: Biodiversity International, 2010. – 180 pp.