

Московская гимназия на Юго-Западе № 1543

Кафедра биологии

Промежуточные итоги сеточного картирования  
флоры сосудистых растений Удомельского района  
Тверской области

отчет о научно-исследовательской работе

Секретова Е. (9Б)

Научные руководители:

к. б. н. Волкова П. А.

Абрамова Л. А.

Москва

2015

# Введение

Изучение видового разнообразия живых организмов на какой-то определенной территории до сих пор остается одним из наиболее востребованных направлений в биологии, так как видовой состав территории непостоянен. Сосудистые растения – доступный и массовый объект для исследований видового разнообразия, поэтому флористы обладают большим объемом информации для анализа. Флора сосудистых растений в различных частях планеты изучена неравномерно, поэтому флористические исследования остаются востребованными (Серегин, 2014).

Ученые ведут исследования флоры высших растений Тверской области более 200 лет, но необходимо продолжать флористические описания, потому что флора северных районов Тверской области (в том числе Удомельского) до сих пор остается плохо изученной из-за значительных размеров и сложного ландшафта исследуемой территории (Нотов, 2005).

Одним из наиболее удобных и перспективных способов изучения флоры является сеточное картирование. Этот метод заключается в разделении исследуемой территории на равные квадраты и составлении флористического списка отдельно для каждого квадрата. Такой метод изучения флоры удобен тем, что позволяет объективно охарактеризовать распространение и частоту встречаемости видов на территории (Серегин, 2014).

Картирование флоры Удомельского района ведется с 2007 года (Абрамова и др., 2011). Мы разделили Удомельский район на 105 квадратов, каждый из которых имеет площадь 25 км<sup>2</sup>. За все годы исследований сеточного картирования флоры Удомельского района были обнаружены следующие закономерности (Тихомиров, Григорьян, 2014):

1. На видовое богатство квадрата положительно влияет наличие озера и железной дороги.
2. Флора хозяйственно освоенных (условно названных “обжитыми”) квадратов заметно обогащается счет инвазивных видов растений, такие квадраты характеризуются большой относительной площадью (>50%) полей и/или наличием реки с выраженной долиной. Флора неосвоенных квадратов (“неосвоенных”) богата видами, характерными для болот и лесов, квадраты группы характеризуются малой относительной площадью полей (<50%).
3. Число натурализовавшихся инвазивных видов, указанных в “Черной книге” (Виноградова и др., 2011) в квадрате положительно зависит от общего числа видов, а также от доли полей и лугов в квадрате.
4. Число видов из Красной книги Тверской области (Нотов, 2005) не зависит от общего числа видов в квадрате, существует лишь слабая отрицательная зависимость между полей и лугов в квадрате и числом видов из Красной книги.

Мы решили проверить универсальность обнаруженных закономерностей и выявить новые факторы, обуславливающие флористическое своеобразие территории.

## Цель и задачи

**Цель** изучить флору Удомельского района Тверской области методом сеточного картирования.

## Задачи

- 1) Гербаризировать все встреченные редкие или ранее не встречавшиеся в Удомельском районе Тверской области виды.
- 2) Составить флористический список отдельно для каждого квадрата.
- 3) Исследовать закономерности распространения видов, в том числе редких (из Красной книги Тверской области) и инвазивных (из Черной книги Тверской области).
- 4) Сравнить флористический состав квадратов и выяснить, с чем связано различие их флор.
- 5) выяснить, как влияют на флору квадратов основные характеристики почвы (трофность, кислотность и влажность) и число людей.

## Материалы и методы

Мы проводили работу с 23 июня по 5 июля 2014 года, мы описали флору 13 квадратов (прил. 1).

Каждый день мы описывали флору одного квадрата, запись и контроль маршрута производили при помощи GPS-навигатора, маршрут планировали заранее, стараясь построить его таким образом, чтобы посетить все возможные биотопы в данном квадрате, наш каждодневный путь составлял в среднем около 15 км (длина флористического маршрута колебалась от 9 до 22 км). Все встреченные нами виды растений мы фиксировали во время пути во флористическом списке (таким образом, для каждого квадрата мы получали список сосудистых растений). Редкие для района или области, ранее не встречавшиеся или трудноопределимые виды мы гербаризировали.

Для каждого квадрата мы посчитали среднее значение показателей шкалы Элленберга (трофность, кислотность, влажность почвы) по всем видам растений, для которых имеется информация<sup>1</sup>. Значения шкалы Элленберга указывают на экологические предпочтения видов (то есть, в таблицах Элленберга указаны такие значения для характеристики почвы (трофности, кислотности, влажности), которые наиболее характерны для каждого вида: Lawesson et al., 2003). В результате получили некоторое представление о почве каждого квадрата по этим трем характеристикам (Серегин, 2014). Средние значения шкалы Элленберга для видов растений позволяют дать адекватную характеристику окружающей

---

<sup>1</sup> Из 774 видов сосудистых растений отмеченных нами в Удомельском районе в таблицах Элленберга содержится информация лишь о 452 видах (58%), но это не оказывает воздействия на усреднение данных.

среды, выявлять изменения во флоре под воздействием деятельности человека, поэтому их разумно применять (Diekmann et al., 2008; Серегин, 2014).

Для каждого квадрата мы посчитали общее число видов и число людей, проживающих в нем (Виноградов, Архангельский, 1999).

Мы классифицировали квадраты по флористическому составу. Классифицировали квадраты по совокупности абиотических характеристик (трофность, кислотность, влажность почвы и относительная площадь полей) и численности населения<sup>2</sup> методом кластерного анализа и анализа главных компонент.

Статистическую значимость различий параметров в парах выборок проверяли при помощи теста Вилкоксона, статистическую значимость связей вычисляли при помощи корреляционных тестов Пирсона и Спирмена. При получении результатов статистических тестов строили диаграммы рассеяния, визуализирующие результаты некоторых тестов.

Приуроченность вида к кластеру оценивали при помощи показателя *IndVal*. *IndVal* рассчитывают как произведение меры специфичности и меры верности данного вида для данного кластера. В качестве меры специфичности служит отношение доли квадратов с данным видом в этом кластере к сумме долей квадратов с данным видом во всех кластерах. Мера специфичности – это доля квадратов с данным видом в данном кластере. (Серегин, 2014).

Статистические тесты, построение диаграмм и вычисления производили в статистической программе R 3.1.1 (R Development Core Team, 2014).

## Результаты

### Видовое богатство

За 7 лет картирования флоры Удомельского района было описано 84 квадрата (прил. 1). За это время мы обнаружили 774 вида сосудистых растений. В ходе исследований флоры Удомельского района в 2014 году мы отметили 10 видов сосудистых растений, ранее не выявленных в процессе наших флористических описаний. Ниже процитированы этикетки для этих растений и дана информация о встречаемости, взятая из работ А.А. Нотова по флоре Тверской области (Нотов, 2005; Нотов, 2009), информация о степени натурализации взята также из работ Нотова (Нотов, 2009). Сокращения: кв. – квадрат; Л. А. – Людмила Андреевна Абрамова; П. В. – Полина Андреевна Волкова; Н. Т. – Никита Тихомиров; Н. Р. – Наталия Михайловна Решетникова; Е. С. – Елизавета Секретова; И. Ш. – Иван Алексеевич Шанцер. ЭФ – эфемерофиты и эфемероидофиты (удерживаются в местах заноса в течение времени, не превышающего продолжительность их онтогенеза), КФ –

<sup>2</sup> Численность населения биотически факторно, так как при классификации квадратов все остальные используемые факторы были абиотическими, то далее в работе (для удобства) мы будем говорить о классификации по совокупности абиотических характеристикам, пренебрегая тем, что численность населения к ним не относится.

колонофиты (удерживаются в местах заноса продолжительное время, но не распространяются), ЭП – эпекофиты (распространяются на антропогенно нарушенных местообитаниях), АГ – агриофиты (успешно внедряются в природные сообщества).

### **Новые для Удомельского района виды**

*Astragalus cicer* L.: 2 км к востоку от поселка Еремково, насыпь железной дороги, N 57.86240° E 35.30736°, кв. Е6-б, 28.VI.2014, Л. А., П. В., Н. Т. - Flora Europaea 36VXK1.

Ранее отмечен в Калининском, Торжокском, Вышневолоцком и Спировском районах. КФ.

*Crataegus rhipidophylla* Gand.: восточная окраина дер. Ивашево, обочина грунтовой дороги, N 58.17106° E 34.7274°, кв. А3-в, 26.VI.2014, Л. А., П. В., Н. Т. - Flora Europaea 36VXK1. Отмечен в Калининском, Конаковском и Торопецком районах. ЭФ.

*Falcaria vulgaris* Bernh.: 1 км к востоку от поселка Еремково, насыпь железной дороги, N 57.86122° E 35.28911°, кв. Е6-б, 28.VI.2014, Л. А., П. В., Н. Т. - Flora Europaea 36VXK2. Ранее отмечен только в Калининском районе Тверской области. КФ.

*Thymus oblongifolius* Opiz. (*Th. serpyllum* × *Th. pulegeoides*): 2 км к западу от дер. Крапивно, песчаная дорога в сосняке на возвышенности, N 58.18485° E 34.71321°, кв. А3-в, 26.VI.2014, Л. А., П. В., Н. Т., опр.: Н.Р. - Flora Europaea 36VXK1. Отмечен только в Ржевском районе.

### **Новые для нашего списка виды**

*Chaenorrhinum minus* L.: 1 км к востоку от поселка Еремково, насыпь железной дороги, N 57.86122° E 35.28911°, кв. Е6-б, 28.VI.2014, Л. А., П. В., Н. Т. - Flora Europaea 36VXK2. Отмечен во всех районах Тверской области. ЭФ-ЭП.

*Rosa majorugosa* Palmen et Hamet-Ahti (*R. rugosa* × *R. majalis*): 1 км к востоко-юго-востоку от дер. Ивашево, песчаная возвышенность на опушке сосняка, N 58.16578° E 34.72921°, кв. А3-в, 26.VI.2014, Л. А., П. А., Н. Т., опр.: И. Ш. - Flora Europaea 36VXK1. Вид отмечен в Удомельском и Западнодвинском районах. КФ.

*Parnassia palustris* L.: 1 км к северо-западу от дер. Голубково, торфоразработки, берег канавы, N 57.88961° E 35.29993°, кв. Д6-г, 04.VII.2014, Л. А., П. В., Н. Т., Е. С. - Flora Europaea 36VXK2. Отмечен во всех районах Тверской области

*Populus alba* L.: восточная окраина дер. Крапивно, у заброшенного дома, N 58.18499° E 34.74102°, кв. А3-в, 26.VI.2014, Л. А., П. В., Н. Т. - Flora Europaea 36VXK1. Отмечен во всех районах Тверской области. КФ.

*Saponaria officinalis* L.: 1 км к юго-юго-востоку от дер. Ивашево, возвышенность на окраине сосняка, N 58.16587° E 34.7294°, кв. А3-в, 26.VI.2014, Л. А., П. В., Н. Т. - Flora Europaea 36VXK1. Отмечен во всех районах Тверской области. АГ-АП.

*Veronica spicata* L.: 1 км к юго-востоку от дер. Ивашево, холм на опушке сосняка, N 58.116238° E 34.7314°, кв. А3-в, 22.06.2014, Л. А., П. В. - Flora Europaea 36VXK1.

Отмечен во всех районах Тверской области.

## **Абиотические характеристики**

### **1) Характеристика почвы**

Содержание азота в почве варьировало от 4 до 5 баллов по шкале Элленберга. Значения для кислотности почвы в квадратах соответствовало 5-6 баллам. Для влажности значения по шкале колебались от 6 до 7 (Lawesson et al., 2003; прил. 2).

Существует статистически значимая отрицательная связь между содержанием азота и влажностью почвы (тест Пирсона,  $p=0.002$ ,  $R=-0.3$ ); положительная – между степенью трофности почвы и степенью кислотности (тест Пирсона,  $p=2.2 \times 10^{-16}$ ,  $R=0.8$ ).

Число видов в квадрате положительно зависит от степени трофности и кислотности почвы (тест Пирсона: для трофности почвы:  $p=0.0002$ ,  $R=0.4$ ; для кислотности почвы:  $p=2.978 \times 10^{-07}$ ,  $R=0.5$ ) и отрицательно зависит от влажности почвы (тест Пирсона  $p=0.0133$ ,  $R=-0.2$ ).

### **2) Численность населения**

Число людей в одном квадрате варьировало от нуля до тысячи. От численности населения положительно зависят: число видов в квадрате; трофность почвы, относительная площадь полей в квадрате (тест Спирмена: для числа видов в квадрате:  $p=2.095 \times 10^{-07}$ ,  $R=0.5$ , рис. 5; для трофности почвы:  $p=4,354 \times 10^{-06}$ ,  $R=0.4$ , рис. 2; для относительной площади полей в квадрате:  $p=1.7 \times 10^{-0.8}$ ,  $R=0.5$ ).

Диаграмма рассеяния (рис. 1) показывает зависимость числа видов от числа людей в квадрате. Можно заметить, что довольно часто встречаются квадраты, в которых вообще не проживают люди и число видов в этих квадратах бывает совершенно разное (встречаются квадраты и с богатой флорой, и с бедной), но в квадратах, в которых проживает большое число людей (от 500 до 1000 человек), никогда не бывает бедной флоры.

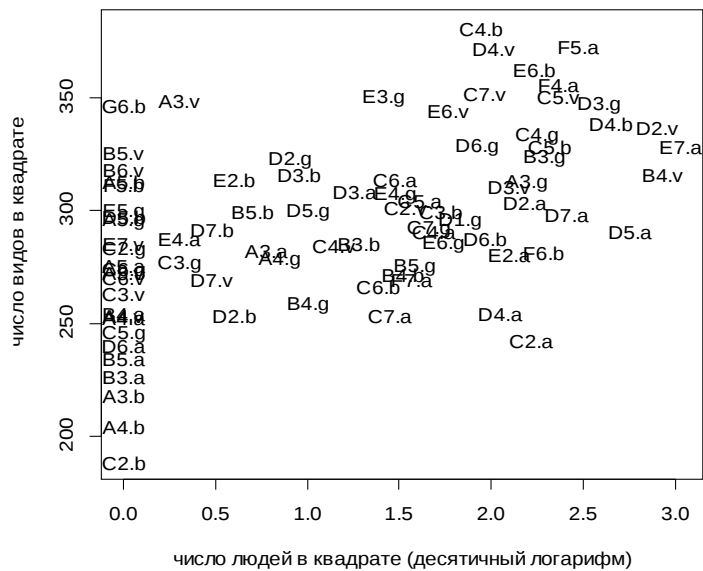


Рис. 1. Зависимость числа видов, отмеченных в квадрате, от числа людей, проживающих в квадрате

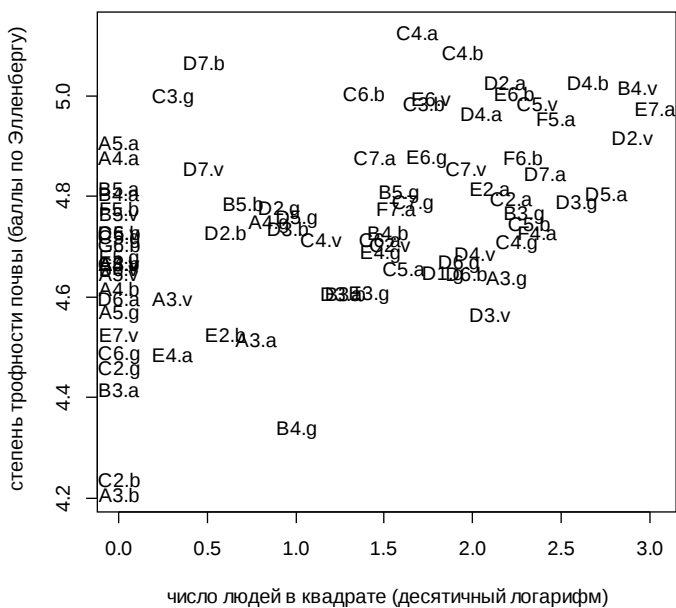


Рис. 2. Зависимость трофности почвы от числа проживающих в квадрате людей

## **Классификация квадратов по совокупности абиотических характеристик**

Кластерный анализ исследованных квадратов позволил разделить их на две группы по совокупности абиотических характеристик (а именно, влажность, кислотность, трофность почвы; численность населения, относительная площадь полей в квадрате) (рис. 4). Это же разделение (хотя и не так четко выраженное) сохранилось и при анализе главных компонент (рис. 3). Анализ показал, что квадраты одной (назовем ее эвтрофной) группы характеризуются высокой трофностью почвы и кислотностью, большой численностью населения и относительной площадью полей. Квадраты “олиготрофной” группы

характеризуются низкой трофностью/ кислотностью, низкой численностью населения и малой относительной площадью полей. Квадраты, относящиеся к эвтрофной группе, имеют в среднем более богатую флору ( $313 \pm 37$  видов, среднее  $\pm$  стандартное отклонение), чем квадраты олиготрофной группы ( $287 \pm 37$  видов).

По данным показателя *IndVal* для олиготрофной группы характерны (в отличие эвтрофной) следующие виды: *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*, *Carex lasiocarpa*, *Lycopodium annotinum*, *Andromeda polifolia*, *Eriophorum vaginatum*. Для эвтрофной же группы характерны виды: *Thlaspi arvense*, *Medicago lupulina*, *Capsella bursa-pastoris*, *Phalaroides arundinacea*, *Viola arvensis*, *Salix fragilis*, *Melilotus albus*.

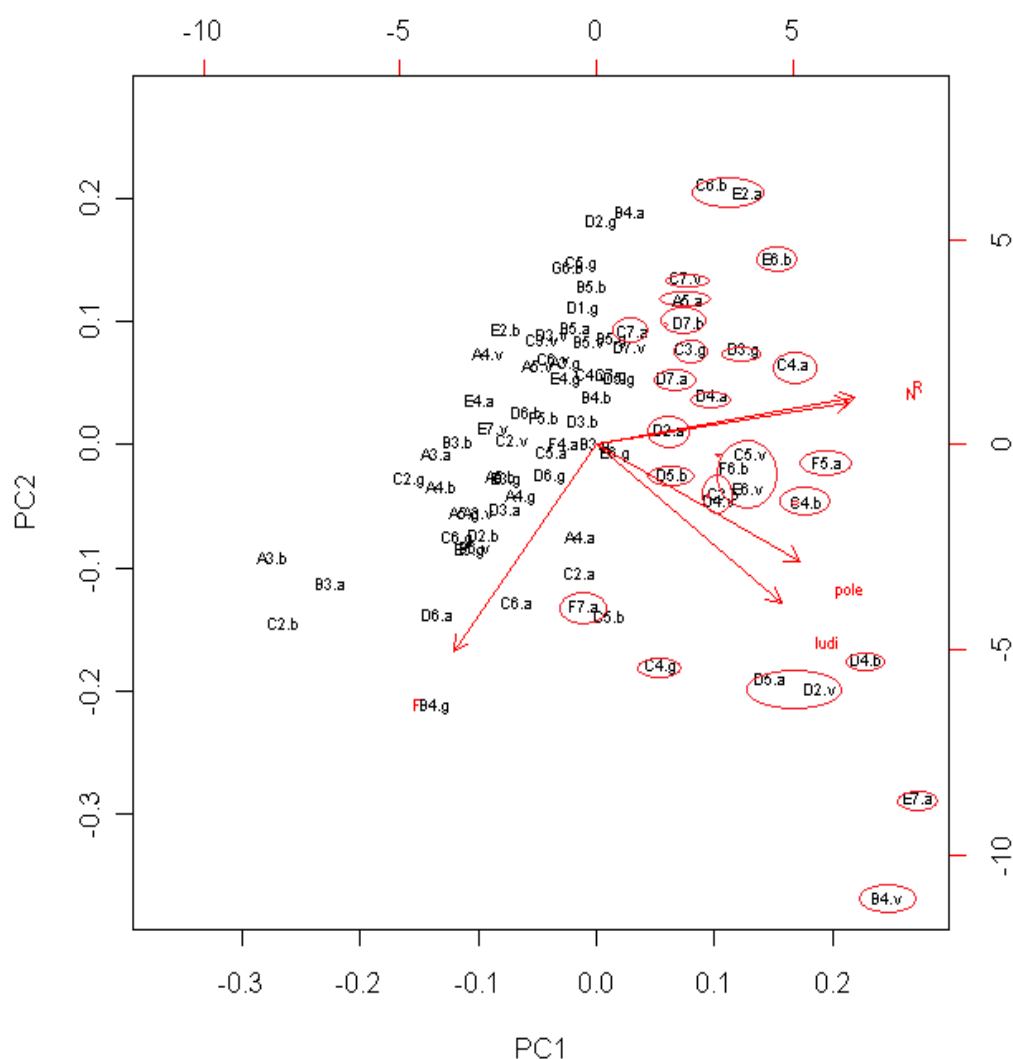


Рис. 3

Классификация квадратов по совокупности абиотических характеристик методом анализа главных компонент

Примечания: квадраты, обведенные красным кругом, относятся к “эвтрофной группе” на дендрограмме (рис. 4), все оставшиеся квадраты относятся к “олиготрофной группе”.



легенда: F – влажность почвы, N- содержание азота в почве, R- кислотность почвы, ludi – число людей в квадрате, роле – относительная площадь полей в квадрате



Рис. 4. Классификация квадратов методом кластерного анализа по совокупности абиотических характеристик

## Виды из Черной и Красной книг

За все время изучения Удомельского района обнаружено 38 видов, числящихся в Красной книге Тверской области, среди которых один найден впервые в этом году (*Veronica spicata*) и 52 вида из Черной книги Тверской области. Самое большое число видов из Красной книги (Нотов, 2005) имеют статус видов с сокращающейся численностью (прил. 5).

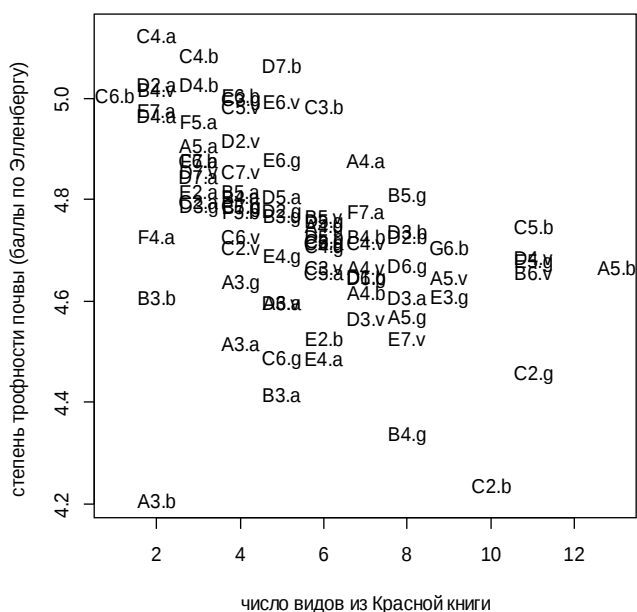


Рис. 5. Зависимость числа видов из Красной книги от трофности почвы

Число видов из Красной книги, отмеченных в квадрате, отрицательно зависит от трофности почвы и от численности населения (тест Пирсона, для трофности почвы:  $p=3.68 \times 10^{-06}$ ,  $R=-0.3$ , для численности населения:  $p=0.001$ ,  $R=-0.3$ ).

Число видов из Черной книги, отмеченных в квадрате, положительно зависит от численности населения и относительной площади полей в квадрате (для численности населения:  $p=2.209 \times 10^{-11}$ ,  $R=0.6$ , рис. 6; для относительной площади полей:  $p=1.46 \times 10^{-08}$ ,  $R=0.5$ ).

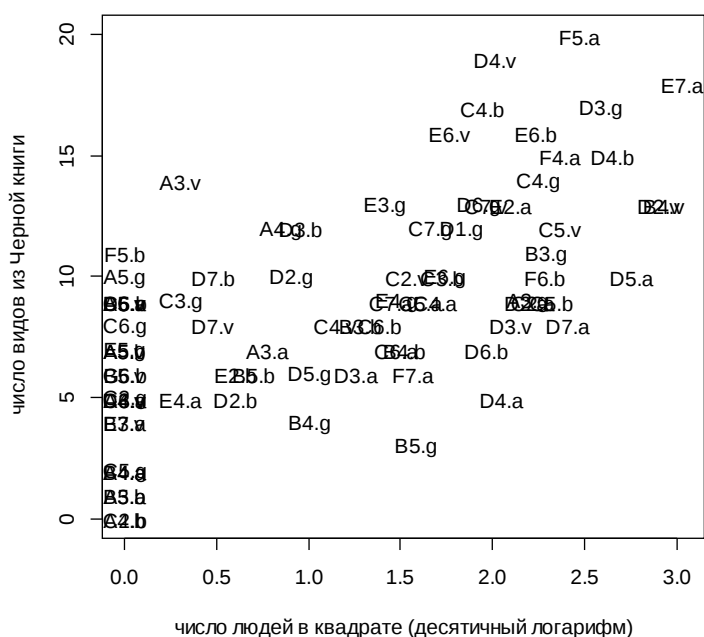


Рис. 6. Зависимость числа видов из Черной книги от числа людей в квадрате

### **Зависимость числа отмеченных в квадрате видов от протяженности флористического маршрута**

Число видов, отмеченных в квадрате, не зависит статистически значимо от протяженности флористического маршрута (тест Спирмена:  $p=0.8$  для квадратов из группы “обжитых”,  $p=0.9$ , для квадратов из группы “необжитых”, рис. 7).

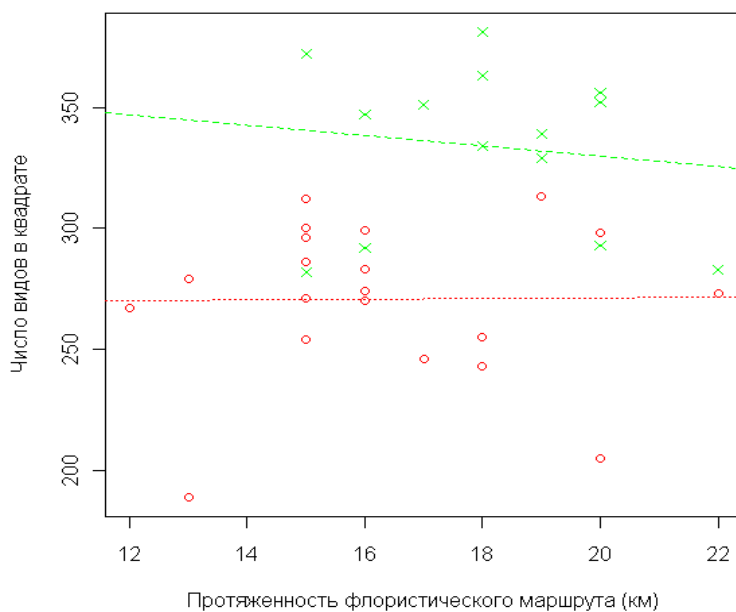


Рис. 7. Зависимость числа отмеченных в квадрате видов от протяженности пути, проделанного во время флористического описания квадрата. Легенда: ‘х’-квадраты, относящиеся к “обжитым”, о - квадраты, относящиеся к “необжитым”

Примечание: использованы данные о протяженности флористического маршрута только для маршрутов с точно установленным километражом

## Обсуждение

### Видовое богатство квадратов

Подавляющее большинство видов, которые мы отметили впервые в Удомельском районе – адвентивные (Нотов, 2009). Этот факт можно подтвердить их местом обнаружения (в вышепротитированных этикетках указаны места нахождения данных видов: в основном, это нарушенные, трансформированные или обжитые местообитания). Интересно, что все наши флористические находки сделаны в одном из трех квадратов (А3-в, Е6-б, Д6-г). По карте (прил. 1) видно, что в этих квадратах есть много деревьев, имеется железная дорога (в квадрате Д6-г), в квадрате А3-в протекает одна из крупнейших рек Удомельского района – Съежа, также, три этих квадрата имеют очень разнообразную флору (по сравнению с другими квадратами, которые были исследованы в этом году). Из перечисленных выше фактов становится понятно, почему именно в данных квадратах локализованы виды новые для Удомельского района.

Из видов, новых для нашего списка к адвентивным (Нотов, 2009) относятся все, кроме *Parnassia palustris* и *Veronica spicata*. *Parnassia palustris* обнаружена на торфоразработках, в местообитании, которое мы описывали впервые за 7 лет. По-видимому, именно из-за этого *Parnassia palustris* в нашем исследовании встречен впервые. *Veronica spicata* –

уязвимый вид с сокращающейся численностью (Нотов, 2005; прил. 5), вероятно, из-за своей небольшой численности *Veronica spicata* выявлена только в 2014 году.

## **Абиотические характеристики**

Поскольку в нашем исследовании значение характеристик почвы в квадратах колебалось в пределах одного балла по шкале Элленберга, анализ квадратов, выделяющихся на фоне остальных на диаграммах, был бы нецелесообразен. Так, на наших диаграммах (прил. 3) видно, что зависимость числа видов от трофности почвы линейная, однако, диаграмма рассеяния, отражающая зависимость числа видов от экологических факторов, получившаяся у М. Diekman с коллегами (Diekmann et al., 2008), имела вид параболы, ветви которой смотрят вниз (наибольшее число видов находится на территории со средними показателями экологических факторов). Эти авторы объясняют свой результат тем, что промежуточные показатели экологических факторов возникли в результате усреднения значений экологической шкалы, характерных для видов с разной экологической приуроченностью; то есть промежуточные показатели характеризуют квадраты с наиболее разнообразными условиями. Мы не отмечали таких высоких значений экологических факторов, как Diekman с коллегами, поэтому на наших диаграммах представлена только восходящая ветвь параболы.

Характеристики почвы (трофность и кислотность), численность населения, а также доля полей в квадрате – взаимосвязанные характеристики (это было показано выше), поэтому служат общим показателем антропогенной нагрузки на территорию.

В целом, классификации квадратов по совокупности абиотических характеристик и по флористическому составу совпадают, но не абсолютно. Есть квадраты (D5-б, F7-а, A5-а, C7-а, C6-б, D4-а, C3-г), относящиеся по совокупности абиотических характеристик к “эвтрофной” группе, но по флористическому составу к “необжитым”. Данные квадраты освоены человеком (в этом можно убедиться, анализируя топографическую карту: прил. 1), для них характерны виды, приуроченные к “обжитым” квадратам, но видовой состав их относительно беден. Видимо, данные квадраты относятся к “необжитой” группе, только благодаря их неразнообразной флоре. Отсюда можно сделать вывод, что классификация по совокупности абиотических характеристик позволяет наиболее адекватно охарактеризовать степень антропогенной трансформированности квадрата. Кроме того, есть квадраты из “обжитой” группы (E4-а, A3-г, B3-г, F4-а, D2-г, D1-г, G6-б, E6-г и пр.), в которых малая относительная площадь полей, и по карте (прил. 1) не видно явной деятельности человека (нет жилых деревней, железных дорог и т. д.), в них отмечено мало видов – все это является признаками “олиготрофной” группы. Но в таких квадратах мы отмечали все характерные для “обжитой” группы виды. Может быть, связано это с тем, что в данных квадратах встречаются местообитания, которые характерны для рудеральных видов, но эти местообитания не указаны на карте.

Виды, характерные для квадратов из олиготрофной группы, растут, в основном, на болотах и в лесах – то есть, в ненарушенных местообитаниях. Довольно логично, что данные виды характерны для квадратов олиготрофной группы, так как на них оказывается небольшое антропогенное воздействие. Виды, характерные для эвтрофной группы,

напротив, предпочитают сорные, трансформированные местообитания (такие как обочины дорог), в квадратах из эвтрофной группы часто встречаются сорные и антропогенно трансформированные местообитания.

## **Виды из Красной и Черной книг**

Отрицательная связь между числом видов из Красной книги и трофностью почвы, может объясняться тем, что трофность почвы – это один из показателей антропогенной нагрузки на территорию, а виды из Красной книги в основном произрастают в естественных местообитаниях, следовательно, они будут расти не на богатых азотом почвах.

На диаграмме, отражающей число видов из Красной книги в квадратах (прил. 4), видно, что есть несколько групп квадратов, расположенных рядом (это можно увидеть на карте, прил. 1) – мы обсудим одну из них, включающую квадраты С2-а, D2-в, D2-а, С2-б, С2-г, D2-б, С2-г, D3-а, С2-в. Несмотря на то, что эти квадраты расположены рядом, в части квадратов найдено мало видов из Красной книги (С2-а, D2-в, D2-а), а в оставшихся квадратах много (С2-б, С2-г, D2-б, С2-г, D3-а, С2-в). Данное различие можно объяснить степенью освоенности человеком данных квадратов. Так, в квадратах С2-в и D2-а отмечено мало видов из Красной книги, и они относятся к группе “обжитых” квадратов (это подтверждает найденную нами отрицательную зависимость числа видов из Красной книги от плотности населения квадрата). Квадраты, в которых отмечено много видов из Красной книги, все до единого относятся к группе “необжитых” (этот факт подтверждает найденную отрицательную зависимость числа видов Красной книги от степени “обжитости” квадрата).

Число видов из Черной книги положительно зависит от всех показателей антропогенной трансформированности (от трофности почвы, относительной доли полей, численности населения). Этот факт довольно легко объясняется, так как виды из Черной книги произрастают в нарушенных, трансформированных местах.

## **Зависимость числа отмеченных видов от протяженности флористического маршрута**

Качество флористического описания местности зависит от ряда факторов, в частности от длины флористического маршрута (Rich, 1998). Однако число отмеченных нами в квадрате видов никак не зависит протяженности флористического маршрута. Можно сделать вывод о том, что для описываемой территории определенной площади есть оптимальный километраж. По-видимому, во время описания квадратов Удомельского района мы укладываемся в это значение (то есть, для квадратов площадью  $25\text{ км}^2$  даже самый короткий наш флористический маршрут позволяет адекватно охарактеризовать флору данного квадрата). По-видимому, связь между качеством флористического маршрута и длиной маршрута выявленная Тимом Ричем (Rich, 1998) объясняется тем, что для выявления флоры используемого им размера пробной площади ( $1\text{ км}^2$ ) наиболее

коротких из проделанных им флористических маршрутов (их длина колебалась от 1 до 6 км) было недостаточно.

Наши результаты говорят о том, что деятельность человека сильно влияет на флору посредством изменения абиотических характеристик (например, обогащение почвы азотом, увеличение доли полей). В основном, это проявляется в сокращении числа редких и исчезающих видов и распространении инвазивных. Таким образом, чтобы снизить экологический риск, важно планировать хозяйственную деятельность так, чтобы абиотические характеристики (доля полей и трофность почвы) не поднимались до значений, при которых редкие виды начнут исчезать, а инвазивные – экспансировать.

Мы сделали вывод о том, что, зная только лишь численность населения квадрата и анализируя карту, можно определить степень антропогенной трансформированности флоры. Надо отметить, что такой прогноз не всегда точен. Яркий пример этого – квадрат Е4-а, относящийся к группе “олиготрофных” (по абиотическим характеристикам), флора которого характеризуется обилием сорных видов. В связи с этим становится очевидно, что полевой этап практически всегда необходим для того, чтобы точно оценить степень антропогенной трансформированности квадрата.

## **Выводы**

- 1) За 7 лет исследования флоры Удомельского района Тверской области мы закартировали 774 вида.
- 2) С помощью трофности и кислотности почвы, доли полей, численности населения можно оценивать силу антропогенной нагрузки на территорию.
- 3) Степень антропогенного воздействия на флору можно охарактеризовать при помощи совокупности таких характеристик как относительная доля полей, содержание азота в почве и численность населения. Флора хозяйственно освоенных территорий, которая подвергается более сильному антропогенному воздействию по сравнению с неосвоенными, обогащается за счет инвазивных видов и бедна аборигенными видами.

## **Благодарности**

Я выражаю искреннюю благодарность Полине Андреевне Волковой и Людмиле Андреевне Абрамовой за научное руководство, Сергею Менделевичу Глаголеву и Екатерине Викторовне Елисеевой за организацию летней биологической практики на биостанции “Озеро Молдино”, а также Никите Тихомирову за помощь во время полевого этапа работы и анализа данных в Москве.

## **Литература**

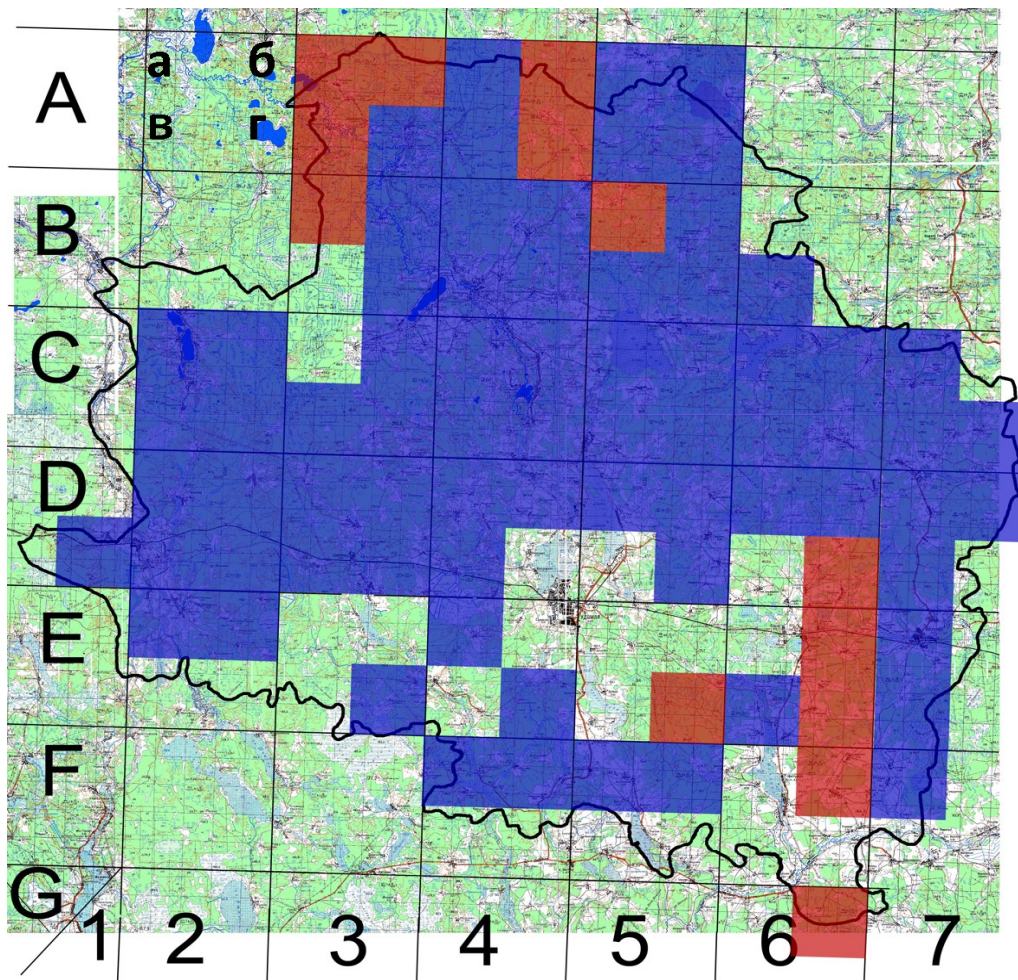
- 1) Абрамова Л.А. и др. Предварительные итоги сеточного картирования флоры Удомельского района Тверской области // Вестник ТвГУ. Серия “Биология и экология”. 2011. Выпуск 24. № 32. С.127-143.
- 2) Виноградов Б.К., Архангельский Н.А. Население // География Удомельского района РИУ Тверского государственного университета, 1999. 240 с.
- 3) Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Нотов А.А. Черная книга флоры Тверской области: чужеродные виды растений в экосистемах Тверского региона. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 292 с.
- 4) Нотов А.А. Материалы к флоре Тверской области. Часть 1. Высшие растения 4-я версия, перераб. и доп. Тверь: ООО “Издательство ГЕРС”, 2005. 214 с.
- 5) Нотов А. А. Адвентивный компонент флоры Тверской области: динамика состава и структуры. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2009. – 473 с.
- 6) Серегин А.П. Пространственная структура флоры Владимирской области. Автореферат диссертации на соискание д. б. н. /МГУ им. Ломоносова. М.,2014.
- 7) Тихомиров Н., Григорьян М. Промежуточные итоги сеточного картирования флоры Удомельского района Тверской области. М., 2014. Режим доступа: [http://www.bioclass.ru/files/konf14/The\\_Squares.doc](http://www.bioclass.ru/files/konf14/The_Squares.doc)
- 8) Diekmann M., Durpe C., Kolb A., Metzger D. Forest vascular plants as indicators of plant species richness: A data analysis of a flora atlas from northwestern Germany // Plant Biosystems. 2008. Vol. 142, № 3. p. 584–593.
- 9) Lawesson J.E., Fosaa A.M., Olsen E. Calibration of Ellenberg indicator values for the Faroe Islands // Applied Vegetation Science 2003. № 6. p.53-62.
- 10) Rich T. Squaring the Circles – bias in distribution maps // British Wildlife. 1998. Vol. 9, №4. P. 213 – 219.

## **Приложения**

### **Прил. 1**

Карта Удомельского района Тверской области, разделенная на квадраты для сеточного картирования.

Заглавными буквами латинского алфавита и цифрами обозначены квадраты 10×10 км, строчными буквами русского алфавита – “рабочие” квадраты 5х5 км. Синим цветом обозначены квадраты, изученные в 2007 – 2013 годах, красным – исследованные в 2014 году.



## Прил. 2

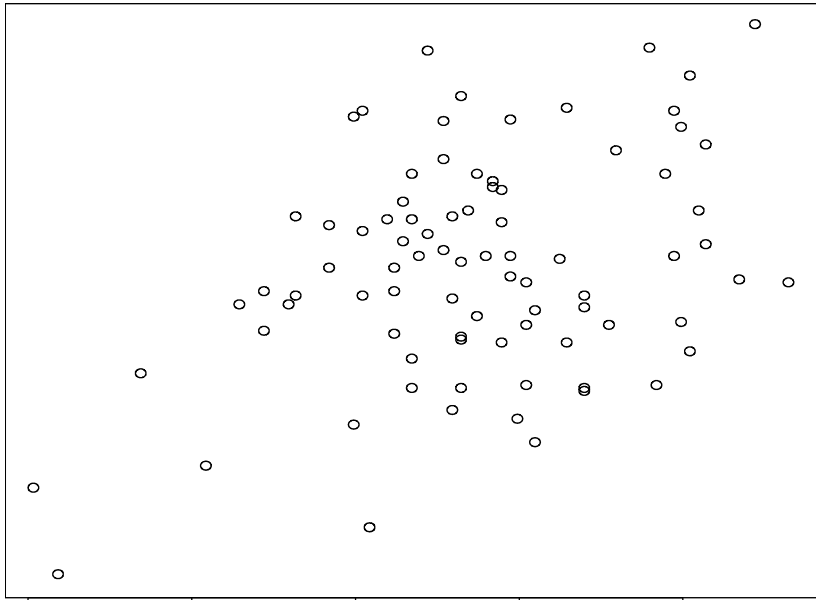
Узловые значения шкалы Элленберга для содержания азота в почве, кислотности почвы и влажности (Lawesson et al., 2003).

Характеристика почвы	Баллы по Элленбергу	Значение балла
трофность почвы	1	Очень неплодородная почва
трофность почвы	3	Более или менее неплодородная почва
трофность почвы	5	Более или менее плодородная почва
трофность почвы	7	Плодородная почва



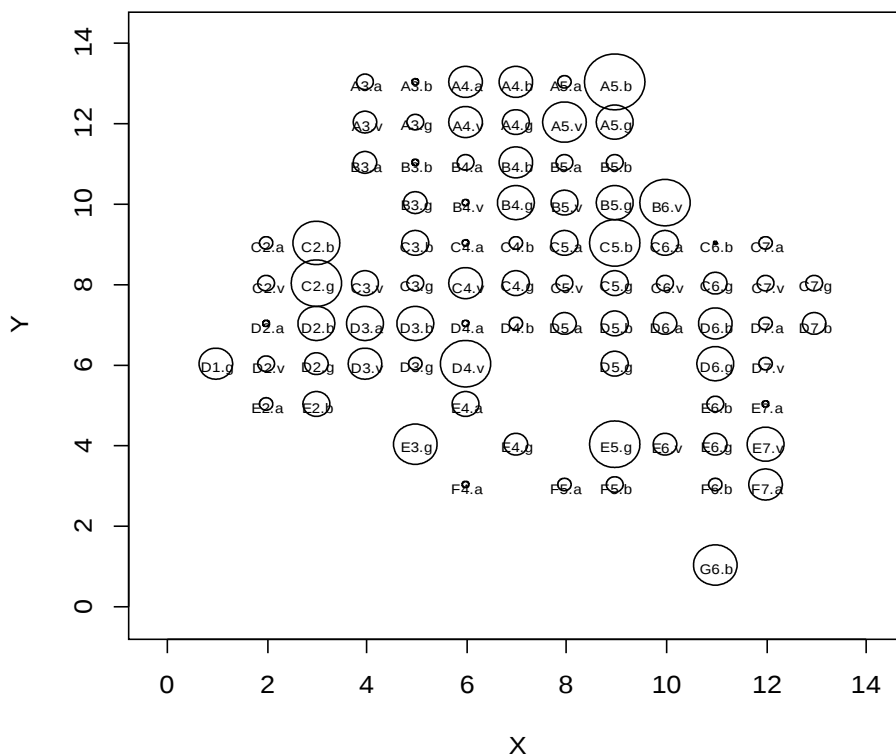
трофность почвы	9	Чрезвычайно плодородная почва
влажность почвы	1	Чрезвычайно сухая почва
влажность почвы	3	Более или менее сухая почва
влажность почвы	5	Более или менее влажная почва
влажность почвы	7	Сырая почва
влажность почвы	9	Чрезвычайно влажная почва
кислотность почвы	1	Чрезвычайно кислотная почва
кислотность почвы	3	Достаточно кислая почва
кислотность почвы	5	умеренно кислая почвы
кислотность почвы	7	основная почва

**Прил. 3** Зависимость числа видов в квадрате от содержания азота в почве



**Прил. 4** Число видов из Красной книги в исследованных квадратах

Примечание: размер круга пропорционален числу видов из Красной книги в данном квадрате



**Прил. 5.** Статусы видов в Черной и Красной книге Тверской области

Черная книга (Виноградова и др., 2011):

1 – “виды-трансформеры”, которые активно внедряются в естественные и полустественные сообщества, изменяют облик экосистем, нарушают сукцессионные связи, выступают в качестве эдификаторов и доминантов, образуя значительные по площади одинаковые заросли, вытесняют и (или) препятствуют возобновлению видов природной флоры;

2 – адвентивные виды, активно расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных, полустественных и естественных местообитаниях;

3 – адвентивные виды, расселяющиеся и натурализующиеся в настоящее время на нарушенных местообитаниях; в ходе дальнейшей натурализации некоторые из них, по-видимому, смогут внедриться в полустественные и естественные сообщества;

4 – потенциально инвазионные виды, способные к возобновлению в местах заноса и проявившие себя в смежных регионах в качестве инвазионных видов.

Красная книга (Нотов, 2005):

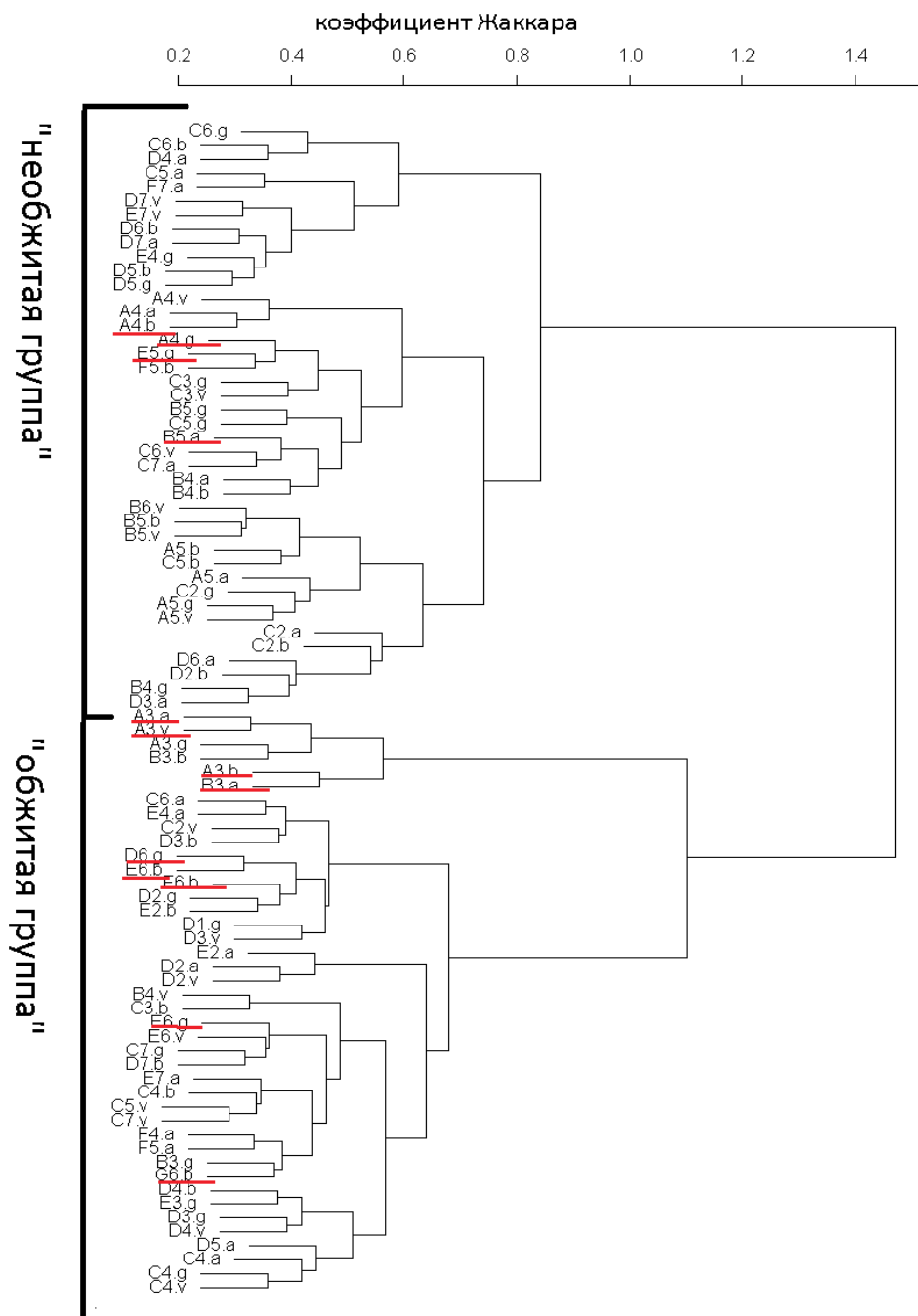
1 – виды, находящиеся под угрозой уничтожения;

2 – уязвимые виды с сокращающейся численностью;

3 – редкие виды;

4 – виды с неопределенным статусом

**Прил. 6.** Классификация квадратов по флористическому сходству.



Подчеркнутые квадраты описаны в 2014 году.

