

УДК 581.526.42

СООБЩЕСТВА КСЕРОМЕЗОФИТНЫХ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН В ИЕРАРХИИ СИНТАКСОНОВ СИСТЕМЫ БРАУН-БЛАНКЕ

М.В. Кожевникова, В.Е. Прохоров, Т.В. Рогова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, 420008, Россия

Аннотация

Настоящая работа посвящена разработке алгоритма классификации растительных сообществ Республики Татарстан в системе Браун-Бланке. Модельным объектом для построения вышеуказанного алгоритма выступили остепнённые дубравы – уникальные экотонные сообщества, являющиеся резерватами многих охраняемых видов растений. Предложен алгоритм действий для первоначального определения синтаксационных единиц растительности, основанный на использовании модифицированного метода TWINSpan. В качестве исходных данных использован обширный геоботанический материал информационно-аналитической системы FLORA. Результатом работы стало предварительное выявление трех ассоциаций, принадлежащих двум союзам класса *Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959, распространенных на территории Республики Татарстан.

Ключевые слова: классификация Браун-Бланке, остепненные дубравы, TWINSpan, ИАС FLORA, Республика Татарстан, *Quercetea pubescentis*

Введение

У людей есть неотъемлемая потребность классифицировать объекты для понимания организованности окружающего их мира. Термин «классификация» может относиться как к процессу разделения всей совокупности объектов на структурные единицы (классы), так и к результату такой деятельности [1]. Задачи типизации природных объектов, включая и растительные сообщества, возникают при их освоении в практике хозяйственного использования, при изучении закономерностей формирования и функционирования в процессе природных и антропогенных сукцессий, подобных тем, которые наблюдаются в настоящее время в условиях глобального потепления.

Типология растительности необходима для изучения структуры растительного покрова (как пространственной, так и функциональной); рассмотрения гипотез об экологических и эволюционных процессах, формирующих типы растительности; создания карт для отображения пространственной изменчивости растительности; мониторинга популяций растений и животных, а также мест их обитания; разработки последовательных стратегий управления и сохранения растительности [2]. Классификация растительности направлена на обобщение различных (как во времени, так и в пространстве) типов растительных сообществ

с использованием некоторого количества уровней классификационной иерархии системы.

В классификациях растительности на территории бывшего СССР, включая и Республику Татарстан (РТ), применительно к лесной растительности использовался традиционный для северных стран доминантный подход, учитывающий либо признак доминирования в основном древесном ярусе [3], либо признаки сходства состава и сложения подчиненных ярусов с выделением циклов и серий ассоциаций [4]. При классификации травянистых сообществ лугов, степей, болот и синантропных группировок применялся доминантно-детерминантный подход, опирающийся на понимание экологии видов и соответствия их распространения экологическим условиям. Теоретические подходы построения классификационных систем, включая и флористические классификации, выполненные по методу Браун-Бланке и широко распространенные в европейских странах, обсуждаются в работах отечественных исследователей В.Д. Александровой [5], В.Ю. Нешатаева [6], Б.К. Ганибала [7] и др.

В настоящее время классификация растительных сообществ РТ выполнена на доминантно-детерминантной основе [8, 9], что существенно затрудняет экологический анализ и прогноз динамики состояния растительности полидоминантных и сменно-доминантных сообществ травянистых и кустарниковых формаций. С применением современных подходов и опыта, накопленного как за рубежом, так и в России, актуальной становится задача разработки единой системы флористической классификации растительности региона.

На сегодняшний день с использованием современной интерпретации системы Браун-Бланке, базирующейся на экспертных знаниях и на использовании высокоформализованных алгоритмов, в том числе и нейронных сетей, выполнены классификации растительности Нидерландов [10], Германии (земля Мекленбург-Передняя Померания) [11], Чешской Республики [12], древесной растительности Австрии [13] и ряда других стран.

В советской геоботанике система Браун-Бланке стала активно развиваться лишь с начала 80-х годов XX в., а с 2000 года российские последователи Браун-Бланке стали авторами десятков статей о растительности разных регионов [14]. Уровень изученности растительности и успешность развития синтаксономии отражают содержание продромуса, включающего список синтаксонов, отмеченных на территории страны или региона. В продромус включаются номенклатурные типы, опубликованные по правилам «Кодекса фитосоциологической номенклатуры» [15, 16], который впервые вышел в свет на немецком, английском и французском языках в 1976 г., а на русском языке в 1988 г.

Первый продромус растительности СССР составлен и опубликован в 1991 г. [17]. В 1998 г. был опубликован продромус высших единиц растительности России и сопредельных стран, составленный А.И. Соломещем [18]. В 2012 г. Н.Б. Ермаковым [19] составлен новый продромус, который подытожил результаты синтаксономического изучения растительности за весь период истории синтаксономии в России. Для соседних с РТ территорий был выпущен продромус растительных сообществ Республики Башкортостан [20] и продромус растительности Национального парка «Марий Чодра» [21]. В 2005 г. опубликован

предварительный продромус синтаксонов растительности Раифского участка Волжско-Камского природного биосферного заповедника [22].

2. Объекты исследования

Остепнённые дубравы имеют оригинальный флористический состав и пространственно-функциональную структуру. Специфичность их состава на территории исследования определяется во многом тем, что они являются экотонными сообществами, а лесообразующий вид – *Quercus robur* L. – приближается здесь к северо-восточной границе своего распространения. С учетом того, что остепнённые дубравы встречаются на границе леса и степи, их состояние может служить хорошим индикатором при мониторинге динамики растительного покрова в связи с вопросами глобальных изменений климата. Поэтому ревизия данного типа сообществ на территории РТ – важная природоохранная задача.

Термофильные дубовые и смешанные широколиственные леса занимают значительные площади на территориях Чехии [23], Словакии [24], Боснии и Герцеговины [25] и Хорватии [26]. Они продолжают на восток в виде постепенно сужающегося языка, идущего по территории Украины, Северной Молдавии и России (Республики Крым, Курской, Тульской, Воронежской, Тамбовской, Пензенской, Саратовской, Куйбышевской, Ульяновской областей, Чувашской Республики, Республик Мордовия, Татарстан и Башкортостан, а также Оренбургской области) [27]. Это богатые видами сообщества, в составе которых присутствуют многие исчезающие, нуждающиеся в охране растения. Такие леса являются неотъемлемой частью лесостепных природных комплексов и резерватами редких видов растений.

На территории РТ остепнённые дубравы в рамках изучения вопросов взаимодействия леса и степи обследовались С.И. Коржинским [28], Ю.Д. Клеоповым [29], М.В. Марковым [30], а с точки зрения лесорастительных условий дуба – Н.В. Напалковым [31]. Отдельные упоминания имеются в работах С.А. Грибовой [32] и П.Л. Горчаковского [27].

В современной литературе косвенным указанием на наличие на территории РТ термофильных дубрав могут служить сведения, приводимые в Атласе Республики Татарстан [9], где говорится о наличии дубовых и березово-дубовых (*Quercus robur*, *Betula pendula*), остепненных кустарниковых (*Cerasus fruticosa*, *Euonymus verrucosa*, *Rhamnus cathartica*, *Rosa cinnamomea*, *Amygdalus nana*, *Sorbus aucuparia*) лесов, а также в монографии «Сосудистые растения Республики Татарстан» [33], где при описании Восточно-Закамского возвышенно-равнинного лесостепного региона Высокого Заволжья лесные формации растительного покрова характеризуются как дубравы и березо-дубняки остепнённые кустарниковые.

Синтаксономическая принадлежность остепнённых дубрав в системе Браун-Бланке приведена для небольших фрагментов на западе от Республики Татарстан (преимущественно в Брянской области [34–37]) и на востоке – в Республике Башкортостан [38–40].

Из всего множества союзов классов *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae* Ermakov et al. 1991; *Carpino-Fagetea sylvaticae* Jakucs ex Passarge 1968; *Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959 на территории РТ по нашему мнению, возможно наличие сообществ, относимых к союзам *Lathyro pisiformis-*

Quercion roboris Solomeshech et Grigoriev in Willner et al. 2016 и *Aceri tatarici-Quercion Zolyomi* 1957 [41], поскольку ареалы распространения диагностических видов именно этих союзов имеют место на территории РТ.

3. Материалы и методы исследования

Основу настоящей работы составили описания растительных сообществ, выполненные авторами статьи и сотрудниками кафедры общей экологии Казанского университета в 1999–2017 гг. в остепнённых дубравах на территории РТ. Кроме того, были использованы опубликованные геоботанические описания, выполненные в разное время С.И. Коржинским [28] и М.В. Марковым [30] на территории современного Татарстана. Для сравнения с сообществами остепнённых дубрав соседних регионов мы использовали материалы ряда публикаций [34–40].

С конца 80-х годов XX в. для хранения геоботанической информации стали создаваться электронные базы данных. Кроме накопления информации, электронные базы данных обеспечивают перевод геоботанических описаний в форматы, понятные для других программ, позволяющие проводить их обработку.

Казанский федеральный университет в части формирования геоботанических баз данных является одним из ведущих центров в России. Созданная и поддерживаемая в Институте экологии и природопользования база данных “Vegetation Database of Tatarstan” (как часть ИАС FLORA) является участником двух международных проектов: GIVD (The Global Index of Vegetation-plot Databases) [42], где она третья по величине база данных из России, и EVA (European Vegetation Archive) [43], где она вторая по величине база данных из России.

Исходя из ситуации, которую мы имеем на сегодняшний день (отсутствие на территории РТ флористической классификации и одновременно большой геоботанический материал пригодный для компьютерной обработки), мы предлагаем следующий алгоритм действий.

Отобранные геоботанические описания экспортируются из ИАС FLORA в файл формата *.cc! (Cornell Condensed File), который затем импортируется в программу для обработки геоботанических описаний JUICE 7.0 [44].

Дальнейшая обработка материала проводится при помощи модифицированного алгоритма TWINSpan [45]. Предлагаемая модификация TWINSpan сочетает классический алгоритм TWINSpan с анализом неоднородности кластеров перед каждым новым делением. Если классический алгоритм TWINSpan делит каждый кластер, пришедший с предыдущего шага деления, то модифицированный алгоритм делит только наиболее гетерогенные на данном этапе кластеры.

Для измерения неоднородности кластеров применяются четыре меры, которые обычно используются в экологии: β -разнообразие Уиттекера, то есть отношение общего числа видов во всем кластере к среднему числу видов на участок; средние значения коэффициентов Жаккара и Сёрнсена для всех пар описаний и дисперсия обилия видов на площадках, как в методах канонического анализа соответствий.

Предлагаемая модификация не изменяет логики классификации TWINSpan, но она может изменять иерархию делений в окончательной классификации. Различия между классическим и модифицированными алгоритмами TWINSpan представлены на рис. 1.

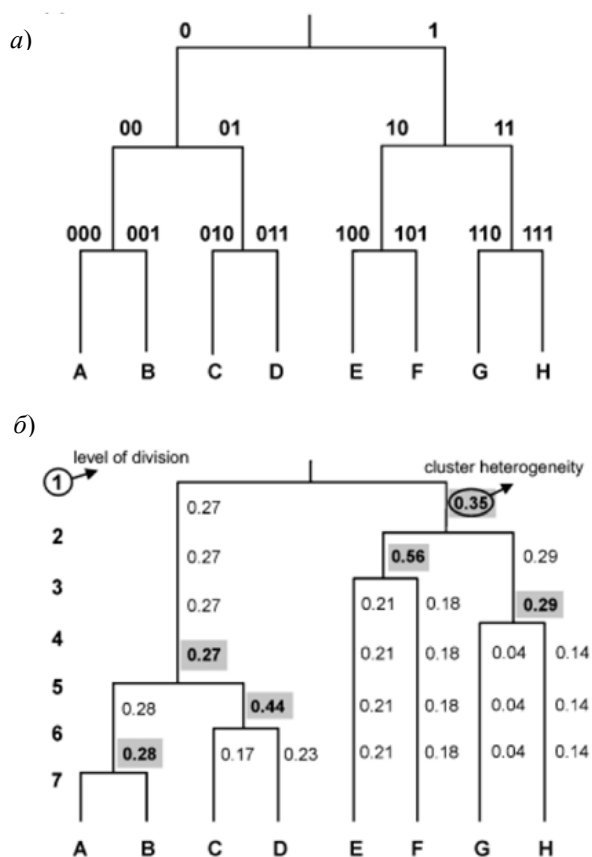


Рис. 1. Различия между классификационными иерархиями, создаваемыми классическими (а) и модифицированными (б) алгоритмами TWINSpan [45]

Классический TWINSpan создает классификации, где каждый начальный кластер разделяется на два меньших кластера на каждом иерархическом уровне. Таким образом, число кластеров увеличивается в два раза, а деление некоторых довольно однородных кластеров может быть навязано этим простым разделяющим правилом. Модифицированный TWINSpan включает в себя анализ неоднородности кластеров перед каждым делением. Таким образом, наложенные деления однородных кластеров предотвращаются, и классификация строится постепенно [45].

Перед началом процедуры кластеризации вручную устанавливается количество кластеров, до которого идет деление. Число кластеров, участвующих в делении, может быть довольно большим. В нашем случае было выбрано 16 кластеров.

После завершения первого цикла анализа в программе JUICE можно провести оптимизацию количества кластеров, на которые разделяется выборка. Программа считает количество верных видов для каждого кластера (с установленным порогом верности) в зависимости от количества кластеров [46]. Для наших данных оптимальным оказалось количество в 8–9 кластеров.

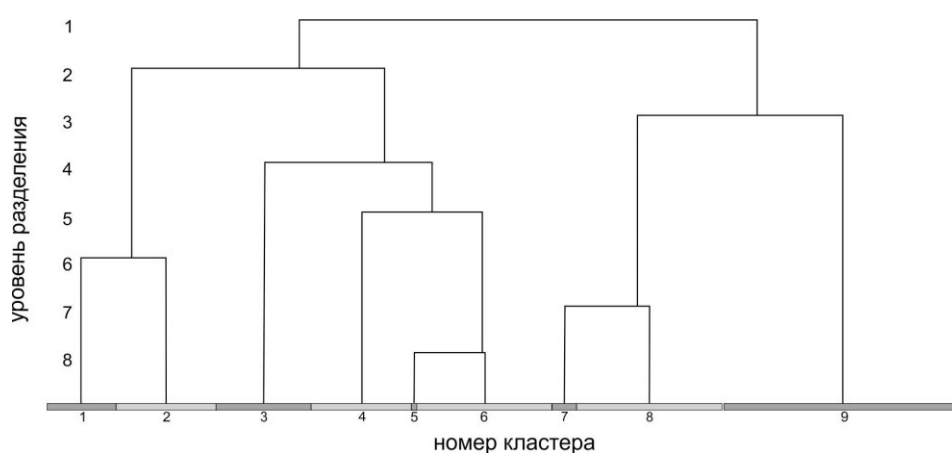


Рис. 2. Дендрограмма полученная при обработке геоботанических описаний методом модифицированного TWINSpan. Длина отрезка по оси абсцисс отражает количество описаний, вошедших в данный кластер

4. Результаты исследования

В результате кластерного анализа отобранные нами геоботанические описания остепнённых дубрав были разделены на 9 групп, их графическое представление дано на рис. 2. В составе полученных групп имеются три варианта: кластеры, включающие только опубликованные геоботанические описания, сделанные вне Татарстана (кластер 3); кластеры, включающие только геоботанические описания с территории РТ (кластеры 1, 2, 4, 5, 7) и кластеры, имеющие смешанный состав (6, 8, 9). Рассмотрим эти группы более подробно.

Кластер 3 содержит геоботанические описания ассоциаций *Omphalodo scorpioidis-Quercetum roboris* Martynenko et al. 2008, *Brachypodio pinnati-Quercetum roboris* Grigorjev in Solomeshch et al. 1989 и *Chamaecytiso ruthenici-Quercetum roboris* Semenishcenkov et al. 2014, причем описания одной из них – *Brachypodio pinnati-Quercetum roboris* – вошли также и в состав кластера 9. Поэтому мы предполагаем, что ассоциаций *Omphalodo scorpioidis-Quercetum roboris* Martynenko et al. 2008 и *Chamaecytiso ruthenici-Quercetum roboris* Semenishcenkov et al. 2014 на территории РТ нет либо они до сих пор не были отмечены.

Кластер 6 содержит описание из Республики Башкортостан, принадлежащее к ассоциации *Lathyro nigri-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003 и 26 описаний с территории РТ. Из них 8 описаний растительных сообществ были выполнены в 2016 г. в Восточном Закамье (у с. Туктарово-Урдала, Лениногорский район РТ), 3 описания – на юге Предволжья РТ (у с. Нижнее Чекурское, Дрожжановский район РТ) в разное время, остальные 15 описаний – в различных районах Западного Закамья. Таким образом, мы можем предполагать, что данная ассоциация присутствует на территории Татарстана.

Кластер 8 содержит номенклатурный тип ассоциации *Pyro pyrastris-Quercetum roboris* Semenishcenkov et al. 2014 и 28 описаний с территории РТ. В состав этой группы вошли описания, выполненные М.В. Марковым (17 площадок) и С.И. Коржинским (3 площадки) на территории Закамья, а также 4 описания

с территории Предволжья (Дрожжановский и Верхнеуслонский районы). Таким образом, можно предполагать, что ассоциация *Pyro pyrastris-Quercetum roboris* Semenishcenkov et al. 2014 присутствует на территории РТ.

Кластер 9 содержит 22 описания ассоциации *Filipendulo vulgari-Quercetum roboris* Martynenko et al. 2008 (эта ассоциация больше не встречается в других кластерах), 4 описания ассоциации *Brachypodio pinnati-Quercetum roboris* Grigorjev in Solomeshch et al. 1989 (6 описаний которой вошли также в кластер 3) и 22 описания из Татарстана, преимущественно с территории Закамья. Таким образом, у нас есть основания предполагать наличие ассоциации *Filipendulo vulgari-Quercetum roboris* Martynenko et al. 2008 на территории РТ.

Анализируя распределение по кластерам, можно сделать предварительное заключение о наличии на территории РТ следующих растительных сообществ:

класс *Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959

порядок

союз *Lathyro-Quercion roboris* Solomeshch et al. 1989

ассоциация *Filipendulo vulgari-Quercetum roboris* Martynenko et al. 2008

ассоциация *Pyro pyrastris-Quercetum roboris* Semenishcenkov et al. 2014

союз *Aceri tatarici-Quercion* Zolyomi 1957

ассоциация *Lathyro nigri-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003.

Несмотря на то что ассоциация *Brachypodio pinnati-Quercetum roboris* Grigorjev in Solomeshch et al. 1989 союза *Lathyro-Quercion roboris* нами не рассматривается, её наличие в составе растительности республики вполне вероятно. Кластеры, не содержащие геоботанические описания валидных синтаксонов, нуждаются в более тщательном анализе, в результате которого, вероятно, будут описаны новые ассоциации.

Заключение

В настоящее время при разработке классификаций растительности, как отдельных регионов, так и стран, прежде всего необходимо наличие фитоценологических баз данных, позволяющих применять различные методы математической статистики для обработки больших массивов полученных данных. Унификация алгоритмов построения классификационных систем и уменьшение доли субъективизма при выделении синтаксонов позволяет научно обоснованно включать классификации региональной растительности в единую систему синтаксономических построений. Примененный алгоритм для классификации группы синтаксонов остепненных дубрав на северо-восточной границе их распространения позволил выделить ассоциации, *Filipendulo vulgari-Quercetum roboris* Martynenko et al. 2008, *Pyro pyrastris-Quercetum roboris* Semenishcenkov et al. 2014, *Lathyro nigri-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003. Следующим важным и закономерным этапом должна стать разработка продромуса Республики Татарстан, первым шагом к которому и служит настоящая работа.

Благодарности. Авторы выражают благодарность авторам геоботанических описаний М.Б. Фардеевой и Г.А. Шайхутдиновой за возможность использовать их материал в работе.

Литература

1. *Everitt B.S., Landau S., Leese M., Stahl D.* Cluster analysis. – London: King's College, 2011. – 330 p.
2. *Dengler J., Chytrý M., Ewald J.* Phytosociology // Jørgensen E.D. Brian F. (Eds.) Encyclopedia of ecology. V. 4. – Oxford: Elsevier, 2008. – P. 2767–2779.
3. *Сукачев В.Н.* Типы лесов и типы лесорастительных условий. – М.: Гостехиздат, 1945. – 36 с.
4. *Соколов С.Я.* Успехи советской ботаники // Сов. ботаника. – 1938. – № 1. – С. 20–46.
5. *Александрова В.Д.* Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах. – Л.: Наука, Ленинград. отд., 1969. – 275 с.
6. *Нештаев В.Ю.* Проект Всероссийского Кодекса фитоценотической номенклатуры // Растительность России. – 2001. – № 1. – С. 62–70.
7. *Ганибал Б.К.* Первая Крымская (Ялтинская) конференция геоботаников // Растительность России. – 2016. – № 29. – С. 122–126.
8. *Рогова Т.В., Шайхутдинова Г.А.* Картографирование растительного покрова РТ на ландшафтно-экологической основе // Вестн. Татарстан. отд-ния Рос. экол. акад. – 2000. – № 3–4. – С. 11–23.
9. *Поздняк Г.В.* (ред.) Атлас Республики Татарстан. – М.: ПКО Картография, 2005. – 216 с.
10. *Schaminee J.H.J., Stortelder A.H.F., Weesthoff V.* (Eds.) De vegetatie von Nederland – Deel 1: Inleiding tot de plantensociologie – grondslagen, methoden en toepassingen. – Uppsala: Opulus press, 1995. – 325 p.
11. *Berg C., Dengler J., Abdank A., Isermann M.* (Eds.) Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung – Textband. – Jena: Weissdorn, 2004. – 606 S.
12. *Chytrý M.* (Ed.) Vegetace Ceske republiky. V. 4: Lesní a křovinná vegetace. – Praha: Academia, 2013. – 552 p.
13. *Willner W., Grabherr G., Walder D., Österreichs G.* Die Wälder und Gebüsch Österreichs: Ein Bestimmungswerk mit Tabellen: in 2 Bd. – Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2007. – 608 S.
14. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Современное состояние основных концепций науки о растительности. – Уфа: Гилем, 2012. – 488 с.
15. *Barkman J.J., Moravec J., Rauschert S.* Code of phytosociological nomenclature // Vegetatio. – 1986. – V. 67, No 3. – P. 145–158.
16. *Weber H.E., Moravec J., Theurillat J.-P.* International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition // J. Veg. Sci. – 2000. – V. 11, No 5. – P. 739–768. – doi: 10.2307/3236580.
17. *Korotkov K.O., Morozova O.V., Belonovskaja E.A.* The USSR Vegetation Syntaxa Prodrumus. – Moscow: Publ. by Dr. Gregory E. Vilchek, 1991. – 348 p.
18. *Соломещ А.И.* Продромус и диагностические виды высших единиц растительности территории бывшего СССР // Миркин Б.М., Наумова Л.Г. (ред.) Наука о расти-

- тельности: история и современное состояние основных концепций. – Уфа: Гилем, 1998. – С. 335–406.
19. *Ермаков Н.Б.* Продромус высших единиц растительности России // Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. – Уфа: Гилем, 2012. – С. 377–483.
 20. *Ямалов С.М., Мартыненко В.Б., Голуб В.Б., Башиева Э.З.* Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан. – Уфа: Гилем, 2004. – 64 с.
 21. *Бекмансуров М.В.* Биологическое разнообразие лесного покрова национального парка «Марий Чодра»: Автореф. ... канд. биол. наук. – Сыктывкар, 2004. – 23 с.
 22. *Рогова Т.В., Мангутова Л.А., Любина О.Е., Фархутдинова С.С.* Классификация растительного покрова Раифского участка Волжско-Камского заповедника на ландшафтно-экологической основе // Труды Волжско-Камского государственного природного заповедника. – 2005. – Вып. 6. – С. 213–240.
 23. *Chýtrý M.* Thermophilous oak forests in the Czech Republic: Syntaxonomical revision of the *Quercetalia pubescenti-petraeae* // Folia Geobot. – 1997. – V. 32, No 3. – P. 221–258. – doi: 10.1007/BF02804006.
 24. *Slezák M, Petrášová A.* Oak forest vegetation in the northern part of the Stiavnické vrchy Mts (Central Slovakia) // Hacquetia. – 2010. – V. 9, No 2. – P. 221–238. – doi: 10.2478/v10028-010-0011-1.
 25. *Stupar V., Dordije M., Jugoslav B., Carni A.* Formalized classification and nomenclatural revision of thermophilous deciduous forests (*Quercetalia pubescentis*) of Bosnia and Herzegovina // Tuexenia. – 2015. – V. 35, No 1. – P. 85–130. – doi: 10.14471/2015.35.016.
 26. *Baričević D., Ukeli J.* Flora of the order *Quercetalia pubescentis* Br.-Bl. (1931) 1932 in the forest vegetation of the Požega hill area (NE Croatia) // Acta Bot. Croat. – 2006. – V. 65, No 1. – P. 67–81.
 27. *Горчаковский П.Л.* Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала. – Свердловск: УФАН СССР, 1968. – 206 с.
 28. *Коржинский С.И.* Северная граница черноземно-степной области восточной полосы Европейской России в ботанико-географическом и почвенном отношении. 1. Введение. Ботанико-географический очерк Казанской губернии // Труды о-ва естествоиспытателей при Имп. Казан. ун-те. – 1888. – Т. 18, Вып. 5. – С. 1–256.
 29. *Клеопов Ю.Д.* Анализ флоры широколиственных лесов Европейской части СССР. – Киев: Наукова думка, 1990. – 352 с.
 30. *Марков М.В.* Лес и степь в условиях Закамья // Труды о-ва естествоиспытателей при Имп. Казан. ун-те. – 1935. – Т. 35, Вып. 6. – С. 69–179.
 31. *Напалков Н.В.* Дубравы Северовосточной Лесостепи. – Казань: Татгосиздат, 1953. – 144 с.
 32. *Грибова С.А., Исаченко Т.И., Лавренко Е.М.* Растительность Европейской Части СССР. – Л.: Наука, 1980. – 236 с.
 33. *Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П.* Сосудистые Растения Татарстана. – Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2000. – 496 с.
 34. *Булохов А.Д., Семениченков Ю.А.* Типификация и коррекция синтаксонов лесной растительности Южного Нечерноземья России и сопредельных регионов // Бюл. Брянского отд-ния РБО. – 2015. – Т. 1, Вып. 5. – С. 26–32.
 35. *Булохов А.Д., Семениченков Ю.А.* Сообщества класса *Quercio-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937 в Судость-Деснянском междуречье (Брянская область) // Растительность России. – 2008. – № 13. – С. 3–13.

36. Семенищенков Ю.А., Полуянов А.В. Остепненные широколиственные леса союза *Aceri tatarici-Quercion Zólyomi* 1957 на Среднерусской возвышенности // Растительность России. – 2014. – № 24. – С. 101–123.
37. Семенищенков Ю.А., Волкова Е.М., Бурова О.М. О новой ассоциации союза *Aceri tatarici-Quercion Zólyomi* 1957 на территории заповедника «Куликово поле» (Тульская область) // Изв. Сам. науч. центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 406–414.
38. Мартыненко В.Б., Ямалов С.М., Жигунов О.Ю., Филинов А.А. Растительность государственного природного заповедника «Шульган-Таш». – Уфа: Гилем, 2005. – 272 с.
39. Мартыненко В.Б., Широких П.С., Мулдашев А.А. Соломещ А.И. О новой ассоциации остепнённых дубрав на Южном Урале // Растительность России. – 2008. – № 13. – С. 49–60.
40. Миркин Б.М. Флора и растительность национального парка «Башкирия» (синтаксономия, антропогенная динамика, экологическое зонирование). – Уфа: Гилем, 2010. – 512 с.
41. Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F.J.A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J.H.J., Lysenko T., Didukh Y.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M., Tichý L. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Appl. Veg. Sci. – 2016. – V. 19, No S1. – P. 3–783. – doi: 10.1111/avsc.12257.
42. Dengler J., Jansen F., Glöckler F., Peet R.K., De Cáceres M., Chytrý M., Ewald J., Oldeland J., Lopez-Gonzalez G., Finckh M., Mucina L., Rodwell J.S., Schaminée J.H.J., Spencer N. The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): A new resource for vegetation science // J. Veg. Sci. – 2011, V. 22, No 4. – P. 582–597. – doi: 10.1111/j.1654-1103.2011.01265.x.
43. Chytrý M., Hennekens S. M., Jiménez-Alfaro B., Knollová I., Dengler J., Jansen F., Landucci F., Schaminée J.H.J., Ačić S., Agrillo E., Ambarlı D., Angelini P., Apostolova I., Attorre F., Berg C., Bergmeier E., Biurrun I., Botta-Dukát Z., Brisse H., Campos J.A., Carlón L., Čarni A. et al. European Vegetation Archive (EVA): An integrated database of European vegetation plots // Appl. Veg. Sci. – 2016. – V. 19, No 1. – P. 173–180. – doi: 10.1111/avsc.12191.
44. Tichý L. JUICE. Software for vegetation classification // J. Veg. Sci. – 2002. – V. 13, No 3. – P. 451–453. – doi: 10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x.
45. Roleček J., Tichý L., Zelený D., Chytrý M. Modified TWINSpan classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity // J. Veg. Sci. – 2009. – V. 20, No 4. – P. 596–602. – doi: 10.1111/j.1654-1103.2009.01062.x.
46. Tichý L., Chytrý M., Botta-Dukát Z. Semi-supervised classification of vegetation: Preserving the good old units and searching for new ones // J. Veget. Sci. – 2014. – V. 25, No 6. – P. 1504–1512. – doi: 10.1111/jvs.12193.

Поступила в редакцию
06.07.17

Кожевникова Мария Владимировна, кандидат биологических наук, заместитель директора Института экологии и природопользования

Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: MKozhevnikova@kpfu.ru

Прохоров Вадим Евгеньевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей экологии
Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: vadim.prokhorov@gmail.com

Рогова Татьяна Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры общей экологии
Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, д. 18, г. Казань, 420008, Россия
E-mail: tatiana.rogova@kpfu.ru

ISSN 2542-064X (Print)
ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI
(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2018, vol. 160, no. 3, pp. 445–458

**Xeromesophytic Broad-Leaved Forest Communities of the Republic of Tatarstan
in the Hierarchy of Syntaxa within the Braun-Blanquet System**

M.V. Kozhevnikova^{*}, *V.E. Prokhorov*^{**}, *T.V. Rogova*^{***}

Kazan Federal University, Kazan, 420008 Russia

E-mail: ^{*}MVKozhevnikova@kpfu.ru, ^{**}vadim.prokhorov@gmail.com, ^{***}tatiana.rogova@kpfu.ru

Received July 6, 2017

Abstract

The paper is devoted to the development of an algorithm for classification of plant communities of the Republic of Tatarstan in the Braun-Blanquet system. The steppe oak forests – the unique ecotone communities, which are the reserves of many protected plant species – have been used as the model object to create the above-mentioned algorithm. The algorithm for initial determination of vegetation syntaxa based on the modified TWINSpan method has been proposed. A total of 183 relevés from the FLORA Information and Analytical System have served as the initial data. As a result of the research, three associations belonging to two alliances of the class *Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959 that are distributed within the territory of the Republic of Tatarstan have been preliminarily identified.

Keywords: Braun-Blanquet classification, steppe oak forests, TWINSpan, FLORA Information and Analytical System, Republic of Tatarstan, *Quercetea pubescentis*

Acknowledgments. We are grateful to M.B. Fardeeva and G.A. Shaikhutdinova, who performed the geobotanical descriptions, for the opportunity to use their materials during the research.

Figure Captions

Fig. 1. Differences between the classification hierarchies based on the (a) traditional and (b) modified TWINSpan algorithms [45].

Fig. 2. The tree diagram obtained as a result of the processing of the geobotanical descriptions by the modified TWINSpan method. The segment length along the X-axis shows the number of descriptions included in the cluster.

References

1. Everitt B.S., Landau S., Leese M., Stahl D. *Cluster Analysis*. London, King's College, 2011. 330 p.
2. Dengler J., Chytrý M., Ewald J. Phytosociology. In: Jørgensen E.D., Brian F. (Eds.) *Encyclopedia of Ecology*. Vol. 4. Oxford, Elsevier, 2008. pp. 2767–2779.

3. Sukachev V.N. *Tipy lesov i tipy lesorastitel'nykh uslovii* [Types of Forests and Types of Forest Conditions]. Moscow, Gostekhizdat, 1945. 36 p. (In Russian)
4. Sokolov S.Ya. Advances in Soviet botany. *Sov. Bot.*, 1938, no. 1, pp. 20–46. (In Russian)
5. Aleksandrova V.D. *Klassifikatsiya rastitel'nosti. Obzor printsipov klassifikatsii i klassifikatsionnykh sistem v raznykh geobotanicheskikh shkolakh* [Classification of Vegetation. Review of Classification Principles and Classification Systems in Different Geobotanical Schools]. Leningrad, Nauka, Leningr. Otd., 1969. 275 p. (In Russian)
6. Neshataev V.Yu. The draft of the All-Russian Code of Phytocoenotic Nomenclature. *Rastit. Ross.*, 2001, no. 1, pp. 62–70. (In Russian)
7. Ganibal B.K. The First Crimean (Yalta) Conference of Geobotanists. *Rastit. Ross.*, 2016, no. 29, pp. 122–126. (In Russian)
8. Rogova T.V., Shaikhutdinova G.A. Mapping of the vegetation cover of the Republic of Tatarstan on a landscape ecological basis. *Vestn. Tatar. Otd. Ross. Ekol. Akad.*, 2000, nos. 3–4, pp. 11–23. (In Russian)
9. Pozdnyak G.V. (Ed.) *Atlas Respubliki Tatarstan* [Atlas of the Republic of Tatarstan]. Moscow, PKO Kartografiya, 2005. 216 p. (In Russian)
10. Schaminee J.H.J., Stortelder A.H.F., Weesthoff V. (Eds.) *De vegetatie van Nederland. Deel 1. Inleiding tot de Plantensociologie – Grondslagen, Methoden en Toepassingen*. Uppsala, Opulus press, 1995. 325 p. (In Dutch)
11. Berg C., Dengler J., Abdank A., Isermann M. (Eds.) *Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung – Textband*. Jena, Weissdorn, 2004. 606 S. (In German)
12. Chytrý M. (Ed.) *Vegetace Ceske republiky. Vol. 4: Lesní a křovinná vegetace*. Praha, Academia, 2013. 552 p. (In Czech)
13. Willner W., Grabherr G., Walder D., Osterreichs G. *Die Wälder und Gebüsche Österreichs: Ein Bestimmungswerk mit Tabellen*. Heidelberg, Spektrum Akad. Verlag, 2007. 608 S. (In German)
14. Mirkin B.M., Naumova L.G. *Sovremennoe sostoyanie osnovnykh kontseptsii nauki o rastitel'nosti* [The Current State of the Basic Concepts of the Science of Vegetation]. Ufa, Gilem, 2012. 488 p. (In Russian)
15. Barkman J.J., Moravec J., Rauschert S. Code of phytosociological nomenclature. *Vegetatio*, 1986, vol. 67, no. 3, pp. 145–158.
16. Weber H.E., Moravec J., Theurillat J.-P. International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition. *J. Veg. Sci.*, 2000, vol. 11, no. 5, pp. 739–768. doi: 10.2307/3236580.
17. Korotkov K.O., Morozova O.V., Belonovskaja E.A. *The USSR Vegetation Syntaxa Prodromus*. Moscow, Publ. by Dr. Gregory E. Vilchek, 1991. 348 p.
18. Solomeshch A.I. Prodromus and diagnostic species of higher vegetation units of the territory of the former USSR. In: Mirkin B.M., Naumova L.G. (Eds.) *Nauka o rastitel'nosti: istoriya i sovremennoe sostoyanie osnovnykh kontseptsii* [The Science of Vegetation: The History and Current State of the Basic Concepts]. Ufa, Gilem, 1998. pp. 335–406. (In Russian)
19. Ermakov N.B. Prodromus of the higher vegetation units in Russia. In: Mirkin B.M., Naumova L.G. (Eds.) *Sovremennoe sostoyanie osnovnykh kontseptsii nauki o rastitel'nosti* [The Current State of the Basic Concepts of the Science of Vegetation]. Ufa, Gilem, 2012. pp. 377–483. (In Russian)
20. Yamalov S.M., Martynenko V.B., Golub V.B., Baisheva E.Z. *Prodromus rastitel'nykh soobshchestv Respubliki Bashkortostan* [The Prodromus of Plant Communities of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, Gilem, 2004. 64 p. (In Russian)
21. Bekmansurov M.V. The biological diversity of the forest cover of the Mariy Chodra National Park. *Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.* Syktyvkar, 2004. 23 p. (In Russian)
22. Rogova T.V., Mangutova L.A., Lyubina O.E., Farkhutdinova S.S. Classification of the vegetation cover of the Raifa Section of the Volga-Kama Nature Reserve on a landscape ecological basis. *Tr. Volzh.-Kamskogo Gos. Prir. Zapov.*, 2005, no. 6, pp. 213–240. (In Russian)
23. Chytrý M. Thermophilous oak forests in the Czech Republic: Syntaxonomical revision of the *Quercetalia Pubescenti-petraeae*. *Folia Geobot.*, 1997, vol. 32, no. 3, pp. 221–258. doi: 10.1007/BF02804006.

24. Slezák M., Petrášová A. Oak forest vegetation in the northern part of the Stiaivnické vrchy Mts (Central Slovakia). *Hacquetia*, 2010, vol. 9, no. 2, pp. 221–238. doi: 10.2478/v10028-010-0011-1.
25. Stupar V., Dordije M., Jugoslav B., Carni A. Formalized classification and nomenclatural revision of thermophilous deciduous forests (*Quercetalia pubescentis*) of Bosnia and Herzegovina. *Tuexenia*, 2015, vol. 35, no. 1, pp. 85–130. doi: 10.14471/2015.35.016.
26. Baričević D., Ukeli J. Flora of the order *Quercetalia pubescentis* Br.-Bl. (1931) 1932 in the forest vegetation of the Požega hill area (NE Croatia). *Acta Bot. Croat.*, 2006, vol. 65, no. 1, pp. 67–81.
27. Gorchakovskii P.L. *Rasteniya evropeiskikh shirokolistvennykh lesov na vostochnom predele ikh areala* [Plants of European Deciduous Forests on the Eastern Border of Their Habitat]. Sverdlovsk, UFAN SSSR, 1968. 206 p. (In Russian)
28. Korzhinskii S.I. The northern boundary of the chernozem-steppe region of the eastern part of European Russia from phytogeographical and soil perspective. 1. Introduction. Phytogeographical outline on the Kazan Governorate. *Tr. O-va. Estestvoispyt. Imp. Kazan. Univ.*, 1888, vol. 18, no. 5, pp. 1–256. (In Russian)
29. Kleopov Yu.D. *Analiz flory shirokolistvennykh lesov Evropeiskoi chasti SSSR* [Analysis of the Flora of Deciduous Forests of the European Part of the USSR]. Kiev, Naukova Dumka, 1990. 352 p. (In Russian)
30. Markov M.V. Forest and steppe in the Trans-Kama region. *Tr. O-va. Estestvoispyt. Imp. Kazan. Univ.*, 1935, vol. 35, no. 6, pp. 69–179. (In Russian)
31. Napalkov N.V. *Dubravy Severovostochnoi Lesostepi* [Oak Forests of the Northeastern Forest Steppe]. Kazan, Tatgosizdat, 1953. 144 p. (In Russian)
32. Gribova S.A., Isachenko T.I., Lavrenko E.M. *Rastitel'nost' Evropeiskoi chasti SSSR* [Vegetation of the European Part of the USSR]. Leningrad, Nauka, 1980. 236 p. (In Russian)
33. Bakin O.V., Rogova T.V., Sitnikov A.P. *Sosudistye rasteniya Tatarstana* [Vascular Plants of Tatarstan]. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2000. 496 p. (In Russian)
34. Bulokhov A.D., Semenishchenkov Yu.A. Typification and correction of forest syntaxa in the Southern Nonchernozem region of Russia and adjacent areas. *Byull. Bryansk. Otd. RBO*, 2015, vol. 1, no. 5, pp. 26–32. (In Russian)
35. Bulokhov A.D., Semenishchenkov Yu.A. Communities of the Querco-Fagetea class Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937 in the Sudost-Desniansky interfluvial area (Bryansk region). *Rastit. Ross.*, 2008, no. 13, pp. 3–13. (In Russian)
36. Semenishchenkov Yu.A., Poluyanov A.V. Steppified deciduous forests of the alliance *Aceri tatarici-Quercion Zólyomi* 1957 in the Central Russian Upland. *Rastit. Ross.*, 2014, no. 24, pp. 101–123. (In Russian)
37. Semenishchenkov Yu.A., Volkova E.M., Burova O.M. On the new association of the alliance *Aceri tatarici-Quercion Zólyomi* 1957 in the territory of the Kulikovo Field Nature Reserve (Tula region). *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk*, 2013, vol. 15, no. 3, pp. 406–414. (In Russian)
38. Martynenko V.B., Yamalov S.M., Zhigunov O.Yu., Filinov A.A. *Rastitel'nost' gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Shul'gan-Tash"* [Vegetation of the Shulgan-Tash Nature Reserve]. Ufa, Gilem, 2005. 272 p. (In Russian)
39. Martynenko V.B., Shirokikh P.S., Muldashev A.A., Solomeshch A.I. On the new association of steppe oak forests in the Southern Urals. *Rastit. Ross.*, 2008, no. 13, pp. 49–60. (In Russian)
40. Mirkin B.M. *Flora i rastitel'nost' natsional'nogo parka "Bashkiriya" (sintaksonomiya, antropogennaya dinamika, ekologicheskoe zonirovaniye)* [Flora and Vegetation of the Bashkiriya National Park (Syntaxonomy, Anthropogenic Dynamics, Ecological Zoning)]. Ufa, Gilem, 2010. 512 p. (In Russian)
41. Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chýtry M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F.J.A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J.H.J., Lysenko T., Didukh Y.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M., Tichý L. Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen and algal communities. *Appl. Veg. Sci.*, 2016, vol. 19, no. S1, pp. 3–783. doi: 10.1111/avsc.12257.

42. Dengler J., Jansen F., Glöckler F., Peet R.K., De Cáceres M., Chytrý M., Ewald J., Oldeland J., Lopez-Gonzalez G., Finckh M., Mucina L., Rodwell J.S., Schaminée J.H.J., Spencer N. The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): A new resource for vegetation science. *J. Veg. Sci.*, 2011, vol. 22, no. 4, pp. 582–597. doi: 10.1111/j.1654-1103.2011.01265.x.
43. Chytrý M., Hennekens S. M., Jiménez-Alfaro B., Knollová I., Dengler J., Jansen F., Landucci F., Schaminée J.H.J., Acíc S., Agrillo E., Ambarlı D., Angelini P., Apostolova I., Attorre F., Berg C., Bergmeier E., Biurrun I., Botta-Dukát Z., Brisse H., Campos J.A., Carlón L., Čarni A. et al. European Vegetation Archive (EVA): An integrated database of European vegetation plots. *Appl. Veg. Sci.*, 2016, vol. 19, no. 1, pp. 173–180. doi: 10.1111/avsc.12191.
44. Tichý L. JUICE. Software for vegetation classification. *J. Veg. Sci.*, 2002, vol. 13, pp. 451–453. doi: 10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x
45. Roleček J., Tichý L., Zelený D., Chytrý M. Modified TWINSpan classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. *J. Veg. Sci.*, 2009, vol. 20, no. 4, pp. 596–602. doi: 10.1111/j.1654-1103.2009.01062.x.
46. Tichý L., Chytrý M., Botta-Dukát Z. Semi-supervised classification of vegetation: Preserving the good old units and searching for new ones. *J. Veg. Sci.*, 2014, vol. 25, no. 6, pp. 1504–1512. doi: 10.1111/jvs.12193.

Для цитирования: Кожевникова М.В., Прохоров В.Е., Рогова Т.В. Сообщества ксеро-мезофитных широколиственных лесов Республики Татарстан в иерархии синтаксонов системы Браун-Бланке // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2018. – Т. 160, кн. 3. – С. 445–458.

For citation: Kozhevnikova M.V., Prokhorov V.E., Rogova T.V. Xeromesophytic broad-leaved forest communities of the Republic of Tatarstan in the hierarchy of syntaxa within the Braun-Blanquet system. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2018, vol. 160, no. 3, pp. 445–458. (In Russian)