

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ СООБЩЕСТВ МАКРОФИТОВ НЕВСКОЙ ГУБЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

В.В. Паничев¹, В.А. Жигульский¹, канд. техн. наук, М.М. Булышева¹, В.Ф. Шуйский¹, д-р биол. наук, Е.Ю. Максимова¹, канд. биол. наук, А.М. Булышева¹

¹ООО "Эко – Экспресс - Сервис", Санкт-Петербург, Россия

SOME SPECIFIC METHODOLOGICAL ASPECTS OF STUDYING THE SPATIOTEMPORAL DYNAMICS OF MACROPHYTE THICKET ECOSYSTEMS IN THE NEVA BAY WITH THE USE OF AERIAL SURVEY

V.V. Panichev¹, V.A. Zhigulsky¹, Cand. Sc., M.M. Bulysheva¹, V.F. Shuisky¹, Dr. Sc., E. Yu. Maksimova¹, Cand. Sc., A.M. Bulysheva¹

¹"Eco-Express-Service" LLC, St. Petersburg, Russia

Представляются некоторые методы изучения динамики водной растительности с применением квадрокоптера по научной программе компании "Эко-Экспресс-Сервис" "Плавни восточной части Финского залива".

Some methods of studying the dynamics of macrophyte thicket ecosystems with the use of quadcopter according to the scientific programme of "Eco-Express-Service" LLC "Macrophyte thicket ecosystems of the Eastern Gulf of Finland" are presented.

Особенности решаемых задач.

Научно-исследовательская программа "Плавни восточной части Финского залива (ВЧФЗ)" разработана и выполняется Санкт-Петербургской компанией "Эко-Экспресс-Сервис" [1-3]. Начиная с 2016 г., в Невской губе и прилегающей акватории ВЧФЗ изучается пространственно-временная динамика экосистем зарослей высшей водной растительности в условиях гидростроительства и его последствий.

Раздельно изучается техногенное влияние на экосистемы зарослей различного возраста. Возраст зарослей условно включает 3 градации: заросли "старые" – существовавшие и до начала строительства Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС); "средневозрастные" – возникшие в ходе его строительства; "новые" – появившиеся после завершения КЗС.

Уровень воздействия гидротехнических работ и их последствий на экосистемы зарослей также подразделён на три градации: воздействие "сильное" – в зоне прямого влияния работ или их недавних последствий; "умеренное" (непрямое) и "фоновое" – при отсутствии значимых техногенных изменений воды и грунта.

Создана система эталонных участков зарослевых экосистем, отражающая все реальные сочетания трёх градаций возраста зарослей и трёх градаций уровня воздействия на них гидротехнических работ. Такие комбинации выделены в двух вариантах:

во-первых, вдали от КЗС (найлены все 9 возможных сочетаний градаций возраста растительности и уровня техногенной нагрузки);

во-вторых, около КЗС (здесь реализованы только 5 сочетаний из 9).

Системные участки маркированы тройным кодом:

- прописная буква А или В – означает "вдали от КЗС" или "возле КЗС" соответственно;

- цифра 1, 2 или 3 – отражает возраст зарослей: "старые", "средневозрастные" или "новые" соответственно;

- строчная буква а, в или с – характеризует уровень техногенной нагрузки: "фоновое", "умеренное" или "сильное" соответственно.

Например, эталонный участок с индексом А2с находится вдали от КЗС и представляет заросли среднего возраста в условиях сильного воздействия гидротехнических работ.

Кроме того, наблюдаются два дополнительных (внесистемных) участка в зарослях макрофитов с наивысшим обнаруженным биоразнообразием.

Местоположение всех эталонных участков указано на рисунке 1.

Таким образом, наблюдения ведутся на 16 эталонных участках, представляющих основные сочетания возраста зарослей и уровня изучаемого воздействия.

Комплексная сравнительная количественная оценка экосистем разновозрастных зарослей макрофитов ВЧФЗ в градиенте воздействия гидротехнических работ выполняется впервые.

Ежегодные комплексные исследования на эталонных участках включают: аэрофотосъемку и картирование водной растительности; фитоценологические исследования; отбор и анализ проб воды, грунта, фитопланктона, зоопланктона, зообентоса (3 раза в год) на 28 станциях; наблюдения за водоплавающими и околоводными птицами при весенних и осенних миграциях и при гнездовании; изучение нереста и нагула молоди фитофильных видов рыб.



Рис. 1. Местоположение 14 системных эталонных участков (тёмные кружки) и 2 внесистемных участков с наивысшим разнообразием (светлые кружки)

Такие задачи исследования определяют необходимость оценивать состояние зарослевых экосистем на большой акватории, причём в достаточно сжатые сроки, обеспечивающие относительную одновременность этих оценок. Это определило значительную роль экспресс-методов исследования (не заменяющих, а дополняющих традиционные методы) – в частности, аэрофотосъёмок с применением квадрокоптера.

Аэрофотосъёмка и дешифрирование эталонных участков и растительных массивов.

Для аэрофотосъёмки исследуемых участков нами используется квадрокоптер DJI Phantom 4 с встроенной камерой с матрицей 1/2.3", 12Мп. Полетного времени аппарата (15-25 минут) хватает для выполнения съёмки с разрешением 6,5 см/пикс. на площади 45-50 га.

Аэрофотосъёмка растительности эталонных участков с дальнейшим дешифрированием результатов осуществляется в двух режимах:

– съёмка для получения ортофотоплана – с высоты около 150 м, с разрешением полученных результатов в 7 см/пиксель;

– выборочная съёмка для подробного картирования растительности на гидробиологических профилях, съёмки гидробиологических и ихтиологических станций, уточнения видовых диагнозов растений и прочих вспомогательных работ – с высоты от 5 до 20 м.

Съёмка для получения ортофотоплана охватывает не только сам эталонный участок, но и его периферически-внешние зоны, а именно:

– две латеральные базальные зоны, примыкающие к участку слева и справа, каждая шириной в половину ширины участка;

– фронтальная медиальная зона – полоса акватории, примыкающая к морской границе участка, с верхней границей в 50 м от морской границы участка;

– две фронтальные латеральные зоны – примыкающие к фронтальной медиальной зоне слева и справа, каждая шириной в половину ширины участка.

Сравнение характеристик растительности самого участка и его периферических зон позволяет оценивать репрезентативность участка применительно к представляемому им растительному массиву.

Аэрофотосъёмка растительных массивов, которым принадлежат эталонные участки, с дальнейшим дешифрированием результатов для получения ортофотоплана, производится с высоты около 500 м.

Общая площадь эталонных участков с их периферическими зонами составляет 4,5 км, общая площадь массивов – 17,5 км. При трёхкратной за сезон аэрофотосъёмке эталонных участков и растительных массивов (конец мая – начало июня, конец июля – начало августа и октябрь) осуществляется около 200 вылетов с общей протяжённостью полета около 1000 км.

Изучение зависимости результатов определения проективного покрытия акватории растительностью от высоты съёмки и природных условий.

Одним из результатов дешифрирования аэрофотоснимков является оценка проективного покрытия акватории растительными сообществами и отдельными видами макрофитов. Однако этот показатель может существенно зависеть как от высоты, с которой производилась аэрофотосъёмка, так и от условий окружающей среды. Для обеспечения корректной оценки и сравнительного анализа пространственно-временных изменений проективного покрытия водной поверхности теми или иными макрофитами количественно изучается влияние на этот показатель таких факторов, как уровень воды, время, освещённость, облачность, морское волнение, ветровые условия, глубина, прозрачность.

В частности, разрабатывается метод оценки подвижности растительного массива, влияющей на погрешности дешифрирования. Подвижность оценивается путём сравнительного анализа ортофотопланов опытного полигона, выполненных для различных ветровых условий. При этом ветровые отклонения растительности выявляются путём сравнения величин проективного покрытия с таковыми при безветрии.

Общее представление о влиянии высоты аэрофотосъёмки на эффективность идентификации и количественного описания макрофитов при дешифрировании снимков даёт приводимая таблица 1.

Таблица 1. Распознаваемость макрофитов при различной высоте съёмки в благоприятных метеоусловиях

Высота, м	Макрофиты						
	тростник, камыш, рогоз	кубышка	телорез	рдесты	водокрас	кладофора,с трелолист	погружен- ная рас- тительность
50	+	+	+	+	+	+	+
100	+	+	+	+	+	+	+
150	+	+	+	?	?	+	+
200	+	+	?	?	–	–	+
250	+	+	?	–	–	–	+
300	+	+	–	–	–	–	+
350	+	?	–	–	–	–	+
400	+	?	–	–	–	–	?
450	+	?	–	–	–	–	?
500	+	?	–	–	–	–	?

Примечание: обозначения "+", "-", "?" – распознавание возможно, невозможно, удаётся в некоторых случаях соответственно.

В целом, наибольшая зависимость результатов определения проективного покрытия от внешних факторов свойственна погружённой растительности и некоторым растениям с мелкими плавающими листьями. Наиболее стабильны результаты определения проективного покрытия

водной поверхности полупогружёнными растениями, формирующими сравнительно крупные плотные массивы (тростник, камыш, рогоз). Промежуточное положение занимают растения с крупными плавающими листьями (например, кубышка жёлтая).

В сопоставимых природных условиях по мере увеличения высоты съёмки в диапазоне от 50 до 500 м величина проективного покрытия, определяемая по результатам дешифрирования, для растительности с плавающими листьями и погружённой – закономерно убывает, для полупогружённой – значимо не меняется, флуктуируя вокруг постоянного среднего значения.

При этом степень негативного влияния высоты съёмки на оценочную величину проективного покрытия воды растительностью с плавающими листьями и погружённой существенно зависит от действия вышеуказанных природных факторов (от практически полного отсутствия влияния высоты во всём этом её диапазоне – до весьма значительного её влияния в неблагоприятных природных условиях).

Предварительные характеристики зарослей макрофитов различного возраста и местоположения.

Заросли макрофитов, возникшие ещё до начала сооружения КЗС ("старые"), обладают чётко выраженной зональностью. Обычно они сформированы одноярусными и многоярусными группировками макрофитов с преобладанием 2-3 ярусных зон зарастаний. Преимущественно это заросли плотные, стабильные. Возможности их дальнейшего расширения исчерпаны. Проективное покрытие поверхности воды растительностью в "старых" зарослях вдали от КЗС – 39–41 %, у КЗС – достигает 66 %. Дополнительное покрытие дна погруженной растительностью вдали от КЗС – 3-11 %, у КЗС – до 23 %.

Заросли, возникшие в период строительства КЗС ("средневозрастные"), являются многолетними равновесно-сменными сообществами макрофитов с преобладанием простых 1-2 ярусных группировок. Обычно это менее плотные заросли, они продолжают постепенно расширяться и уплотняться. Проективное покрытие поверхности воды растительностью в "средневозрастных" зарослях, соответственно, меньше: вдали от КЗС – 14–35 %, у КЗС – до 40 %. Дополнительное покрытие дна погруженной растительностью вдали от КЗС – 2-7%, у КЗС – местами до 43 %. Характерно, что заросли с наивысшим обнаруженным биоразнообразием оказались именно "средневозрастными" (оба внесистемных эталонных участка). Проективное покрытие поверхности воды растительностью здесь – 14–49 %, дополнительное покрытие дна погруженной растительностью – 1–12 %.

Заросли, образовавшиеся после завершения строительства КЗС, в последние 10 лет ("новые"), представляют собой многолетние пионерные сообщества макрофитов с преобладанием простых одноярусных группировок. Они занимают пока малую долю подходящих им биотопов и активно разрастаются. Проективное покрытие поверхности воды растительностью в "новых" зарослях минимально: вдали от КЗС оно варьирует от 2 до 12 %, у КЗС – до 20 %. Дополнительное покрытие дна погруженной растительностью вдали от КЗС – 0-10 %, однако у КЗС местами достигает 23 %.

Таким образом, проективное покрытие воды растительностью находится в достаточно чёткой прямой зависимости от возраста зарослей и от близости к КЗС.

Некоторые дополнительные возможности аэрофотосъёмки.

В рамках настоящего краткого сообщения могут быть лишь кратко упомянуты. Так, аэрофотосъёмка позволяет при выполнении программы "Плавни ВЧФЗ":

– Получать идеально прямой гидрботанический профиль всего эталонного участка даже в труднодоступных зарослевых массивах, делать неограниченное количество дополнительных подробных фотоснимков по всей акватории участка и его периферийным зонам даже в самых недостижимых местах плотных зарослей; при необходимости уточнять видовые диагнозы растений по фотографиям крупного плана, сделанным с малой высоты (5-20 м).

– Дополнять стандартные визуальные наблюдения полетной видеосъёмкой на малой высоте, что позволяет подробно изучать гнездование водоплавающих и околородных птиц в зарослях макрофитов, включая и самые труднодоступные их участки.

– Существенно увеличивать точность количественного учёта птиц на миграционных стоянках.