

Московская школа на Юго-Западе №1543

Кафедра биологии

***Сеточное картирование флоры Нижне-Свирского
заповедника***

Отчет о научно-исследовательской работе

А. Адамович 9 «Б»

Е. Ильиных 9 «Б»

Е. Шепелёв 9 «Б»

Научные руководители:

Л. А. Абрамова

к. б. н. П. А. Волкова

Москва

2018

Введение

Единственный в Ленинградской области Нижне-Свирский заповедник был основан в 1980 году, он находится на её северо-востоке, в северной части Восточно-европейской равнины в пределах Свирской впадины Ладожско-Онежского перешейка (Столярская и др., 2004). Его территория находится между республикой Карелия (на севере), нижним течением реки Свирь (на востоке и юге) и Ладожским озером (на западе).

Рельеф Нижне-Свирского заповедника по большей части равнинный, что является результатом деятельности Валдайского ледника, а также серии глобальных изменений уровня береговой линии Ладожского озера (Столярская и др., 2004). Ввиду такой слабой выраженности рельефа на данной территории из биотопов преобладают болота разного типа питания. Остальная часть территории заповедника покрыта сосновыми лесами (преобладает *Pinus sylvestris*), ельниками (*Picea abies*), в пойме реки Свирь и в притеррасном понижении вдоль Ладожского озера встречаются черноольхово-березовые топи (*Alnus glutinosa*, *Betula sp.*), поверх заброшенных сельскохозяйственных угодий развиваются сероольшаники (*Alnus incana*), в более влажных местах обычны берёза (*Betula pubescens*), осина (*Populus tremula*), ивы.

Нижне-Свирский заповедник несёт на себе много следов человеческого вмешательства, например, заброшенные сельскохозяйственные угодья, дороги, оставшиеся после второй мировой войны окопы, противотанковые рвы, блиндажи, землянки.

Растительность Нижне-Свирского заповедника довольно мозаична, и наиболее разумным и продуктивным методом описания флоры заповедника мы посчитали метод сеточного картирования, заключающийся в разбиении исследуемой площади на условные квадраты и описание флоры каждого из них в отдельности (Серегин, 2006). Исследовательские работы по сеточному картированию флоры Нижне-Свирского заповедника проводятся учениками и учителями московской школы №1543 с июня 2017 года. Нашими предшественниками была заложена основа для изучения флоры заповедника методом сеточного картирования (Зубкова и др., 2018). Также была составлена методика описания квадрата и написан бланк, в котором мы отмечаем встреченные виды растений. Обычно этот метод подразумевает разбиение исследуемой территории на квадраты со сторонами 50 и 10 км. Площадь Нижне-Свирского заповедника невелика и не может вместить много столь больших квадратов, поэтому данную территорию разбили на квадраты с кратной длиной стороны, а именно со стороной 5 км и стороной 1 км (мы называем их квадратиками).

Мы решили проверить, насколько достоверно описанный квадратик характеризует квадрат, и какие факторы влияют на это в большей степени. Мы хотим понять, как описать квадратик таким образом, чтобы отмеченные в нём виды максимально соответствовали видовому составу квадрата.

Также нам хотелось бы узнать, сильно ли зависит описание флоры некоторой территории от человеческого фактора (то есть от банальной внимательности исследователя). Мы хотим понять, насколько сопоставимы результаты, полученные двумя группами.

Цель работы:

Изучить флору Нижне-Свирского заповедника методом сеточного картирования.

Задачи:

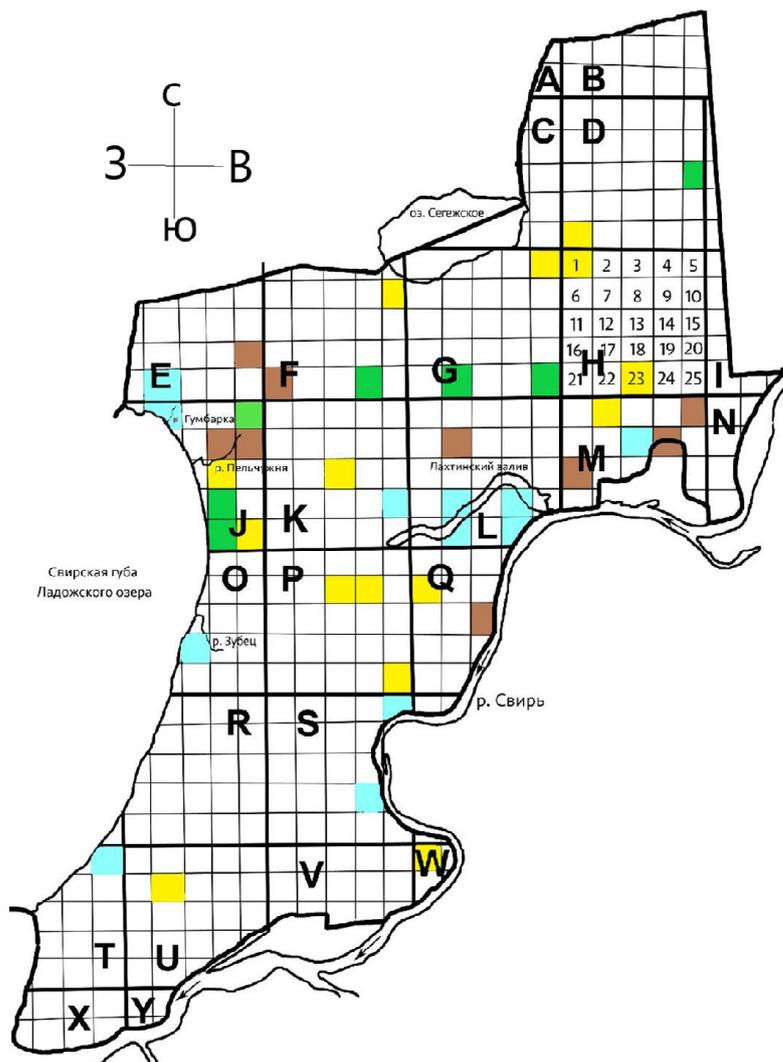
1) Сравнить результаты описания одного квадратика при описании его двумя группами исследователей

- 2) Классифицировать квадратики по видовому составу и охарактеризовать полученные группы.
- 3) Выяснить, сколько квадратов нужно описать, чтобы адекватно охарактеризовать флору всего квадрата.

Материалы и методы

Сбор данных мы производили на территории Нижне-Сви́рского заповедника, находящегося на территории Лодейнопольского района Ленинградской области с 25 июня по 6 июля 2018 года.

Рис. 1. Схема разделения территории Нижне-Сви́рского заповедника на квадраты. Один маленький квадратик имеет сторону 1 км. Разными цветами показаны группы квадратов, попавших в разные группы при классификации по флоре (коричневым цветом показана 2а группа, голубым 2б группа, зеленым 1а, а желтым 1б группа, пояснения в тексте).



Методика описания флоры квадрата заключалась в том, что мы входили в заранее выбранный квадратик со стороной 1 км в рамках большого квадрата и начинали отмечать все встреченные виды растений, если растение вызывало у нас затруднение в определении, то мы его гербаризировали для дальнейшей работы с ним. Мы выбирали квадратик для описания, основываясь на его ландшафтные характеристики и степень соответствия квадрату. Границу квадрата и квадратика мы определяли с помощью GPS-навигатора. Далее мы продолжали свой заранее разработанный маршрут к следующему квадратикам внутри выбранного квадрата. Мы выбирали маленькие квадратика для описания, учитывая их разнообразие биотопов, которое мы могли определить по карте. Мы использовали обычную топографическую карту генштаба, масштаб которой равен 1:100000 (в одном сантиметре один километр). Таким образом, в пределах большого квадрата за день мы могли посетить один-два маленьких (рис. 2). Отдельно

мы отмечали виды, встреченные в квадрате, но вне исследуемых квадратиков. Некоторые квадраты мы описывали несколько раз, добавляя новые квадратики.

Рис. 2 Рабочий однодневный маршрут на примере квадрата D с описанием квадратиков D15 и D21 (маршрут в этих квадратиках показан более толстой линией)



Во время сбора данных мы разделялись на группы для описания одного квадрата, но разных квадратиков, а мы один раз разделились на две группы (первая под руководством Л. Абрамовой, вторая Н. Тихомирова) для описания одного и того же квадратика (F21). Мы сделали это для того, чтобы узнать, насколько хорошо результаты описания (список найденных видов) совпадают у двух групп.

При анализе флористических находок мы использовали такие определители как «Иллюстрированный определитель...» (2006) и «Флора средней полосы европейской части России». При анализе флоры мы разделили квадратик по нескольким параметрам: площадь болота относительно площади квадратика (определяли по карте, соотнося площадь болот в квадратике в площади квадратика на глаз), наличие дороги (учитывались 2 дороги, ведущая от Лодейного поля к Ковкеницам и ведущая от Ковкениц к стационару Гумбарицы) и водный объект (рассматривался любой водный объект). Для построения графиков, таблиц и проведения статистических тестов мы использовали статистическую среду R 3.4.1 (R Development Core Team, 2017).

Результаты

В 2018 году мы описали 30 квадратиков со стороной 1 км в 9 квадратах со стороной 5 км.

Пространственная структура флористического разнообразия

Классификация исследованных квадратиков (за 2017 и 2018 годы) по флоре позволила разделить их на две большие группы, который в свою очередь содержат несколько более мелких подгрупп (рис. 3). В разделении на две большие группы мы можем увидеть некоторую закономерность, например, число видов во 2 группе преобладает над 1 группой (рис. 4) (тест Вилкоксона, $p = 5.46 \times 10^{-7}$). Также площадь занятая верховыми болотами в первой группе превышает площадь во второй (рис. 5) (тест Вилкоксона $p = 0,0003$). Дорог тоже меньше в первой группе, но во второй группе дороги распределяются примерно поровну между двумя подгруппами (табл. 1-4). Также во второй группе большинство квадратиков включают в себя водный объект, что нельзя сказать про первую группу. Можно заметить, что во второй группе в подгруппе «б» больше половины крупных водных объектов (Ладога, Свирь, Лахта, Сегежа). При анализе первой группы нам не удалось увидеть принцип распределения квадратиков по подгруппам.

Проанализировав квадратики двух подгрупп, мы установили следующую закономерность в распределении числа видов от площади верховых болот: если болота занимают большую часть (т.е. более 50 процентов) квадрата, то встреченных видов в нем будет меньше, чем в квадратах без болота или с небольшим болотом (рис. 6) (тест Пирсона $p = 0,0004$).

Рис. 3 Классификация квадратов по флористическому составу (метод сходства Жаккара, объединение квадратов методом Уорда)

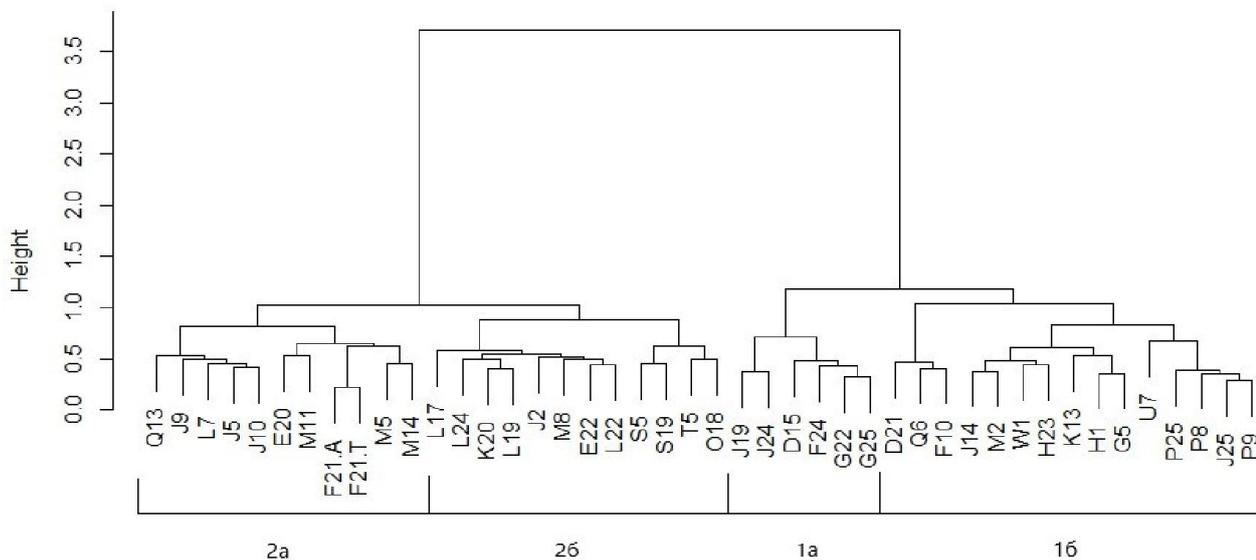


Рис. 4 Число видов в квадратах первой и второй группы (тест Вилкоксона, $p = 5.46 \times 10^{-7}$)

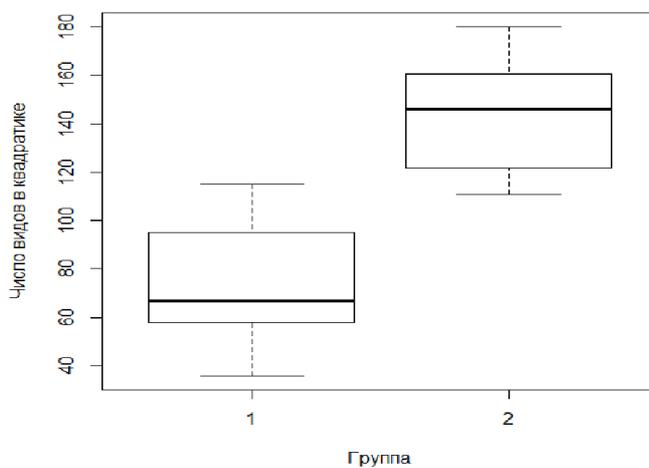


Рис. 5 Относительная площадь верховых болот первой и второй группы (тест Вилкоксона $p = 0,0003$)

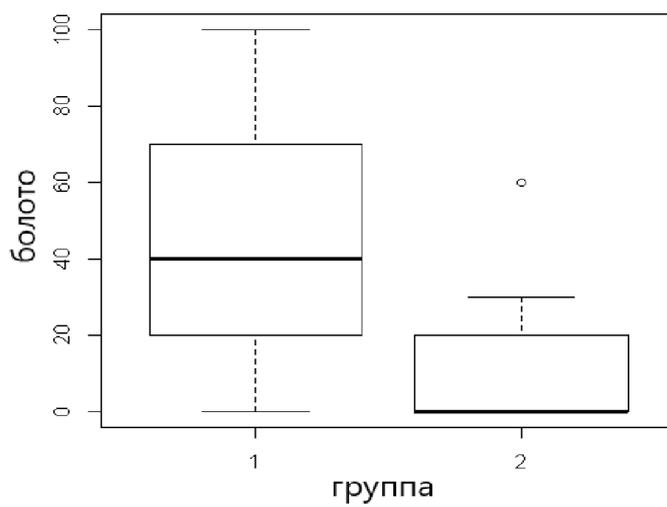


Рис. 6 Связь числа видов растений и площади болота (тест Пирсона $p = 0,0004$)

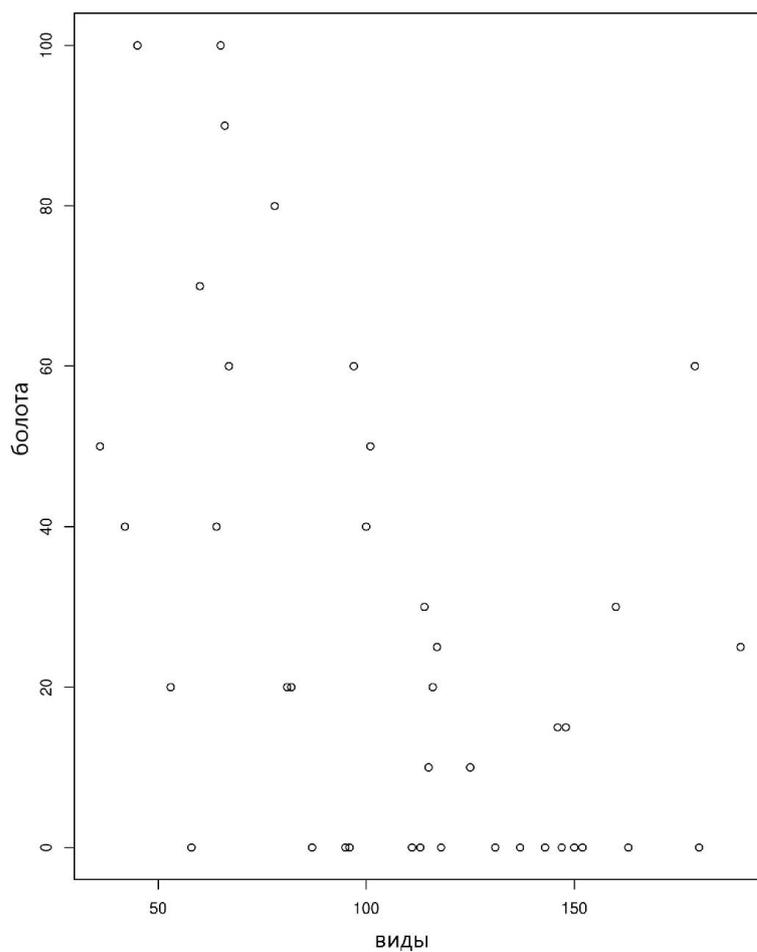


Таблица 1. Квадратики из 2б группы. В таблице в строке «дорога» показано наличие/отсутствие дороги; в строке «болото» – относительная площадь верховых болот в квадратике

	L17	L24	K20	L19	J2	M8	E22	L22	S5	S19	T5	O18
дорога	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
болото	0	0	0	15	0	0	15	0	0	10	60	30
водный объект	Лахта	Свирь	Часовенский	Лахта	Ладога, Гумбарка	Сегежа	Гумбарка	Лахта	Свирь	Свирь	Ладога	Ладога, Зубец
число видов	131	150	152	146	180	163	148	147	118	125	179	160

Таблица 2. Квадратики из 2а группы. В таблице в строке «дорога» показано наличие/отсутствие дороги; в строке «болото» – относительная площадь верховых болот в квадратике

	Q13	J9	L7	J5	J10	E20	M11	F21	M5	M14
дорога	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
болото	0	0	20	0	0	25	30	25	0	0
водный объект	Свирь	Пильчужня	Ваемский	Пильчужня	Пильчужня	И	И	Пильчужня	Сегежа	Сегежа
число видов	137	113	116	111	131	117	114	190	143	163

Таблица 3. Квадратики из 1а группы. В таблице в строке «дорога» показано наличие/отсутствие дороги; в строке «болото» – относительная площадь верховых болот в квадратике

	J19	J24	D15	F24	G22	G25
дорога	-	-	+	-	-	-
болото	60	50	0	0	40	10
водный объект	И	Ладога	Ирвинка	И	Ваемский	И
число видов	97	101	87	96	100	115

Таблица 4. Квадратики из 1б группы. В таблице в строке «дорога» показано наличие/отсутствие дороги; в строке «болото» – относительная площадь верховых болот в квадратике

	D21	Q6	F10	J14	M2	W1	H23	K13	H1	G5	U7	P25	P8	J25	P9
дорога	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
болото	40	50	100	20	20	60	0	80	40	0	100	20	90	100	70
водный объект	И	И	И	Пильчужня	Сярьба	И	Сярьба	И	Сегежа	Безымянное озеро	Лебединое	И	Карасево	И	И
число видов	42	36	45	82	81	67	95	78	64	58	45	53	66	65	60

Сравнение результатов двух групп

Описание флористического состава квадрата 1x1 F21 составляли две исследовательские группы (группа под руководством Л. А. Абрамовой и группа под руководством Н. Тихомирова), и мы решили найти уникальные для этого квадрата виды, то есть найденные в квадрате F только в квадрате F21 (далее – уникальные виды) и сопоставить их с видами, найденными только одной из групп (табл. 5). Это сделано для того, чтобы узнать, сколько уникальных видов пропускается исследователями при описании разнообразного квадрата только одной группой.

Таблица 5. Виды, найденные в квадрате F21 только одной из групп. (Если стоит единица – вид уникальный: 17 найдено группой под руководством Абрамовой, 10 – под руководством Тихомирова)

Вид	Группа	Уникальность
<i>Alchemilla sp.</i>	Т	1
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	А	1
<i>Artemisia vulgaris</i>	А	1
<i>Betula nana</i>	А	
<i>Betula pendula</i>	А	1
<i>Botrychium multifidum</i>	Т	
<i>Calamagrostis neglecta</i>	А	
<i>Calluna vulgaris</i>	А	
<i>Carex chordorrhiza</i>	Т	
<i>Carex digitata</i>	А	1
<i>Carex elongata</i>	А	
<i>Carex magellanica</i>	А	
<i>Carex rhynchophysa</i>	А	1
<i>Circea alpina</i>	А	
<i>Cirsium oleraceum</i>	Т	1
<i>Dryopteris filix-mas</i>	А	1
<i>Equisetum arvense</i>	Т	1
<i>Equisetum palustre</i>	А	
<i>Euphrasia sp.</i>	А	1
<i>Festuca rubra</i>	А	1
<i>Filipendula ulmaria</i>	Т	
<i>Geum rivale</i>	Т	1

<i>Geum urbanum</i>	A	1
<i>Glechoma hederacea</i>	T	1
<i>Gnaphalium uliginosum</i>	A	
<i>Lactuca sibirica</i>	A	1
<i>Leontodon autumnalis</i>	A	
<i>Lycopodium complanatum</i>	A	
<i>Lycopus europaeus</i>	A	1
<i>Poa annua</i>	A	1
<i>Poa palustris</i>	T	1
<i>Polygonum minor</i>	A	1
<i>Potentilla erecta</i>	A	1
<i>Rubus chamaemorus</i>	T	
<i>Rubus nessensis</i>	T	1
<i>Sagina procumbens</i>	A	
<i>Salix myrsinifolia</i>	T	1
<i>Stellaria alsine</i>	T	1
<i>Tanacetum vulgare</i>	T	1
<i>Thalictrum flavum</i>	A	1
<i>Trifolium hybridum</i>	A	1
<i>Veronica serpyllifolia</i>	A	1
<i>Viola selkirkii</i>	A	

В квадратики F21 было найдено 190 видов растений, 176 группой Абрамовой и 161 группой Тихомирова. Всего уникальных видов для F21 – 100, из них 27 были найдены только одной группой, 17 – группой под руководством Абрамовой и 10 – группой под руководством Тихомирова, то есть при описании только одной группой было бы найдено только 90 и 83 уникальных видов из 100 соответственно. При этом в квадратики F10 и F24, описываемых только одной группой, было найдено 5 и 11 уникальных для этих квадратики видов соответственно.

Полнота выявления флоры квадрата 5x5 км при описании нескольких квадратиков 1x1 км внутри него.

Мы проанализировали частоту встречаемости видов (процентное отношение числа квадратиков, в которых они отмечены к числу всех описанных квадратиков) в квадратах, в которых мы описали более трёх квадратиков (таблицы 7-11).

Таблица 6. Частота встречаемости видов в квадратах G, P и F

Частота встречаемости вида	0	33	66	100	
Число видов с такой частотой встречаемости	24	43	43	48	квадрат G
Процент видов с такой частотой встречаемости	15	27	27	30	
Число видов с такой частотой встречаемости	27	27	13	42	квадрат P
Процент видов с такой частотой встречаемости	25	25	12	39	
Число видов с такой частотой встречаемости	8	117	59	32	квадрат F
Процент видов с такой частотой встречаемости	4	54	27	15	

Таблица 7. Частота встречаемости видов в квадратах M и L

Частота встречаемости вида	0	20	40	60	80	100	
Число видов с такой частотой встречаемости	32	77	37	50	47	47	квадрат M
Процент видов с такой частотой встречаемости	11	27	13	17	16	16	
Число видов с такой частотой встречаемости	53	85	55	56	44	25	квадрат L
Процент видов с такой частотой встречаемости	17	27	17	18	14	8	

Таблица 8. Частота встречаемости видов в квадрате J

Частота встречаемости вида	0	12	25	38	50	62	75	88	100
Число видов с такой частотой встречаемости	26	79	48	29	12	16	11	24	32
Процент видов с такой частотой встречаемости	9	29	17	10	4	6	4	9	12

В таблицах 6 – 8 мы можем видеть полученные нами параметры флоры квадратов. Здесь указано число видов с определённой частотой встречаемости (процентное отношение числа квадратиков, в которых они отмечены к числу всех описанных квадратиков) и их процентные доли от числа видов квадрата.

Таблица 9. Сопоставление характеристики квадрата и процента видов с нулевым коэффициентом встречаемости (долей видов квадрата, не найденных ни в одном из квадратиков). В строке «Болото» представлен процент площади верховых болот от площади всего квадрата.

квадрат	G	P	F	M	L	J
Число квадратиков	3			5		8
Водный объект	оз. Сегежское, ручей Ваемский, река Сярьба	оз. Карасёво, река Зубец	оз. Сегежское, река Пильчужня	Свирь, река Сегежа, река Сярьба	ручей Ваемский, Лахтинский залив, Свирь	река Пильчужня, Ладога, оз Сярьба, река Гумбарка
Болото	35%	25%	25%	10%	5%	10%
Часто используемая дорога	нет	нет	есть	есть	есть	есть
Процент видов, не встретившихся ни в одном из квадратиков большого квадрата	15	25	4	11	17	9

В таблице 9 видно, что связи между числом описанных в квадрате квадратиков и долей видов, не найденных ни в одном из квадратиков, не прослеживается. Это хорошо заметно на примере квадратов G и P. Несмотря на то, что и в квадрате G и в квадрате P описано три квадратика, процент видов, не встреченных в одном из их квадратиков, в квадрате G заметно меньше. В квадрате P он равен двадцати пяти, а в квадрате G – пятнадцати.

Это даёт нам понять, что доля видов, не найденных ни в одном из квадратиков, зависит не только и не столько от числа описанных квадратиков, но и от природы квадрата. В большей степени она зависит от разнообразия биотопов квадрата.

Однако на примере квадратов M и L мы можем видеть обратное. Квадрат L содержит ручей Ваемский, Лахтинский залив, Свирь, часто используемую дорогу, всего 5% его площади занято болотами. Квадрат M содержит Свирь, реку Сегежу, реку Сярьбу, дорогу, процент площади болот в нём 10%. Несмотря на то, что квадрат L более разнообразен биотопически, в нём процент видов, не найденных ни в одном из квадратиков равен семнадцати, а в квадрате M он равен одиннадцати.

Кроме анализа видов с нулевой встречаемостью (виды, не встреченные ни в одном из описанных квадратиков), мы решили посмотреть на растения, которые мы встретили во всех квадратиках анализируемых квадратов. Мы составили список растений (табл. 10), которые встречаются хотя бы в одном квадрате повсеместно (во всех квадратиках описанного квадрата).

При анализе таблицы 10 мы решили особо уделить внимание квадрату L, потому что он довольно разнообразный квадрат, с точки зрения биотопов, и уникальные виды, встреченные во всех квадратиках этого квадрата, тоже необычны (табл. 11).

Таблица 10. Виды растений, встреченных во всех квадратиках одного квадрата. В первой колонке указано название вида, во второй – шестой колонках указан квадрат, в котором был встречен этот вид (1 – встречен, 0 – не встречен), в седьмой колонке указано количество квадратов со встреченным видом, в восьмой колонке указана встречаемость вида в исследованных квадратиках (в процентах от общего числа обследованных за два года квадратиков в заповеднике).

вид	P	F	J	L	M	G	число квадратов	встречаемость
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1	1	1	1	1	1	6	96

вид	P	F	J	L	M	G	число квадратов	встречаемость
<i>Pinus sylvestris</i>	1	1	1	1	1	1	6	94
<i>Molinia caerulea</i>	1	1	1	1	1	1	6	89
<i>Carex canescens</i>	1	1	1	1	1	1	6	87
<i>Vaccinium uliginosum</i>	1	1	1	0	1	1	5	89
<i>Sorbus aucuparia</i>	1	1	1	1	1	0	5	87
<i>Populus tremula</i>	1	1	1	1	0	1	5	84
<i>Oxycoccus palustris</i>	1	1	1	0	1	1	5	87
<i>Melampyrum pratense</i>	1	1	0	1	1	1	5	87
<i>Maianthemum bifolium</i>	1	0	1	1	1	1	5	82
<i>Eriophorum vaginatum</i>	1	1	1	0	1	1	5	89
<i>Carex nigra</i>	1	1	1	1	0	1	5	87
<i>Calluna vulgaris</i>	1	1	1	0	1	1	5	78
<i>Betula pubescens</i>	1	0	1	1	1	1	5	89
<i>Avenella flexuosa</i>	1	1	0	1	1	1	5	85
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1	1	1	0	1	0	4	89
<i>Trientalis europaea</i>	1	0	1	1	1	0	4	80
<i>Salix aurita</i>	1	1	1	0	1	0	4	89
<i>Potentilla erecta</i>	1	0	0	1	1	1	4	76
<i>Picea abies</i>	0	1	1	0	1	1	4	84
<i>Luzula pilosa</i>	0	1	0	1	1	1	4	78
<i>Ledum palustre</i>	1	1	0	0	1	1	4	84
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	1	1	1	0	0	1	4	87
<i>Carex globularis</i>	1	1	1	0	0	1	4	80
<i>Carex echinata</i>	1	1	1	0	0	1	4	62
<i>Carex chordorrhiza</i>	1	1	1	0	0	1	4	69
<i>Menyanthes trifoliata</i>	0	1	1	0	0	1	3	69
<i>Lysimachia vulgaris</i>	0	0	1	1	1	0	3	78
<i>Juniperus communis</i>	1	0	0	0	1	1	3	71
<i>Juncus filiformis</i>	1	0	0	1	0	1	3	78
<i>Frangula alnus</i>	1	0	1	0	0	1	3	78
<i>Equisetum sylvaticum</i>	0	0	1	1	0	1	3	76
<i>Drosera rotundifolia</i>	1	1	0	0	0	1	3	69
<i>Comarum palustre</i>	1	0	1	1	0	0	3	80
<i>Carex rostrata</i>	1	1	0	0	0	1	3	80
<i>Carex limosa</i>	1	0	1	0	0	1	3	65
<i>Carex lasiocarpa</i>	1	1	0	0	0	1	3	78
<i>Calla palustris</i>	0	1	1	0	0	1	3	67
<i>Calamagrostis canescens</i>	1	0	1	1	0	0	3	73
<i>Andromeda polifolia</i>	1	1	0	0	0	1	3	78
<i>Viola palustris</i>	0	0	0	1	1	0	2	71
<i>Pteridium aquilinum</i>	0	1	0	0	0	1	2	58
<i>Naumburgia thyrsoflora</i>	0	0	1	1	0	0	2	78
<i>Lycopodium annotinum</i>	0	1	0	0	0	1	2	56
<i>Galium palustre</i>	0	0	1	1	0	0	2	73
<i>Eriophorum polystachyon</i>	1	0	1	0	0	0	2	51

вид	P	F	J	L	M	G	число квадратов	встречаемость
<i>Dryopteris carthusiana</i>	0	0	0	1	0	1	2	76
<i>Convallaria majalis</i>	0	0	0	1	0	1	2	71
<i>Carex pauciflora</i>	0	1	0	0	0	1	2	45
<i>Viburnum opulus</i>	0	0	0	1	0	0	1	42
<i>Utricularia intermedia</i>	1	0	0	0	0	0	1	47
<i>Thysetium palustre</i>	1	0	0	0	0	0	1	73
<i>Scutellaria galericulata</i>	0	0	0	1	0	0	1	58
<i>Scrophularia nodosa</i>	0	0	0	1	0	0	1	33
<i>Scirpus sylvaticus</i>	0	0	0	1	0	0	1	69
<i>Salix myrtilloides</i>	1	0	0	0	0	0	1	36
<i>Salix myrsinifolia</i>	0	0	0	0	1	0	1	42
<i>Salix lapponum</i>	1	0	0	0	0	0	1	38
<i>Rumex acetosa</i>	0	0	0	1	0	0	1	33
<i>Rubus chamaemorus</i>	0	1	0	0	0	0	1	29
<i>Phragmites australis</i>	0	0	0	1	0	0	1	64
<i>Paris quadrifolia</i>	0	0	0	1	0	0	1	40
<i>Oxalis acetosella</i>	0	0	0	1	0	0	1	53
<i>Orthilia secunda</i>	0	0	0	0	0	1	1	51
<i>Moehringia trinervia</i>	0	0	0	1	0	0	1	31
<i>Milium effusum</i>	0	0	0	1	0	0	1	36
<i>Melandrium dioicum</i>	0	0	0	1	0	0	1	40
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	0	0	0	1	0	0	1	53
<i>Filipendula ulmaria</i>	0	0	0	1	0	0	1	49
<i>Eriophorum gracile</i>	1	0	0	0	0	0	1	40
<i>Equisetum fluviatile</i>	1	0	0	0	0	0	1	69
<i>Empetrum nigrum</i>	0	0	0	0	0	1	1	44
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0	0	0	1	0	0	1	53
<i>Dactylorhiza maculata</i>	0	0	0	0	0	1	1	64
<i>Crepis paludosa</i>	0	0	0	1	0	0	1	44
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	0	0	0	1	0	0	1	62
<i>Carex vesicaria</i>	0	0	0	1	0	0	1	50
<i>Carex leporina</i>	0	0	0	1	0	0	1	45
<i>Carex acuta</i>	1	0	0	0	0	0	1	60
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	0	0	0	0	0	1	1	53
<i>Anthriscus sylvestris</i>	0	0	0	1	0	0	1	42
<i>Angelica sylvestris</i>	0	0	0	1	0	0	1	53
<i>Alnus glutinosa</i>	0	0	0	0	1	0	1	67

Таблица 11. Уникальные виды, встреченные в квадрате L и их встречаемость в исследованных за два года квадратах.

вид	встречаемость
<i>Angelica sylvestris</i>	53
<i>Anthriscus sylvestris</i>	42
<i>Carex leporina</i>	45
<i>Carex vesicaria</i>	50
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	62
<i>Crepis paludosa</i>	44
<i>Deschampsia cespitosa</i>	53
<i>Filipendula ulmaria</i>	49
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	53
<i>Melandrium dioicum</i>	40
<i>Milium effusum</i>	36
<i>Moehringia trinervia</i>	31
<i>Oxalis acetosella</i>	53
<i>Paris quadrifolia</i>	40
<i>Phragmites australis</i>	64
<i>Rumex acetosa</i>	33
<i>Scirpus sylvaticus</i>	69
<i>Scrophularia nodosa</i>	33
<i>Scutellaria galericulata</i>	58
<i>Viburnum opulus</i>	42

Обсуждение

Пространственная структура флористического разнообразия

Из рисунка 3 следует разделение описанных квадратиков на две большие группы (1 и 2), которые в свою очередь дробятся на две более мелкие подгруппы.

В 2 группу попали квадратики, примерно половина которых содержит дорогу и водный объект, и это позволяет нам сделать вывод, что биотопы квадратиков этой группы более разнообразны, чем 1 группы, так как в 1 группу попали почти квадратики без дороги, и квадратики, в большинстве которых преобладает болото, поэтому и число видов, встреченных во 2 группе, тоже больше.

Мы можем только предполагать причину именно такого разделения на подгруппы. Во 2 группе это разделение в основном обусловлено наличием или отсутствием дороги, хотя в каждой из подгрупп имеются исключения (табл. 1, 2). Из-за недостаточного количества имеющихся данных нам не удалось объяснить разделение квадратиков в 1 группе.

Из рисунка б следует закономерность распределения видов: если площадь верховых болот менее 50% от площади квадратика, то число видов может варьировать, но если площадь более 50%, то видов, найденных в таком квадрате, будет меньше.

Сравнение результатов двух групп

Мы описывали квадратик двумя группами и выявляли уникальные виды для того, чтобы узнать «погрешность» описания одной группой и понять, равноценно ли описание одного квадратика разными группами (так как многие квадратики описываются двумя группами, стоит понять, можно ли вообще сравнивать разные квадратики, описанные только одной группой). Так как нами был выбран квадратик с максимально разнообразными биотопами

(табл. 2) и маршруты двух групп во многом различались (рис. 7), то у групп будет возможность исследовать биотопы гораздо лучше поэтому тут количество найденных и пропущенных уникальных видов будет наибольшим по сравнению с остальными квадратами.

В квадрате F21 нами было найдено 100 уникальных видов, из которых 27 – только одной из групп (10 группой Тихомирова и 17 – группой Абрамовой). Это означает, что при описании одной группой было бы найдено 83 и 90 уникальных видов из 100 соответственно. Разница всего в 7% уникальных видов не очень высокая, но стоит заметить, что это один из самых разнообразных квадратов, а значит, в менее разнообразных квадратах процент будет ещё меньше.

Рисунок 7. Маршруты группы Абрамовой (красный) и Тихомирова (синий).



Полнота выявления флоры квадрата 5x5 км при описании нескольких квадратов 1x1 км внутри него.

Для данного раздела мы выбрали шесть квадратов, в которых мы описали больше трёх квадратов. Здесь мы сравнивали выбранные нами квадраты по таким характеристикам, как число описанных квадратов, водные объекты квадрата, наличие часто используемой дороги, процент площади территории, занятой болотом.

Глядя на результаты сравнения, мы можем с большой долей уверенности сказать, что наиболее важным критерием описания квадратов в нашей ситуации является не число описанных квадратов, а разнообразие его биотопов. Примером могут служить квадраты G и P, в которых было описано равное число квадратов, но в квадрате P процент видов с нулевой частотой встречаемости больше на 10.

Из всех рассмотренных квадратов выделяется квадрат F, в котором процент видов квадрата, пропущенных при описании квадратов равен 4. Этот квадрат содержит озеро Сегезское, реку Пильчужню, часто используемую дорогу, процент площади болот от всей площади равен 25, в нём описано всего три квадрата. Несмотря на это в довольно схожем с ним квадрате P процент видов квадрата, пропущенных при описании квадратов равен 25. А в квадрате J, содержащем реку Пильчужню, берег Ладоги, озеро Сярьба, реку Гумбарку, часто используемую дорогу, стационар Гумбарицы, процент площади болот от всей площади в нём равен 10, этот процент равен девяти.

Нам не стоит делать из этого особенно смелых выводов, однако можно предположить, что если квадратик содержит довольно разнообразные биотопы для более точного описания его флоры, стоит разделить на две группы, для его исследования. Но не стоит забывать, что число найденных в квадрате видов может сильно зависеть от человеческого фактора (то есть от

банальной внимательности исследователя), а также от случайных факторов окружающей среды, влияющих на рост растений (таких как внезапные потепления или похолодания, разлив рек, озёр и других).

Другой задачей этого раздела является подробное рассмотрение видов, встреченных во всех квадратах исследуемых квадратов. Из таблицы 11 мы можем узнать, что есть четыре вида (*Carex canescens*, *Molinia caerulea*, *Pinus sylvestris*, *Vaccinium myrtillus*), встреченных во всех описанных квадратах одного квадрата. Встречаемость этих четырех видов в описанных нами квадратах близка к 100 процентам (87, 89, 94 и 96), а значит, мы можем сказать с некоторой уверенностью, что эти виды встречаются повсеместно во всем заповеднике.

Кроме этого, мы проанализировали уникальные виды, встреченные во всех квадратах квадрата L (табл. 12). Этот квадрат весьма разнообразен (табл. 9), а исследуемые виды весьма необычны, потому что, хоть они и встретились во всех квадратах L, их встречаемость в исследуемых квадратах не так высока (больше половины из них имеет встречаемость менее 50 %). Это дает нам сделать вывод, что квадрат L отличается по флоре от других квадратов заповедника.

Выводы

1. По флористическому разнообразию квадраты со стороной 1 км разделяются на две группы: бедная видами, богатая болотами и богатая видами, но бедная болотами.
2. Результаты двух групп при описании 1 квадрата несильно различаются, поэтому данные сеточного картирования, полученные двумя группами, сопоставимы.
3. Степень соответствия флоры квадрата со стороной 1 км и флоры квадрата со стороной 5 км зависит от ландшафтных характеристик.
4. Виды, встреченные во всех квадратах со стороной 1 км анализируемых квадратов со стороной 5 км, имеют высокую встречаемость по всем исследованным квадратам со 1 км заповедника, поэтому они предположительно будут встречаться на территории всего заповедника.
5. Квадрат L отличается разнообразием учитываемых при анализе факторов, поэтому отличается по флоре от остальных квадратов со стороной 5 км.

Благодарности

Мы благодарим администрацию Нижне-Свирского заповедника, а особенно заместителя директора по науке В.А. Ковалева, за предоставленную возможность сбора материала для работы, С.М. Глаголева, П.А. Волкову и Е.В. Елисееву за организацию летней практики, Л.А. Абрамову и П.А. Волкову за научное руководство. Также мы благодарим Н. Тихомирова, М. Иванову, У. Колесникову, М. Зубкову за помощь на этапе сбора данных и С.Р. Майорова и А.А. Боброва за помощь в определении гербария.

Литература

1. Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области / Под ред. А.Л. Буданцева и Г.П. Яковлева – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 799 с., илл.
2. Зубкова М., Захарова А. Сеточное картирование флоры Нижне-Свирского заповедника 2018. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.bioclass.ru/files/konf18/squares.pdf>
3. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 635 с., илл.

4. Серегин А.П. Успехи флористического сеточного картирования (на примере Владимирской области). Флористические исследования в Средней России: Материалы VI науч. совещ. По флоре Средней России (Тверь, 15 – 16 апреля 2006 г.) / Под ред. В.С. Новикова, А.А. Нотова и А.В. Щербакова – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – С. 141 – 144.
5. Скворцов В.Э. Атлас-определитель сосудистых растений таежной зоны Европейской России. М.: Гринпис России, 2000.
6. Столярская М.В., Баранова Е.В., Тихонова О.А. Флора Нижне-Свирского заповедника. Вып. 1. Сосудистые растения, 2004 с. 6-8
7. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing [Electronic resource]. 2017. Режим доступа: <http://www.R-project.org>