

ВСПЛЫВАНИЕ ТОРФЯНЫХ МАСС В РЫБИНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ: МЕХАНИЗМЫ, РИСКИ И НЕОБХОДИМОСТЬ МОНИТОРИНГА

В.Р. Косьяненко, студент

Научный руководитель: Д.А. Солодовников, канд. геогр. наук, доцент

Волгоградский государственный университет

(Россия, г. Волгоград)

DOI:10.24412/2500-1000-2026-5-1-7-12

***Аннотация.** В статье рассмотрено явление всплывания торфяных залежей на Рыбинском водохранилище – одном из крупнейших искусственных водоемов Европы, созданном на сильно заболоченных территориях. Показано, что основной причиной подъема торфяных массивов служит накопление биогенных газов (метана) внутри залежи, а также смерзание торфа с ледяным покровом при зимней сработке уровня. Описана трансформация затопленных торфяников в плавучие острова на примере о. Святковский мох. Приведены данные о площадях торфяных отложений по съемкам 1992-1994 гг. и последующих наблюдениях, показана тенденция частичного закрепления островов вследствие зарастания. Выделены «опасные» и «очень опасные» зоны вблизи гидроузла, где дрейфующие торфяные острова создают помехи судоходству и угрозу нормальной эксплуатации Рыбинской ГЭС. Сделан вывод о необходимости регулярного мониторинга положения, размеров и состояния торфяных массивов с использованием методов дистанционного зондирования и натурных обследований.*

***Ключевые слова:** Рыбинское водохранилище; всплывание торфа; торфяные острова; дрейфующие массивы; метан; опасные зоны; мониторинг.*

Создание крупных равнинных водохранилищ почти всегда сопровождается неожиданными геологическими и экологическими эффектами. Один из самых наглядных и при этом наименее изученных – всплывание торфяных залежей. Если водоем проектируют и заполняют на территории с обширными болотами, то спустя некоторое время после подъема уровня начинают происходить странные вещи: со дна поднимаются целые фрагменты торфяников, превращаясь в плавучие острова. Такая картина характерна для многих водохранилищ Верхней Волги, но особенно ярко проявилась на Рыбинском.

Рыбинское водохранилище заполняли в 1941-1947 гг., его площадь при нормальном подпорном уровне достигает 4550 км², а средняя глубина не превышает 5-6 м. До затопления здесь располагались обширные массивы болот, в том числе торфяники с мощностью залежи от 1-2 до нескольких метров. После заполнения начался процесс, который не был в полной мере предсказан проектировщиками: часть торфа не осталась на дне, а начала всплывать. Сначала – небольшие фрагменты, затем – целые блоки, а со временем – обширные поля, которые стали дрейфовать по акватории.

По состоянию на конец XX – начало XXI века общая площадь торфяных островов в пределах Рыбинского водохранилища оценивалась примерно в 50 км². Некоторые из них, например Святковский мох, достигают 7 км в длину и 3 км в ширину. Эти образования не статичны: они постепенно разрушаются волнами, обрастают растительностью, частично закрепляются, но одновременно от них отрываются новые фрагменты, которые продолжают дрейфовать. Возникает целый комплекс проблем: помехи судоходству, засорение водозаборов, угроза гидротехническим сооружениям, изменение гидрохимического режима.

Цель настоящей работы – обобщить известные данные о механизмах всплывания торфа на Рыбинском водохранилище, оценить связанные с этим явлением риски и предложить направления для организации мониторинга. Основой послужили материалы курсового проекта, выполненные с использованием опубликованных результатов многолетних наблюдений Института биологии внутренних вод, геологических съемок и ведомственных данных.

Условия и механизмы всплывания торфяных залежей

Чтобы понять, почему затопленный торф не лежит на дне спокойно, а стремится на поверхность, нужно вспомнить его природу. Торф – это не полностью разложившиеся растительные остатки, содержащие огромное количество органического вещества. В болотных условиях разложение идет медленно из-за недостатка кислорода и кислой среды, но после затопления водохранилищем ситуация меняется. Под водой анаэробные бактерии продолжают разрушать органику, выделяя в качестве одного из конечных продуктов метан.

Метан накапливается внутри торфяной массы. Растворимость его в воде невелика, а пузырьки газа стремятся подняться вверх. Однако внутри залежи они оказываются запертыми: поры торфа заполнены водой, капиллярные силы и связность материала препятствуют свободному выходу газа. В итоге давление внутри массива растет. Как только сила газового давления и архимедова подъемная сила превышают вес вышележащей толщи и силы сцепления с подстилающими грунтами, торфяной блок отрывается и начинает всплывать.

Второй, не менее важный механизм связан с ледовым фактором. Рыбинское водохранилище каждый год замерзает. В зимний период обычно проводят сработку уровня – воду сбрасывают через гидроузел, и горизонт опускается до отметки мертвого объема (97,1 м против 102 м НПУ). На мелководьях ледяной покров при понижении уровня не опускается вслед за водой, а оседает на дно и примерзает к поверхности торфа. Весной, при быстром подъеме воды, лед вместе с примерзшим торфом отрывается от дна и всплывает. Такой механизм обеспечивает особенно массовое появление плавучих островов после суровых зим с мощным ледоставом и последующим дружным половодьем.

Специалисты выделяют несколько факторов, влияющих на вероятность всплывания: ботанический состав торфа (верховой торф с низкой степенью разложения всплывает легче), его зольность (чем больше минеральных примесей, тем тяжелее), глубина залегания (на мелководьях газ часто выходит самопроизвольно, а на глубинах 3-7 м создаются оптимальные условия для задержки газа), а так-

же наличие перекрывающих слоев песка или глины, которые могут играть роль «крышки».

На Рыбинском водохранилище основная масса торфяных массивов сконцентрирована в бывших руслах рек Волги, Шексны и Мологи, а также в пределах Молого-Шекснинской котловины. Именно здесь мощность торфяников до затопления достигала максимальных значений (до 5-8 м), а после заполнения здесь сформировались зоны с глубинами 6-14 м – то есть достаточно глубокие для того, чтобы газ накапливался, но не настолько, чтобы давление воды препятствовало подъему.

Трансформация донных отложений в плавучие острова

После первых лет существования водохранилища (1940-1950-е) процесс всплывания шел очень активно. В литературе описаны случаи, когда поднявшиеся торфяные поля имели площадь в несколько квадратных километров и толщину от 0,5 до 2,5 м. Они выходили на поверхность частично, часто в полупогруженном состоянии. Края таких островов быстро разрушались волнами, куски торфа отламывались и начинали самостоятельный дрейф. Так возникали вторичные, еще более мелкие фрагменты.

К 1970-1980-м годам картина стала постепенно меняться. Плавающие торфяники, которые продержались на поверхности достаточно долго, начинали зарастать. Сначала появлялись осока, тростник, рогоз. Затем – ивняк, береза, ольха. Корни растений пронизывали торфяную массу, делая ее более связной и устойчивой к размыву. Одновременно происходило постепенное минеральное обогащение за счет накопления взвешенных частиц и выпадения осадков. В итоге некоторые острова перестали дрейфовать, их подводная часть утратила положительную плавучесть, и они «причалили» к дну – либо за счет собственного веса, либо за счет сцепления с грунтом.

Свидетельством таких процессов служит карта донных отложений, составленная по результатам съемки 1992-1994 гг. На ней выделяются не только зоны «затопленного торфа» и «торфянистого ила», но и области «заболачивающихся почв» – по сути, участки, где торфяные острова закрепились и начали превращаться в сушу.

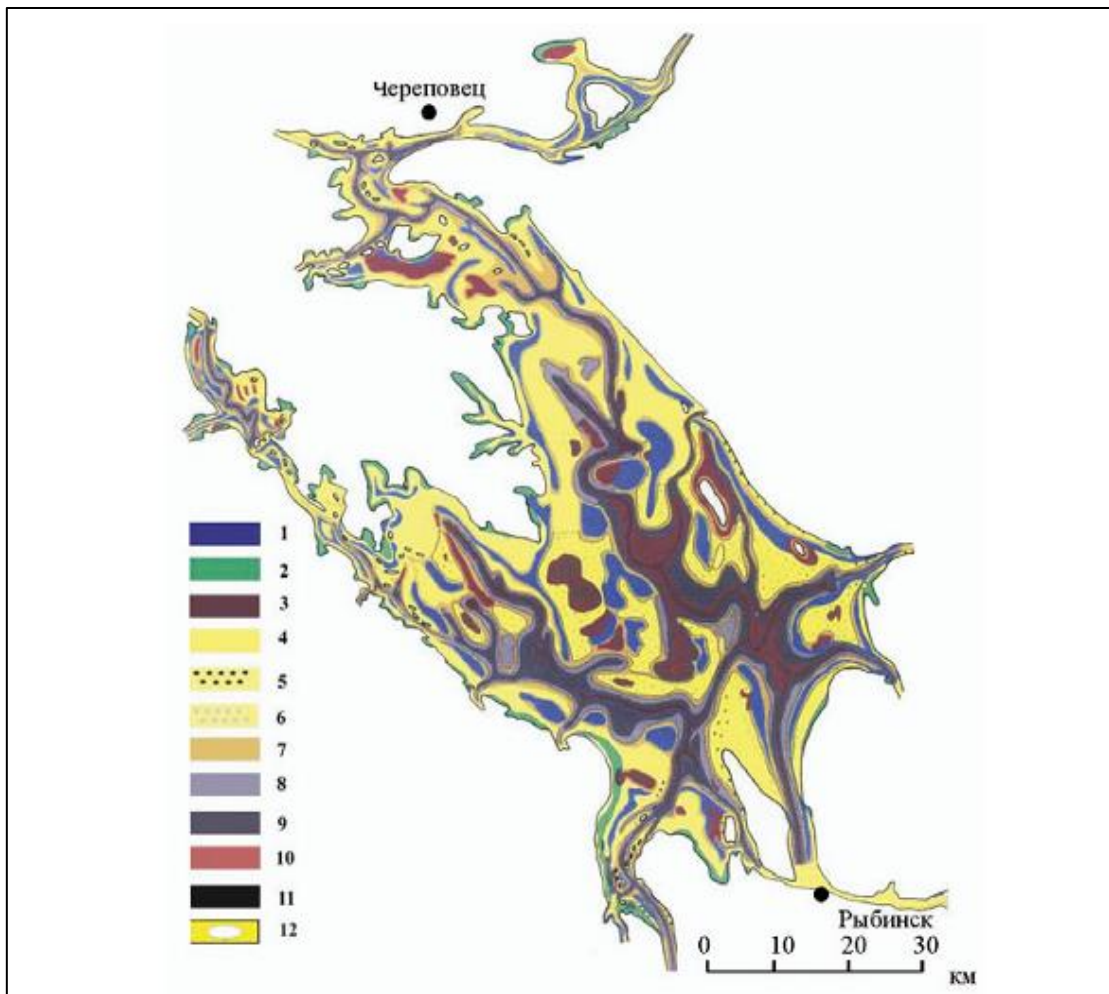


Рисунок. Карта донных отложений Рыбинского водохранилища (съёмка 1992-1994 гг.) [4]

Примечание: 1 – размытые почвы; 2 – заболачивающиеся почвы; 3 – затопленный торф; 4 – пески; 5 – песок с торфяной крошкой; 6 – песок с галькой; 7 – илистый песок; 8 – песчанистый ил; 9 – глинистый (серый) ил; 10 – торфянистый ил; 11 – торфогенный ил; 12 – острова

По данным, приведенным в источнике [4], за полосой волнового прибоя в ряде мест сформировались песчаные валы высотой 1-3 м, за которыми началось активное накопление органики и формирование болотных почв с ивовыми зарослями, двукосточником и осок. Общая площадь таких «закрепленных» территорий к началу 2000-х оценивалась примерно в 70 км².

В то же время на глубинах более 14 м, в бывших руслах рек (особенно Шексны от пос. Мяксы до плотины), продолжали накапливаться торфогенные илы. Здесь плавучесть часто сохраняется, и процессы отрыва новых фрагментов не прекращаются. Наблюдения 2006-2009 гг. подтвердили общую тенденцию: общая площадь собственно плавучих торфяных массивов сокращается, но они не исчезают полностью, а смещаются в более глубокие, защищенные от волнения участки. Кроме то-

го, старые острова постепенно «стареют», а новые образуются редко.

Остров Святовский мох: самый известный пример

Лучше всего изучен в этом смысле остров Святовский мох. Его название произошло от местности, которую затопили в 1941 году. До заполнения водохранилища здесь располагалось обширное болото (собственно Святовский мох) с мощным слоем торфа. После подъема воды примерно через 2-3 года болото начало всплывать. Сейчас остров вытянут с северо-запада на юго-восток примерно на 7 км, его ширина достигает 3 км, а площадь составляет около 12 км².

Примечательная особенность Святовского мха – он не является полностью свободно дрейфующим. Исследования показывают, что его центральная часть сохранила связь с грунтом, вероятно, через более плотные слои торфа или за счет частичного закрепления. Тем

не менее края острова активно размываются, и в штормовые периоды от него откалываются немалые фрагменты. В навигацию эти оторвавшиеся куски могут представлять опасность для маломерных судов, рыболовецких сетей и водозаборов.

На самом острове сегодня есть древесно-кустарниковая растительность, встречаются ива, береза, отдельные сосны. Поверхность торфа плотная, местами даже выдерживает вес человека, но в дождливые сезоны сильно переувлажняется. Остров включен в природоохранные зоны, посещение его без специального разрешения ограничено. Судоходные организации учитывают его местоположение при прокладке маршрутов, обходя его по глубоководной части.

Риски: опасные зоны вблизи гидроузла

Для эксплуатации Рыбинской ГЭС и судоходства главную угрозу представляют не стационарные острова, а дрейфующие фрагменты. Они могут иметь размер от нескольких метров до сотен метров, обычно низко сидят в воде (выступают на 20-50 см) и плохо различимы на радарх малых судов. Ветер легко перемещает их по акватории. В связи с этим было введено понятие «опасной зоны» – участка акватории, который торфяной остров при устойчивом штормовом ветре 15 м/с и более может преодолеть за одни сутки. Для массивов, покрытых кустарником, протяженность такой зоны от плотины достигает 60 км. Если же ветер дует непрерывно в направлении гидроузла в течение 5-6 часов, выделяют «очень опасную зону».

В литературе по проектированию водохранилищ на заболоченных территориях принято выделять два типа зон риска. «Опасная зона» – это участок акватории, который торфяной остров при устойчивом штормовом ветре (15 м/с и более) может преодолеть за 24 часа. Для торфяных массивов, покрытых кустарником, протяженность такой зоны от плотины составляет примерно 60 км. Если остров уже оторвался и попал в эту зону, то при неблагоприятном направлении ветра он может достичь створа гидроузла за сутки, и у служб эксплуатации есть время на принятие мер (например, буксировка или уничтожение).

«Очень опасная зона» – более жесткий критерий: расстояние, которое остров проходит за 5-6 часов непрерывного ветра того же

направления. Для тех же торфяных массивов с кустарником это 15-17 км. Если дрейфующий объект оказывается в пределах «очень опасной зоны», у оперативного персонала практически нет времени на реагирование. Попадание крупного торфяного массива в водоприемники или на водосливную плотину может привести к забиванию решеток, снижению пропускной способности, повреждению оборудования.

В истории Рыбинского водохранилища известны случаи, когда торфяные острова подходили к плотине на расстояние менее 1 км и требовали срочных мероприятий по их отбуксировке или растаскиванию взрывами. После этого на ГЭС были разработаны внутренние регламенты мониторинга дрейфующих объектов, но полностью проблема не снята до сих пор.

Интересная особенность зафиксирована на мелководьях: за полосой волнового прибоя сформировался песчаный вал высотой 1,5-3,0 м. За этим валом начались процессы отчуждения суши части акватории – там активно идет гидроморфное почвообразование с появлением ивовых зарослей, двухкосточника и осоки. Такие участки уже занимают около 70 км². Фактически происходит естественное закрепление бывших плавучих торфяников и их превращение в стабильные острова с болотной растительностью. Наблюдения 2006-2009 гг. полностью подтвердили эту тенденцию: площади открытых торфяных массивов уменьшаются, но они не исчезают, а смещаются в более глубокие, защищенные от ветра зоны.

Таким образом, современное состояние торфяного комплекса Рыбинского водохранилища можно охарактеризовать как переходное: значительная часть залежей уже закрепились, но процесс всплывания и отрыва новых фрагментов полностью не прекратился. Это требует сохранения системы мониторинга, включающей регулярную аэрокосмическую съемку, гидроакустическое профилирование наиболее торфонасыщенных районов и учёт дрейфующих объектов. Только такой комплексный подход позволит своевременно прогнозировать риски и минимизировать ущерб для инфраструктуры и судоходства.

Организация мониторинга и методы наблюдения

Для управления рисками необходимо регулярно отслеживать несколько параметров. Во-первых, положение, площадь и толщину стационарных торфяных массивов – они могут со временем менять плавучесть и податливость к размыву. Во-вторых, появление новых дрейфующих фрагментов и их траектории. В-третьих, состояние приплотинной зоны – скопление плавника, торфяной крошки, мелких островков.

Наиболее эффективным признается сочетание трех групп методов. Дистанционное зондирование (космические снимки среднего разрешения, а также данные с беспилотников для локальных участков) позволяет быстро оценить обстановку на всей акватории. Геодезические методы с использованием реперов на берегах дают возможность судить о скорости размыва торфяных берегов. И наконец, гидроакустическая съемка (эхолотирование с высоким разрешением) помогает контролировать толщину оставшихся на дне торфяных залежей и обнаруживать подводные скопления газа, которые предвещают новые всплытия.

Применительно к Рыбинскому водохранилищу наиболее проблемные участки находятся в районе бывших русел Шексны и Мологи, а также в центральном плесе. Там целесообразно установить постоянные створы для ежегодных акустических профилирований. Дополнительно следует вести каталог всех более-менее крупных торфяных массивов с координатами и характеристиками растительного покрова.

Выводы. Всплывание торфа на Рыбинском водохранилище – сложный многолетний про-

цесс, который не закончится в обозримой перспективе. Пусть его интенсивность снизилась по сравнению с первыми десятилетиями после заполнения, но полного прекращения ожидать не приходится. Газообразование в затопленной органике продолжается, ледовый фактор действует каждый год, а волновой размыв обеспечивает постоянный материал для дрейфа. Основные выводы сводятся к следующему:

1. Механизмы всплывания – преимущественно биогенное газонакопление (метан) и примерзание ко льду при зимней сработке уровня. Оба фактора действуют одновременно, усиливая друг друга.

2. Часть торфяных массивов со временем закрепляется за счет зарастания и накопления минеральных осадков, превращаясь в стабильные острова (как Святовский мох). Другая часть остается «активной» – продолжает дрейфовать или разрушаться.

3. Наиболее опасны дрейфующие фрагменты в зонах протяженностью 15-60 км от плотины ГЭС, которые при штормовых ветрах могут достичь гидроузла за время от нескольких часов до суток.

4. Система мониторинга должна включать регулярную аэрокосмическую съемку, гидроакустические исследования наиболее торфонасыщенных районов и ведение базы данных по состоянию плавучих массивов.

5. Предложенные меры позволят снизить риски для судоходства и гидроэнергетики, а также дадут научный материал для прогноза аналогичных явлений на других водохранилищах, созданных на заболоченных территориях (Горьковское, Верхнесвирское и др.).

Библиографический список

1. Тачалов С.Н. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водохранилища верхней Волги: монография / С.Н. Тачалов; под ред. З.А. Викулиной, В.А. Знаменского. – Ленинград: Верхневолжское управление гидрометеорологической службы, 1975. – 291 с.

3. Фортунатов М.А. Природные ресурсы Молого-Шекснинской низины. Рыбинское водохранилище / М.А. Фортунатов, гл. редактор В.В. Криницкий – Вологда: Библиотека им И.В. Бабушкина, 1974. – С. 200-242.

3. Китаев А.Б. Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: учебное пособие / А.Б. Китаев, В.Г. Калинин, О.В. Ларченко, М.А. Бакланов. – Пермь: ПГНИУ, 2021. – 543 с.

4. Законнов В.В. Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги / В.В. Законнов, А.С. Литвинов, А.В. Законнова // Труды Института биологии внутренних вод. – Ярославль: ИБВВ им. И.Д. Папанина, 2015. – С. 21-35.

5. Святовский мох // TravelAsk. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: – <https://travelask.ru/blog/posts/38456-svyatovskiy-moh>.

SURFACING OF PEAT MASSES IN THE RYBINSK RESERVOIR: MECHANISMS, RISKS AND THE NEED FOR MONITORING

V.R. Kosyanenko, *Student*

Supervisor: *D.A. Solodovnikov, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor*

Volgograd State University

(Russia, Volgograd)

Abstract. *The article examines the phenomenon of peat deposits surfacing in the Rybinsk reservoir, one of the largest artificial reservoirs in Europe, created in heavily swampy areas. It is shown that the main reason for the rise of peat massifs is the accumulation of biogenic gases (methane) inside the deposit, as well as the freezing of peat with ice cover during winter level action. The transformation of submerged peat bogs into floating islands is described using the example of O. Svyatovsky moss. The data on the areas of peat deposits from the surveys of 1992-1994 are given. and subsequent observations show a tendency for partial island consolidation due to overgrowth. The "dangerous" and "very dangerous" zones near the hydroelectric complex have been identified, where drifting peat islands interfere with navigation and threaten the normal operation of the Rybinsk hydroelectric power station. It is concluded that it is necessary to regularly monitor the position, size and condition of peat massifs using remote sensing methods and field surveys.*

Keywords: *Rybinsk reservoir; peat surfacing; peat islands; drifting massifs; methane; hazardous areas; monitoring.*