



УДК 551.481

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЗАРАСТАНИЯ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМА

**Казмирук Василий Данилович**, к.г.н., ведущий научный сотрудник отдела качества вод и экологии

ФГБУН Институт водных проблем РАН

119333, г. Москва, ул. Губкина, 3

---

*Работа выполнена в рамках темы №FMWZ-2022-0002 Государственного задания ИВП  
РАН*

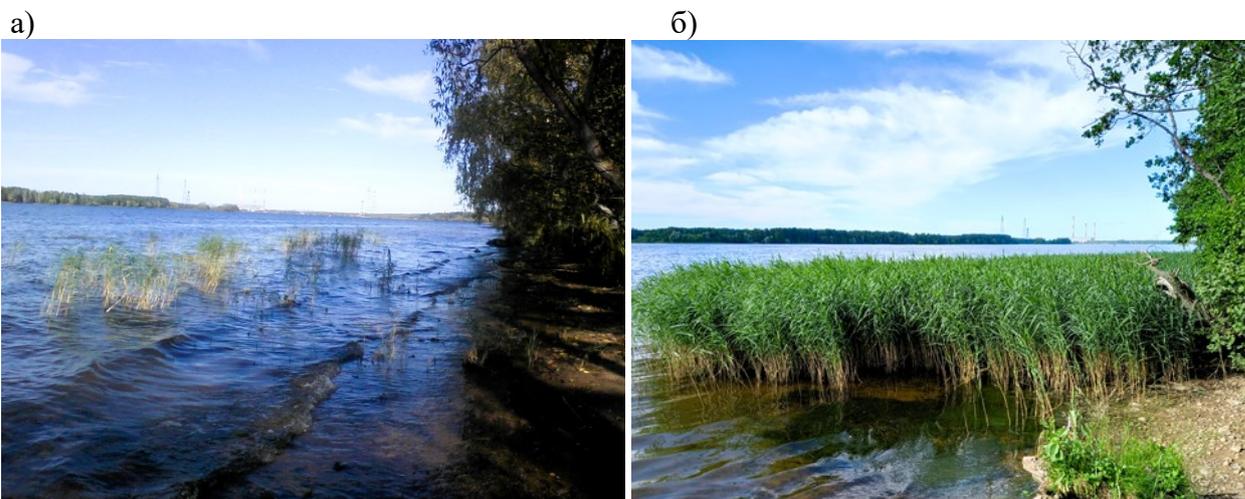
---

*Аннотация.* Зарастание мелководных водоемов - естественный процесс, на который накладываются множественная антропогенная нагрузка, распространение инвазивных видов макрофитов и изменение климата. Для Иваньковского водохранилища воздействие совокупности этих факторов проявляется в начавшемся в 2000-е годы массовом зарастании заливов чилимом (*Typha latifolia* L.), а прибрежных отмелей тростником обыкновенным (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Растительность играет разностороннюю средообразующую роль: препятствует развитию гидродинамических процессов, влияет на ледовые явления, выступает грунтообразующим материалом.

*Ключевые слова:* Иваньковское водохранилище, макрофиты, зарастание, гидродинамическая активность, грунтообразующий материал, ледовые явления.

Иваньковское водохранилище было создано в 1937 г. Около половины его площади (48 %) составляют мелководья. За прошедшие почти 90 лет существования водоема значительная часть его мелководий заросла, а растительность прошла несколько этапов развития. В верховьях заливов зарастаемость может достигать 100 %. Зарастание, заиление и заболачивание мелководий прогрессирует (рис. 1). Характерной особенностью зарастания Иваньковского водохранилища в последнее десятилетие является интенсивное распространение пояса тростниковых зарослей на ранее не заросших песчаных мелководьях и, особенно, распространение вида-вселенца – рогульника плавающего или чилима, широко распространенного в застойных зонах водных объектов Юга России. В 2008 г. встречались только отдельные, слабо развитые растения чилима в Мошковичском заливе Иваньковского водохранилища, куда сбрасываются подогретые воды Конаковской ГРЭС. Однако, уже в 2018 г. это растение сплошным ковром покрывало почти все непроточные и слабопроточные заливы в Иваньковском плесе водохранилища (рис. 2), который расположен ниже по течению от Мошковичского залива, что особенно проявлялось для правого берега водоема, где и расположен этот залив и вдоль которого распространяются сбрасываемые подогретые воды. При этом значительно (почти в 2 раза)

возросла биомасса самих растений. Отдельные очаги зарастания чилимом встречаются и в вышележащем Волжском плесе, например, в затопленной части устья р. Донховки. Однозначно нельзя характеризовать чилим как инвазивный или теплолюбивый вид, распространяющийся в результате изменения климата или глобального потепления. Это растение было широко распространено в озерах Центральной России, включая Московскую и Тверскую области, до середины прошлого века, а затем практически исчезло, оставаясь в изобилии в устьевой области Волги.



*Рис.1. Современные тенденции зарастания прибрежной полосы Ивановского водохранилища: а) 2015 г., б) 2022 г.*



*Рис.2. Зарастание заливов Ивановского водохранилища чилимом.*

Появление в какой-либо части водоема высшей водной растительности прямо и опосредованно влияет на все внутриводоемные процессы. Она играет существенную средообразующую роль, создает особую гетерогенную среду или выступает «экосистемным инженером», если использовать терминологию концепции экосистемного инжиниринга. Растительность выполняет разносторонние и разнонаправленные экосистемные, водоохранные и эстетические функции: препятствует развитию гидродинамических процессов, способствует их затуханию и осаждению взвешенных в

воде веществ, сорбирует взвешенные частицы на листьях и стеблях, перехватывает микропластик, препятствует размыву донных отложений, влияет на ледовые явления, накапливает и удерживает значительное количество биогенных и других химических элементов, насыщает воду кислородом, выступает грунтообразующим материалом, убежищем и источником питания для животных [1, 2]. Направленность процессов в зарастающих зонах зависит от гидродинамических условий, густоты и вида растительности, ее морфологических особенностей, места произрастания и сезона года. В некоторых случаях густые заросли макрофитов могут ухудшать экологическое состояние зарастающей части водоема: происходит накопление растительного опада и его деструкция в пределах зарастающей зоны, накапливаются загрязняющие вещества, концентрации которых со временем могут достигать опасных значений, снижается интенсивности фотосинтеза, наблюдается низкий уровень насыщения воды кислородом и низкая скорость минерализации органического вещества, создаются благоприятные гидродинамические условия для развития сине-зеленых водорослей, возникают заморные явления, происходит раннее угнетение и разложение макрофитов, появляются неприятные запахи, мелководья теряют рыбохозяйственную и рекреационную функции, происходит заиливание и заболачивание прибрежной полосы.

Одним из последствий изменения климата и, как следствие, увеличения количества и продолжительности засушливых периодов, является создание благоприятных условий для укоренения макрофитов на осушках при низком уровне воды, что приводит к скачкообразному зарастанию. Дополнительным фактором зарастания в маловодный период являются малые скорости движения воды, в результате чего, переносимые потоком семена растений оседают на грунт и прорастают. Маловодный период, как правило, совпадает с периодом вегетации и теплым сезоном года. При укоренении растений на новых отмелях скорости движения воды должны быть не более 10 см/с, также должны отсутствовать подвижки донного грунта. Дальнейшее затопление территории не приводит к деградации укоренившихся макрофитов. Именно подвижки грунта, вызванные ветровыми и судовыми волнами, препятствует укоренению макрофитов и зарастанию прибрежных отмелей Иваньковского водохранилища непосредственно у уреза воды, что является основной причиной формирования полос из тростника на удалении 3-10 м от береговой линии. Более того, острые края неокатанных фракций грунтообразующего материала, перемещающегося в волнобойной зоне, могут вызывать механические повреждения мягких побегов растений.

Большинство видов макрофитов достигают наибольшей биомассы и подходят к пику своего сезонного развития в июле - первой половине августа. Время начала вегетации, а также скорость достижения максимума биомассы зависит от вида растений, а также условий произрастания, в том числе климатических и погодных условий. Например, аномально теплая зима и весна 2020 г. стали причиной того, что развитие тростника на Иваньковском водохранилище началось примерно на 10 дней раньше, чем в предыдущие годы. В начальный период вегетации (вторая половина мая – первая половина июня) интенсивность роста тростника составляет 2,8-4,0 см/сут. Нижний предел приведенного диапазона, как правило, соответствует условиям, когда в этот период сохраняется прошлогодний сухостой или происходит затенение макрофитов прибрежной древесной растительностью. Обычно, максимум биомассы сохраняется до середины сентября, после чего происходит постепенная деградация растительного покрова.

Существует ряд особенностей деструкции различных видов макрофитов. К примеру, при незначительном затоплении зарослей, сухостой тростника и новая поросль в течение нескольких месяцев существует параллельно, а некоторые экземпляры сухостоя (до 10 %) могут находиться в вертикальном положении круглый год. Этому способствуют новые растения, образующие густые заросли и препятствующие наклону и ломке растений под действием ветра. Заросли тростника, находящиеся в ложбине и защищенные от ветрового воздействия, более длительное время не погружаются в воду и не подвержены интенсивной деструкции. Также не подвержены интенсивной деструкции те части и фрагменты растений, которые вмерзли в лед.

В результате того, что в начале вегетационного периода до 95 % прошлогоднего тростника находится в виде сухостоя, молодая поросль быстрее прорастает на периферии растительной ассоциации, где более благоприятные условия по освещенности и питанию, а также не сказывается угнетающее влияние накопления продуктов метаболизма, что имеет место в центре ассоциации. При прочих равных условиях, когда растительная ассоциация не ограничена естественными (глубина воды, берег) или искусственными границами (например, береговые сооружения), она приобретает характерную кольцеобразную форму. Внутри кольца происходит накопление растительного опада, во-первых, по причине слабого водообмена и невозможности выноса фрагментов растений за пределы мест произрастания, во-вторых, ввиду большой фитомассы и замедления процессов ее деструкции. Содержание растворенного в воде кислорода на таких участках может падать до нуля.

Погружение в воду растительного опада рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.) и манника большого (*Glyceria spectabilis* Mert. & W.D.J. Koch) происходит в конце ноября - начале декабря и в значительной степени зависит от условий установления снежного покрова. Потерявшие гибкость, отмершие листья этих растений, под воздействием ветра перегибаются на высоте 25-35 см от уровня воды для рогоза и на высоте 5-10 см - для манника. Верхушки листьев погружаются в воду, что ускоряет процесс фрагментации и выщелачивания в этих частях растений. Разница в высоте перегиба для этих видов объясняется толщиной растений и различиями в их жесткости. При выпадении снега до установления ледостава, листья рогоза и манника почти полностью погружаются в воду, придавленные снегом. Над поверхностью воды остается только прикорневая часть растений. После погружения растений в воду начинается их интенсивная фрагментация и дальнейшая деструкция. В случае выпадении снега после установления ледостава, листья рогоза под тяжестью снега ложатся на лед и сохраняются в таком состоянии до вскрытия водоема.

Изменение климатических условий, экстремальные погодные явления, а также искусственное регулирование гидрологического режима, могут существенно повлиять на скорость и место деградации растительного опада. Так, в результате аномально теплой зимы 2019-20 гг., ледовый и снежный покров на Иваньковском водохранилище практически не сформировался, в результате чего сухостой прибрежных зарослей тростника, который к тому времени уже стал хрупким, большую часть зимнего периода подвергался интенсивному механическому ветро-волновому воздействию. К марту месяцу более 70 % стеблей сухостоя тростника, а также практически все листья и соцветия растений были фрагментированы и вынесены из мест произрастания волнами и течениями. Этот процесс еще больше усилился в результате весеннего наполнения водохранилища, что привело к затоплению зарастающих мелководий, усилению ветро-волновых явлений в прибрежной полосе, к чему еще и добавилось воздействие от судовых волн. Ветровыми и судовыми волнами часть фрагментов тростника была выброшена на берег, сформировав маты толщиной до 15 см и шириной до 1,5 м. Такие маты из фрагментов тростника и, частично рогоза и манника, начинают интенсивно формироваться в конце ноября - начале декабря. Деградация этой части опада тростника уже будет происходить в воздушной среде, скорость деградации в которой, в значительной степени, будет определяться погодными условиями и интенсивностью антропогенного воздействия на прибрежную полосу. В первой половине июня основная масса фрагментов тростника (более 60 %), находящихся на берегу у уреза воды продолжает сохранять структурную целостность, хотя примерно третья часть крупных фрагментов подвержена дальнейшей фрагментации, частично уносится в водоем или засыпается наносами при штормовых ветро-волновых явлениях (рис.3). Часть мелких фрагментов смывается в водоем во время ливней. Аналогичные процессы наблюдались с отмершей надземной частью камыша озерного. Только к концу сентября прибрежная полоса очищается от фрагментов прошлогодней растительности.



*Рис.3. Накопление растительного опада в прибрежной полосе водохранилища*

Сравнение содержания химических элементов в однотипных грунтах на заросших участках и чистоводе показывает, что заросли макрофитов существенно обогащают донные отложения, как в целом органическим веществом, так и биогенными элементами. На заросших участках наблюдается 1,1-3,0 кратное превышение органического вещества и продуктов его разложения, чем на незаросших открытых участках. Более 40 % массы опада остаются в донных отложениях литорали после 2 лет деструкции, которая идет медленно и приводит к образованию богатых органикой отложений.

Многолетние наблюдения автора за процессами образования и таяния льда в зарастающих зонах Иваньковского водохранилища свидетельствуют о том, что макрофиты оказывают существенное влияние на эти процессы. В случае значительного ветрового воздействия, особенно на внешнем крае тростниковых зарослей, ледовый покров формируется позже, чем в тыльной их части у берегов. Кроме общеизвестных причин этого явления (более медленное охлаждение водных масс, развитие ветрового волнения), следует отметить дополнительное перемешивание воды, вызванное интенсивным колебанием стеблей тростника под воздействием ветра. Если температура воздуха отрицательная, верхняя часть стеблей тростника, находящаяся над водой, охлаждается сильнее, чем та, что находится под водой. В результате, на границе между поверхностью воды и воздухом, на стеблях тростника формируются конические наледи, высота которых зависит от амплитуды колебания волн на данном участке, то есть до какой высоты происходит периодическое погружение растений в воду (рис.4). Эти наледи, расширяясь и смерзаясь, являются первичным звеном формирования ледового покрова на внешнем крае зарослей тростника. Изменение климата, его потепление и усиление ветро-



Рис.4. Конические наледи на тростнике на ранней стадии формирования ледового покрова

волновой активности позволяют предположить, что такая стадия формирования ледового покрова будет встречаться чаще и период ее существования будет более длинным.

#### **Список литературы:**

1. Казмирук В. Д. Барьерная роль макрофитов при загрязнении водных объектов микропластиком // Наука. Инновации. Технологии. – 2021. – №3. – С. 133-149.
2. Thomaz S. M. Ecosystem services provided by freshwater macrophytes // Hydrobiologia. – 2021. – V. 850. – P. 2757-2777.

## **MODERN TRENDS OF MACROPHITE GROWTH IN THE IVAN'KOVO RESERVOIR AND THEIR INFLUENCE ON HYDROECOLOGICAL PROCESSES**

Vasily D. Kazmiruk

*Abstract.* Overgrowing of shallow water bodies is a natural process, which is superimposed by multiple anthropogenic impacts, the spread of invasive macrophyte species and climate change. For the Ivan'kovskoye Reservoir, the impact of these factors combined is manifested in the mass overgrowing of bays with water caltrop (*Trapa natans* L.), and coastal shallows with common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), which began in the 2000s. Vegetation plays a diverse environment-forming role: it prevents the development of hydrodynamic processes, affects ice phenomena, and acts as a sediment-forming material.

*Keywords:* Ivan'kovskoye Reservoir, aquatic macrophyte overgrowth, water moving, sediments, ice phenomena.

