Московская школа на Юго-Западе № 1543

Флора прудов стационара ИББВ РАН «Сунога» (северо-запад Ярославской области)

Выполнили учащиеся 9 «Б» класса:
Маликова Анна
Паленова Ульяна
Пашлова Алина
Хома Кирилл
Научный руководитель:
П. А. Волкова

Москва
2023

Введение

В отличие от пресных природных водоемов, пруды обычно характеризуются бóльшим видовым разнообразием, так как на формирование их флоры влияют и природные, и антропогенные факторы [1]. Один из интересных аспектов исследования прудов – выявление зависимости состава флоры от разных факторов, например, размера. Однако для получения достоверных результатов нужно сравнивать расположенные рядом пруды, схожие по всем параметрам, кроме того, влияние которого изучают. Пруды стационара «Сунога» ИББВ РАН северо-запада Ярославской области – отличный модельный объект для таких исследований. Эти пруды – экспериментальные и используются для разведения рыбы. Они все были вырыты в начале 60-х (Архив ИББВ РАН), на равном расстоянии, примерно одинаковой глубиной в полтора метра. Всего есть три размера прудов: маленькие (15×15 м), средние (30×15м) и большие (30×60м). Помимо этого, пруды отличаются по закустаренности – наличию затопленных кустарников по берегам. Для прудов стационара «Сунога» – это ивы. Также некоторые пруды сливают на зиму, чтобы пересадить рыбу до весны в другое место, такое вмешательство во флору может способствовать сильной ее смене из года в год. Не спущенные пруды не сливают и не чистят, они заросли тростником.

Искусственные водоемы северо-запада Ярославской области, в том числе пруды стационара «Сунога», были исследованы Э. В. Гариным [2]. Эта статья содержит список произраставших там несколько лет назад растений. Это позволяет изучить, как изменилась флора прудов за последние 20 лет.

Север

Юг

Рисунок 1. Спутниковый снимок исследованных экспериментальных прудов (google maps)

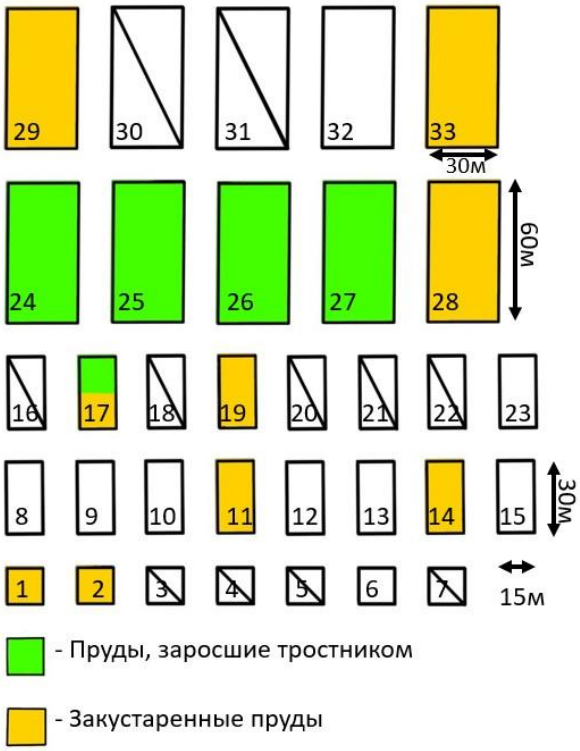

Рисунок 2. Схема расположения прудов (число – номер пруда). Диагональная линия – засохшие (их не наполняют летом)

Цель

Изучение флоры рыборазводных прудов стационара «Сунога».

Задачи

1. Описать флору высших сосудистых водных растений.
2. Сравнить флору прудов между собой.
3. Выявить зависимость флоры прудов от различных факторов (размер, сливаемость, закустаренность).

Материалы и методы

Мы провели рекогносцировочное исследование прудов «Стационара Сунога» ИБВВ РАН 29 июня – 5 июля 2023 года: мы знакомились с типами прудов, их характеристиками (размер, наличие тростника, закустаренность), разнообразием их флоры. Однако из-за высокого уровня воды полностью выявить видовое разнообразие растений не получилось, поэтому для дальнейшего исследования мы использовали данные о видовом составе высших сосудистых водных растений каждого пруда, полученные П. А.

Волковой и М. О. Ивановой 22 – 25 сентября 2023 года. (Водные растения мы определяли по Белавской А.П.) [7]. Исследование проходило в конце вегетационного периода, когда диагностические признаки были лучше всего выражены. Уровень воды во всех прудах составлял менее 50 см, поэтому водные растения были хорошо видны. Пруд проходили в сапогах и отмечали наличие встреченных видов.
Всего на стационаре 56 водоёмов (рис.1), но мы не исследовали 34 из них – они полностью спущенные.
При статической сравнение групп прудов мы использовали тесты Уилкоксона и Крускала-Уоллиса. Для каждой пары изученных прудов вычислен коэффициент Жаккара, показывающий степень флористического сходства:
100% × c / (a + b – c), где a – число видов в одном пруду, b – число видов в другом пруду, c – число видов, общих для этих двух прудов.
Всю статистическую обработку данных мы делали в R. [4]

Результаты

1) Динамика флоры прудов

П. А. Волкова и М. О. Иванова исследовали 22 пруда и нашли в них 30 видов водных растений (рис. 5, рис. 3):

- В маленьких прудах было от 5 до 7 видов (среднее ± стандартное отклонение: 6±1);
- В средних от 3 до 15 (9±3,3);
- В больших от 11 до 16 (13±1,6).

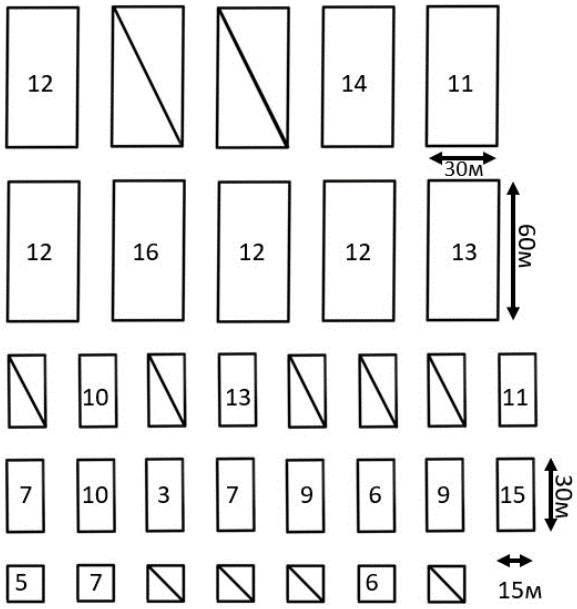

Рисунок 3. Число видов водных растений в каждом пруду

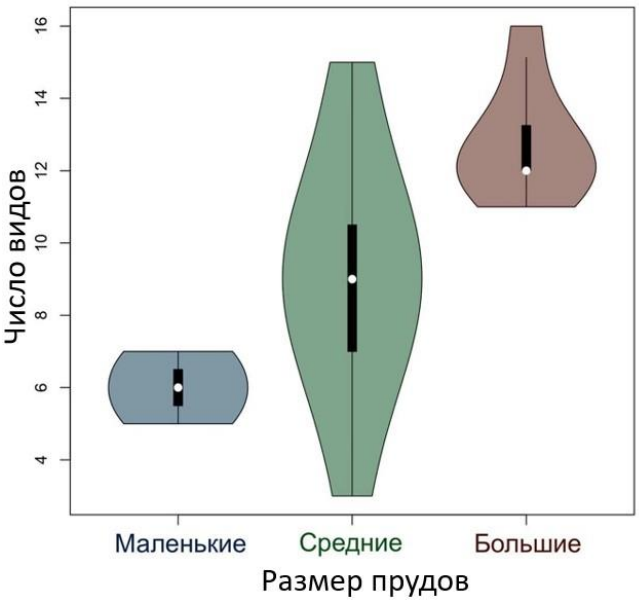

Рисунок 4. Изменчивость числа видов водных растений в прудах разных размеров. Прямоугольник – квартильный размах, линии – минимум и максимум. Белая точка – среднее арифметическое. Ширина серой фигуры пропорциональна частоте встречаемости соответствующего числа видов

Мы нашли новые виды водных растений, которые ранее не были отмечены Э. В. Гариным [2] в искусственных прудах северо-запада Ярославской области: *Myriophyllum verticillatum L., Nymphaea candida* J.PRESL et C.PRESL, *Potamogeton* × *nites* Weber*(*Potamogeton gramineus L. × Potamogeton perfoliatus L.*)*

Впервые для прудов стационара Сунога мы отметили: *Ceratophyllum demersum* L., *Sparganium emersum(Rehmann), Potamogeton trichoides (Cham. et Schltdl.), Lemna trisulca* L..

Мы не нашли отмеченные Э. В. Гариным [2] для прудов стационара Сунога *Alisma gramineum* Lej., *Myriophyllum spicatum* L. *), Potamogeton* × *babingtonii* A. Benn., *(Potamogeton lucens L.* × *Potamogeton praelongus Wulfen), Potamogeton berchtoldii Fieber, Potamogeton* × *zizii* Mert. & W.D.J. Koch *(*Potamogeton gramineus L. × Potamogeton lucens L.*).*

2) Классификация прудов

Спущенные пруды: 3-5, 7, 16, 18, 20-22, 30-31, 34 – 56. Мы их не исследовали и не включали в последующие группы.
Всего было 23 исследованных пруда, они были разбиты на группы по нескольким признакам (рис. 1, 2):

1) Закустаренность

- Закустаренные – на берегах растут ивы (пруды 1, 2, 11, 14, 17, 19, 28, 29, 33)
- Не закустаренные – на берегах не растут ивы (пруды 6, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 23-27, 32)

Число видов в этих двух группах достоверно не различается (тест Уилкоксона: p=0,15).

2) Наличие тростника

- Не спущенные - их не сливают на зиму, они заросли тростником (пруды 17, 24-27);
- Спущенные – используются для разведения рыбы, к осени их чистят и сливают (пруды 1, 2, 6, 8-15, 19, 23, 28, 29, 32, 33).

Число видов этих прудов достоверно не различается (тест Уилкоксона: p=0,19). Заметны небольшие различия во флоре не спущенных и спущенных прудов: *Nymphaea candida* J. Pres и *Utricularia* × *neglecta* R.Br. были обнаружены только в не спущенных прудах, *Scirpus lacustris L.* только в спущенных.

3) По размеру (рис. 3)

1. Маленькие (15х15 м) — 3 пруда;
2. Средние (30х15 м) — 11 прудов;
3. Большие (70х15 м) — 8 прудов.

Число видов в средних и маленьких прудах достоверно не различается (попарный тест Уилкоксона: p=0,099). Число видов в больших прудах статистически значимо превышает число видов и в малых, и в средних прудах (тест Крускала-Уоллиса: p=0,005) (рис. 4).

3) Сравнение флоры прудов

Мы выявили встречаемость видов в прудах (табл. 2, рис. 5):

- 20 редких (нашли в ≤7 прудах);
- 10 обычных (в 12-18 прудах).

Некоторые редкие виды, отмеченные в более чем в двух прудах, отмечены только в больших прудах (рис. 6-9).

Мы выявили, что флора большинства прудов достаточно разнообразна (степень попарного флористического сходства <50%). Только в 13% случаев степень флористического сходства ≥50% (табл.1). Наиболее схожими оказались пять пар прудов:

I. Пруды 26 и 27 (коэффициент Жаккара 71%); 9 общих видов, из них три редких (*Nymphaea candida, Utricularia × neglecta, Butomus umbellatus L.*).

II. Пруды 25 и 27 (коэффициент Жаккара 65%); 11 общих видов, из них четыре редких (*Potamogeton lucens L., Utricularia × neglecta, Nymphaea candida, Butomus umbellatus*)

III. Пруды 29 и 24 (коэффициент Жаккара 50%); 8 общих видов, из них четыре редких (*Ceratophyllum demersum, Potamogeton pusillus L., Sparganium emersum, Utricularia × neglecta*).

IV. Пруды 27 и 32 (коэффициент Жаккара 62%); 10 общих видов, из них три редких (*Potamogeton lucens, Butomus umbellatus, Utricularia × neglecta*).

V. Пруды 28 и 15 (коэффициент Жаккара 56%); 10 общих видов, из них три редких (*Callitriche hermaphroditica* L., *Potamogeton pussilus, Spirodella polyrhiza* L. Schleid.*).*

номер пруда	2	6	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	23	24	25	26	27	28	29	32	33
1	50	0	33	36	14	20	56	38	40	18	36	29	45	21	17	31	31	29	6	36	45
2		0	27	42	0	17	60	44	45	22	31	25	50	19	21	46	36	33	6	31	38
6			8	14	29	30	0	9	25	17	33	27	6	29	22	6	20	36	29	25	21
8				31	11	27	45	30	33	29	21	25	38	19	28	19	27	33	12	40	29
9					18	42	46	60	58	39	43	35	50	29	37	47	57	64	10	60	40
10						43	9	12	9	6	30	14	8	25	12	7	15	14	15	21	17
11							23	18	33	29	55	33	38	36	21	12	19	43	19	40	29
12								50	50	33	36	47	67	24	19	40	31	38	11	44	43
13									67	24	33	27	42	20	22	29	38	46	6	43	42
14										41	46	47	54	31	32	31	40	69	17	53	67
15											25	47	37	23	35	23	23	56	23	32	30
17												53	40	47	24	22	29	44	22	50	40
19													41	47	32	25	25	53	47	42	41
23														28	29	35	28	50	15	56	47
24															40	41	41	39	50	44	53
25																47	65	45	40	58	42
26																	71	32	26	44	44
27																		47	26	62	53
28																			25	59	50
29																				24	35
32																					56

Таблица 1. Коэффициент Жаккара × 100 %, степень флористического сходства для каждой пары прудов. Зеленые клеточки – сходство ≥ 50%

Также мы смотрели, в каких прудах встретились самые редкие виды (обнаруженные в 1-3 прудах). Большую часть их мы нашли в пруду 15: *Callitriche palustris*, *Scirpus lacustris*, *Potamogeton × nites*, *Ranunculus circinatus* Sibth, *Polygonum hydropiper*.

Callitriche palustris	*Hydrocharis morsus-ranae*	*Polygonum hydropiper*	*Potamogeton × nites*	*Potamogeton trichoides*
1	1	1	1	1
Typha angustifolia	*Myriophyllum verticillatum*	*Potamogeton natans*	*Ranunculus circinatus*	*Scirpus lacustris*
2	3	3	3	3
Lemna trisulca	*Nymphaea candida*	*Butomus umbellatus*	*Callitriche hermaphroditica*	*Ceratophyllum demersum*
4	4	5	5	5
Potamogeton pusillus	*Potamogeton lucens*	*Sparganium emersum*	*Spirodella polyrhiza*	*Utricularia × neglecta*
6	6	7	7	7
Polygonum amphybium	*Lemna minor*	*Potamogeton perfoliatus*	*Typha latifolia*	*Stuckenia pectinata*
12	13	13	13	14
Elatine hydropiper	*Ranunculus trichophyllus*	*Alisma plantago-aquatica*	*Potamogeton gramineus*	*Sagittaria sagittifolia*
15	15	16	16	18

Таблица 2. Число прудов, в которых встретился каждый вид

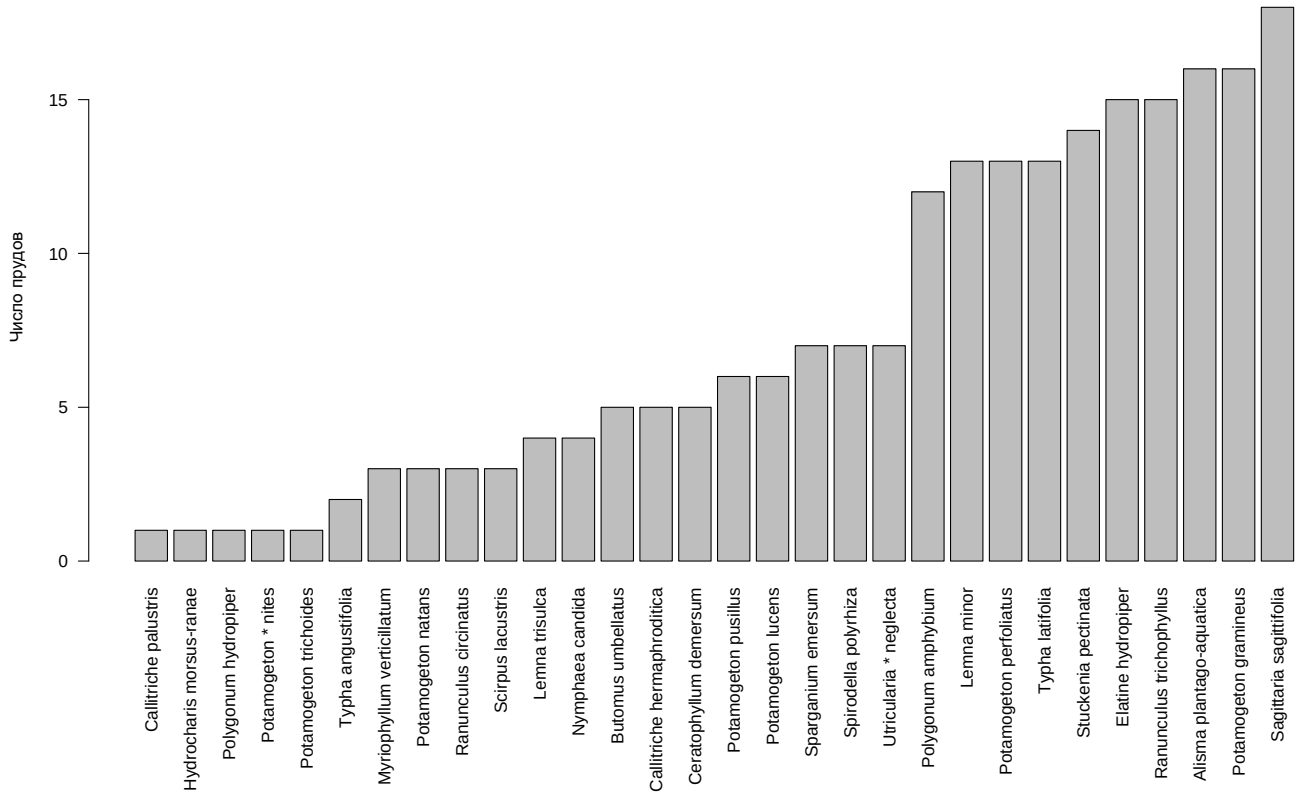

Рисунок 5. Число прудов, в которых встретился каждый вид

Обсуждение

1) Динамика флоры прудов

. То, что мы нашли новые виды и не нашли некоторые зарегистрированные ранее [2] можно объяснить по-разному:

- Возможно, мы проводили исследования в разное время вегетационного периода (в сравнении с Э. В. Гариным), и это повлияло на наличие или отсутствие диагностических признаков некоторых видов, например, плодов.
- Возможно, флора прудов за это время действительно изменилась, появились новые виды и исчезли некоторые старые
- Возможны ошибки в определении растений во время полевого исследования (1996—2003), проведенного на территории Рыбинского и Некоузского районов Ярославской области Э. В. Гариным.

Ранее в прудах Ярославской области был найден *Myriophyllum spicatum L.*. Мы не обнаружили его, но П. А. Волкова и М. О. Иванова нашли другой вид (*Myriophyllum verticillatum*). Возможно, ранее этот вид урути был неправильно определен, либо он исчез и сменился другим. Гербарный образец, подтверждающий указание Э.В. Гарина, нам обнаружить не удалось.

Potamogeton × *babingtonii,* отмеченный Э. В. Гариным, был им неправильно определен. А. А. Бобров переопределил его по гербарию (IBIW), это оказался *P. lucens*. Этот вид рдеста нашли и мы.

Nymphaea candida, Potamogeton × *nites* ранее не обнаружили при исследовании прудов северо-запада Ярославской области. Но в искусственных дачных водоемах Э. В. Гарин нашел *Nymphaea* × *borealis* E.G. Camus *(*Nymphaea alba L. × Nymphaea candida J. Presl & C. Presl*)*, "этот вид высажен в водоем одним из садоводов" [2]. Мы обнаружили *P.* × *nitens* и *P. perfoliatus,* а Э. В. Гарин – только *P. perfoliatus*. Возможно, ранее *P.* × *nitens* был неправильно определен [2], либо он действительно является новым для прудов стационара.

Ceratophyllum demersum, Sparganium emersum, Potamogeton trichoides, Lemna trisulca – не были обнаружены в прудах стационара ранее. Возможно, Э. В. Гарину [2] не удалось найти эти виды, либо они действительно появились в прудах за последние 20 лет, прошедшие с момента последнего исследования.

Не обнаруженные П. А. Волковой и М. О. Ивановой виды (*Potamogeton berchtoldii, Alisma gramineum, Potamogeton* × *zizii*) либо действительно исчезли с территории стационара Сунога, либо их просто не удалось найти.

2) Сравнение флоры прудов

По нашим результатам в больших прудах видов достоверно больше, чем в остальных. Это можно объяснить по-разному:

- Возможно, больший размер пруда положительно влияет на число видов в нем. Среднее число видов в прудах увеличивалось пропорционально их площади (в маленьких прудах 6, в средних 9, в больших 13). Такой результат совпадает с результатом исследований прудов в Уругвае [5] и также в Швейцарии [6], . Чем больше площадь водоема, тем больше в нем может быть жизнеспособных популяций. Скорее всего, это и увеличивает видовое богатство.
- Также может быть, что видовое богатство выше в прудах, которые не спускают на зиму. Так как большинство (четыре из пяти) не спущенных прудов – большие.

Скорее всего, в нашем случае размер пруда не играл ключевую роль в разнообразии видового богатства. Пруды разных размеров отличались не значительно, что не сильно могло повлиять на появление новых жизнеспособных популяций. Видимо, видовое богатство больших прудов связано с тем, что большинство из них – не чистят и не сливают на зиму. В то время как все маленькие и средние пруды (кроме пруда 17) сливают и чистят. Помимо этого, прудов у нас не так много, чтобы с уверенностью судить о количестве видов в прудах разных размеров, в нашем случае флора каждого пруда довольно своеобразна. Нам не удалось обнаружить достоверные различия между числом видов для спущенных и не спущенных прудов.

Однако то, что мы обнаружили некоторые виды только в спущенных или неспущенных прудах, может быть связано с особенностями конкретных видов: *Nymphaea candida* стабильно зимуют в водоеме только при уровне воды над ними не менее 80 см [3]. Поэтому если регулярно спускать воду в пруде, она не сможет выжить. *Utricularia* × *neglecta* оставляет зимующие почки. Возможно, они не могут пережить зиму без воды, поэтому мы нашли этот вид только в не спущенных прудах. Объяснить распространение *Scirpus lacustris* (L.) PALLA нам не удалось. Возможно, это просто совпадение.

По данным предыдущих исследований прудов северо-запада Ярославской области, закустаренность берегов положительно влияет на видовое богатство прудов [2]. Мы не обнаружили достоверных различий между числом видов в прудах, берега которых заросли ивами, и остальными. Возможно, результаты не совпадают, потому что берега исследованных нами прудов заросли ивами не полностью.

Мы хотели объяснить причины высокого флористического сходства (>50%) некоторых прудов.

Мы не рассматривали пары прудов, для которых общими видами являлись только обычные виды, таких прудов оказалось 18 (табл. 2, рис. 5). Пар с 1-2 редкими общими видами оказалось 12. В этих парах примерно поровну встречались пруды разных размеров, закустаренные и не закустаренные, спущенные и не спущенные. Никакой закономерности нам обнаружить не удалось. Еще 5 пар имело больше двух редких общих видов, почти все пруды этих пар – большие и либо не спущенные (пруды 24-27), либо закустаренные (28, 29, 32). Исключение – пруд 15. Он среднего размера, спущенный и не закустаренный. Однако по непонятным нам причинам он - рекордсмен по числу видов (15 видов), в нем лишь на один вид меньше, чем в самом богатом видами пруду 25 (16 видов). В целом, большое число общих редких видов наблюдается у прудов с высоким видовым богатством (а это, как правило, большие пруды).

Для всех пар с редкими общими видами мы изучили распространение этих видов. Среди них большинство было рассредоточено по удаленным друга от друга прудам, но некоторые располагались только в больших (рис. 6-9):

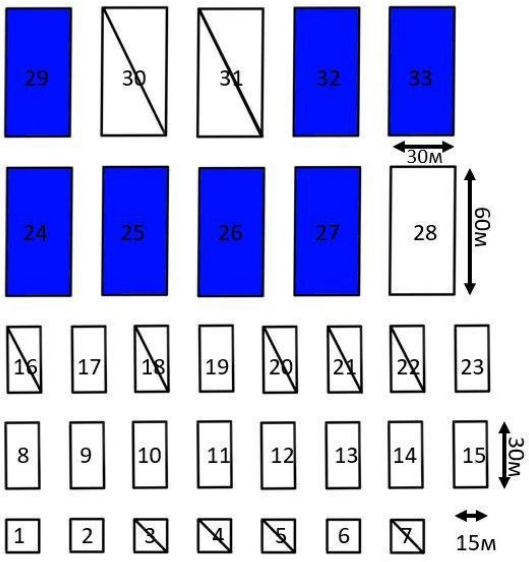

Рисунок 7. Распространение Utricularia × neglecta

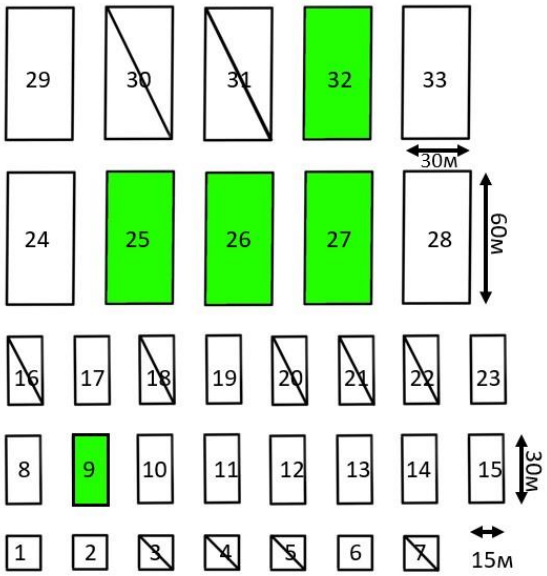

Рисунок 6. Распространение Butomus umbellatus

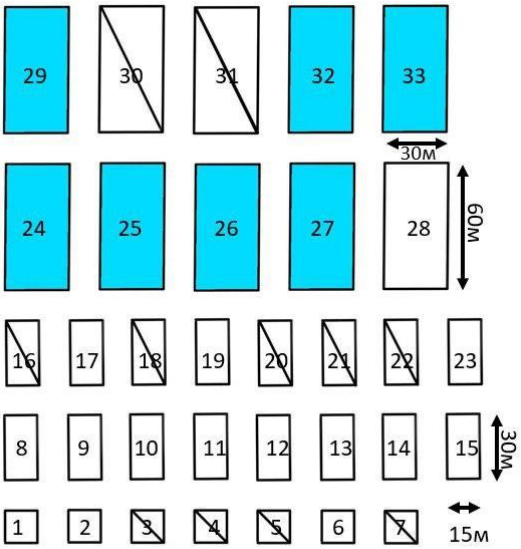

Рисунок 8. Распространение Sparganium emersum

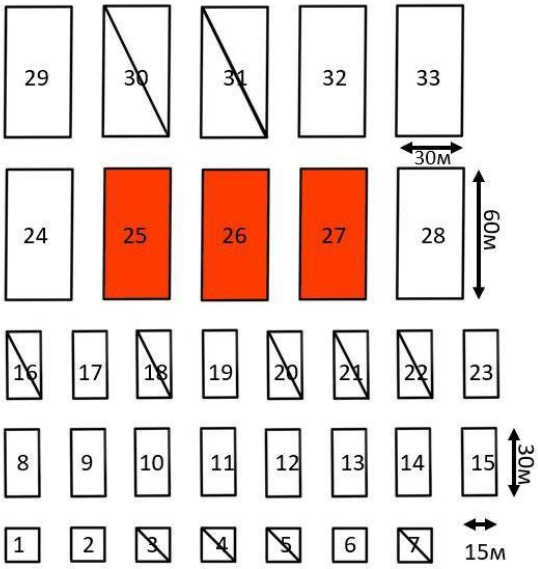

Рисунок 9. Распространение Nymphaea candida

Из рисунков 6-9 видно, что расположенные группами виды растут только в больших прудах, за исключением одного 9 пруда. Большинство водоемов – не сливают и не чистят. Скорее всего, это случайность, что почти все они большого размера. И 9 пруд может служить подтверждением нашего предположения.

Выводы

1. Мы обнаружили 30 видов высших водных растений. Четыре из них ранее не находили в искусственных водоёмах на северо-западе Ярославской области. Еще три впервые обнаружены для прудов стационара «Сунога».
2. Видовой состав флоры каждого пруда во многом случаен.
3. Наиболее разнообразная флора выявлена в больших прудах, которые не сливают и не чистят – они заросли тростником.

Благодарности

Мы благодарим администрацию Института биологии внутренних вод, в особенности Александра Витальевича Крылова, за возможность проведения исследований на территории стационара Сунога. Сергея Менделевича Глаголева за организацию летней практики и возможность проводить исследования. Полину Андреевну Волкову за руководство и неоценимую помощь в работе. Людмилу Андреевну Абрамову и Екатерину Викторовну Елисееву за помощь на полевом этапе работы. Марию Олеговну Иванову за сбор данных и помощь в работе. И также Елизавету Андреевну Леонову за помощь в исследованиях!

Литература

1. Давиденко О. Н., Невский С. А. Новые сведения о синтаксономическом разнообразиирастительности прудов Саратовской области //Природные системы и ресурсы. – 2015. – №. 1 (11). – С. 37-44. https://ns.jvolsu.com/index.php/en/component/attachments/download/296
2. Гарин Э. В. Флора и растительность копаней Ярославской области\Дис. – конд. Биол. Наук., Саранск, 2004, с. 206. https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002624653.pdf?ysclid=lrl16wdn6k200595189
3. Снигиревская Н.С. семейство нимфейные или кувшинковые (Nymphaeaceae) // Жизнь Растений Т. 5 Ч. 1 Цветковые растения/ Под ред. А.Л. Тахтаджяна. – М.: Просвещение, 1980 с.182-188.
4. R Core Team (2023). _R: A Language and Environment for Statistical Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
5. Arim M. et al. Chance and necessity in the assembly of plant communities: Stochasticity increases with size, isolation and diversity of temporary ponds //Journal of Ecology. – 2023. https://drive.google.com/file/d/1hSTXO7TojCu9bhhT_tryf88qAAi-5bvS/view
6. Beat Oertli, Dominique Auderset Joye, Emmanuel Castella, Raphaëlle Juge, Diana Cambin, Jean-Bernard Lachavanne, “Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity”, Biological Conservation, Volume 104, Issue 1, 2002, Pages 59-70, ISSN 0006-3207, https://doi.org/10.1016/S0006-

3207(01)00154,(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320701001549)
7. Белавская А.П. Водные растения России и сопредельных государств. [Тр. БИН. 11]. СПб., 1994 http://humangarden.ru/shipunov/biblbook.php?nbook=2581&ysclid=lrwi1kclkk267579478