

Карпенко Николай Игоревич  
Karpenko Nikolay Igorevich

Студент  
Student

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины  
Francisk Skorina Gomel State University

## ВЛИЯНИЕ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ НА АККУМУЛЯЦИЮ $^{137}\text{Cs}$ ГИДРОФИТАМИ ОЗЕРНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

## THE EFFECT OF WATERLOGGING ON THE ACCUMULATION OF $^{137}\text{Cs}$ BY HYDROPHYTES OF THE LAKE ECOSYSTEM

**Аннотация:** Проводились исследования экосистемы озера. Установлен процесс заболачивания водоема и способствующие этому факторы: обмеление и протекающие сукцессионные процессы. За период исследования осуществляли радиометрический анализ растительных образцов и воды, в результате чего был составлен прогноз изменения удельной активности радионуклидов.

**Abstract:** Studies of the lake ecosystem were carried out. The process of swamping of the reservoir and the factors contributing to this have been established: shallowing and ongoing successional processes. During the study period, radiometric analysis of plant samples and water was carried out, as a result of which a forecast was made for changes in the specific activity of radionuclides.

**Ключевые слова:** озеро, водоем, обмеление, сукцессия, заболачивание, гидрофиты,  $^{137}\text{Cs}$ , экосистема.

**Key words:** lake, pond, shallowing, succession, waterlogging, hydrophytes,  $^{137}\text{Cs}$ , ecosystem.

**Введение.** Основными источниками пресной воды, помимо рек, являются озера. Однако, зачастую в природных условиях, водоемы подвержены процессам загрязнения и последующему зарастанию. Так, в отличие от рек, способных к самоочищению за счет движения воды по течению, а также ее разбавлению и перемешиванию, большинство пресных озер являются

водоемами стоячего типа и естественная способность к самоочищению у них значительно ниже [1, с. 55].

Расположенная в низине экосистема озера постоянно подвергается попаданию различных поллютантов, в зоне риска, в первую очередь, находятся пойменные водоемы, вблизи которых располагаются фермы, сбрасывающие в них сточную воду с накопленными в ней неорганическими (песок, глина и т.д.) и различными органическими примесями [2, с. 222].

Увеличение обилия органики в водоеме способствует развитию флуктуации, а также сукцессионных процессов. Флуктуации в отличие от сукцессий характеризуются различной ориентированностью (или цикличностью) изменений фитоценозов от года к году и по периодам лет, устойчивостью флористического состава, возвратом к состоянию, близкому к исходному. В большинстве случаев флуктуации имеют характер волнообразных изменений [3].

Так или иначе, при накоплении водоемом органических веществ и развитии естественных сукцессионных процессов, происходит заболачивание акватории озерных экосистем. Заключительным этапом является образование болота [4].

В Республике Беларусь ситуация осложняется особенностями радиоэкологической обстановки в регионах. Местами загрязнения являются как территории лесов и сельскохозяйственных угодий, так и водоемы, заливные луга, поймы [5, с. 60].

В результате катастрофы на ЧАЭС в атмосферу было выброшено огромное количество радионуклидов, которые осели на берегах рек и пойменных озерах. Основные поллютанты загрязнения на территории нашей страны:  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ . После катастрофы на ЧАЭС для 137 тыс. кв. км (2/3) территории Беларуси уровни загрязнения почвы цезием-137 превышали 10 кБк/м<sup>2</sup>, доаварийное же загрязнение почвы этим радионуклидом составляло от 1,5 до 3,7 кБк/м<sup>2</sup>. Источниками аккумуляции радиоактивных

веществ в основном стали растения и почва, но часть радионуклидов по-прежнему содержится в пресных водоемах, став частью их экосистем [6].

**Результаты исследования.** Объектом изучения на протяжении ряда лет было озеро «Кривое», расположенное в окрестностях населенного пункта Шерстин Ветковского района Гомельской области. Изучаемая экосистема находится в зоне радиоактивного загрязнения с правом на отселение, то есть на территории, где среднегодовая эффективная доза облучения населения может превысить 1 мЗв в год.

Водоем имеет смешанный тип питания, которое осуществляется за счет сброса воды с мелиорированных земель в окрестностях н. п. Однополье и весеннего затопления пойменного луга. Озеро Кривое соединяется протоком с рекой Сож. При большом приходе воды с мелиорированных земель излишки сбрасываются в реку. Само озеро является водоприемником для мелиорированных земель.

В течение нескольких лет наблюдается существенное обмеление озера, что взаимосвязано с его интенсивным зарастанием. В условиях 2010 г по состоянию на 30 июня на территориях контуров 1-3 выделяется не покрытая растениями водная поверхность (рис. 1).

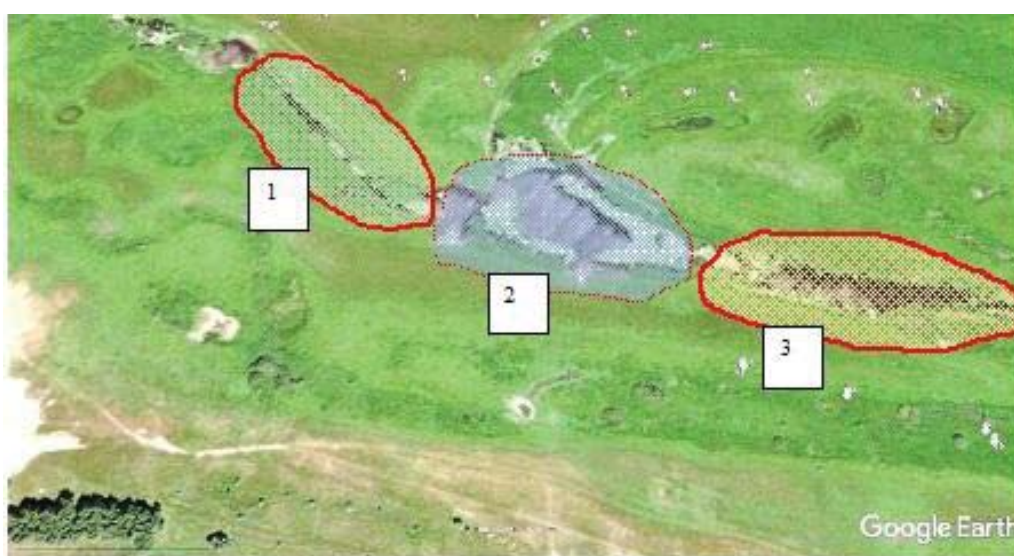


Рис. 1. Водная поверхность фрагмента озера на 30. 06. 2010 г

По состоянию на 9 мая 2019 г контур 3 почти полностью покрыт различной растительностью, которая помимо прочего включает также и кустарники.

Установлено, что в 2020 году на участке перехода контура 2 в контур 3 водная поверхность занимает свыше 9 процентов.

На 2021 год глубина водоема не превышает 50 см. В 2019 году глубина водоема достигала 150 см. Из чего следует, что за 3 года глубина озера уменьшилась в 3 раза. Катализатором протекания данного процесса являются компоненты отмирающих растений, которые накапливаются на дне водоема.

За период изучения акватории водоема отбирались образцы воды. Содержание радионуклидов в воде варьировалось в пределах ниже минимальной детектируемой активности до 10 Бк/л. В немалой степени это связано с наличием взвесей в воде, то есть вода была мутная.

По мнению многих авторов существуют индикаторные виды растений антропогенного эвтрофирования и загрязнения водоемов. К ним относятся: *Potamogeton perfoliatus* L., *Typha latifolia* L., *Lemna minor* L. и *L. trisulca* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.

В 2019 году видовое разнообразие экосистемы озера составляли: ряска малая (*Lemna minor*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), телорез обыкновенный (*Stratiotes aloides*), ситник лягушачий (*Juncus ambiguus*), кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida*). Результаты радиометрирования представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  Бк/кг прибрежно-водной и водной растительностью на протяжении 2019 – 2021 гг.**

| Год  | № п/п | Вид растений         | Содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг |
|------|-------|----------------------|------------------------------------|
| 1    | 2     | 3                    | 4                                  |
| 2019 | 1     | Рогоз широколистный  | 22                                 |
|      | 2     | Кубышка желтая       | 190                                |
|      | 3     | Телорез обыкновенный | 56                                 |
|      | 4     | Ситник лягушачий     | 35                                 |

|      |   |                        |     |
|------|---|------------------------|-----|
| 2020 | 1 | Телорез обыкновенный   | 29  |
|      | 2 | Кубышка желтая         | 18  |
|      | 3 | Ситник лягушачий       | 5   |
|      | 4 | Рдест пронзеннолистный | 101 |
| 2021 | 1 | Телорез обыкновенный   | 228 |
|      | 2 | Осока острая           | 90  |
|      | 3 | Ситник лягушачий       | 189 |

Как видно из таблицы 1, в 2019 г наибольшее количество цезия-137 аккумулировала кубышка, наименьшее – рогоз.

На момент исследования 2020 г видовое разнообразие экосистемы озера включает: ряска малая, телорез обыкновенный, кубышка желтая, рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus*), ситник лягушачий.

Таким образом, было установлено заболачивание озера под воздействием сукцессионных процессов, водная растительность стала сменяться аквафлорой способной обитать в условиях мелководья. С территории водоема полностью исчезла кувшинка чисто-белая, уменьшилась численность кубышки желтой, увеличилась – телореза обыкновенного и ряски малой. В толще воды наблюдались скопления представителей вида рдест пронзеннолистный. По сравнению с 2019 г изменилось видовое разнообразие прибрежно-водной растительности.

В результате сукцессии на летний период 2021 года обилие фитоценозов экосистемы озера существенно сократилось и выглядит следующим образом: ряска малая, телорез обыкновенный, осока острая (*Carex acuta*), ситник лягушачий.

Доминирующим видом по-прежнему остается телорез, заросли которого все активнее занимают свободную от растительности водную поверхность, которой на период последнего исследования (2021 г) осталось менее 9 %. кубышку сменила бурно развивающаяся осока, представители которой заполнили всю прибрежно-водную территорию водоема.

Результаты радиометрирования водной и прибрежно-водной растительности за весь временной промежуток исследования представлены в таблице 1.

Было отмечено, что обмеление водоема ускоряет сукцессионные процессы, на смену гидрофитам приходят растения, способные обитать в условиях мелководья, – все это оказывает воздействие на количество накопления  $^{137}\text{Cs}$  прибрежно-водной и непосредственно водной растительностью. Чем меньше глубина водоема, тем большее количество радионуклидов аккумулируют гидрофиты (рис. 1).

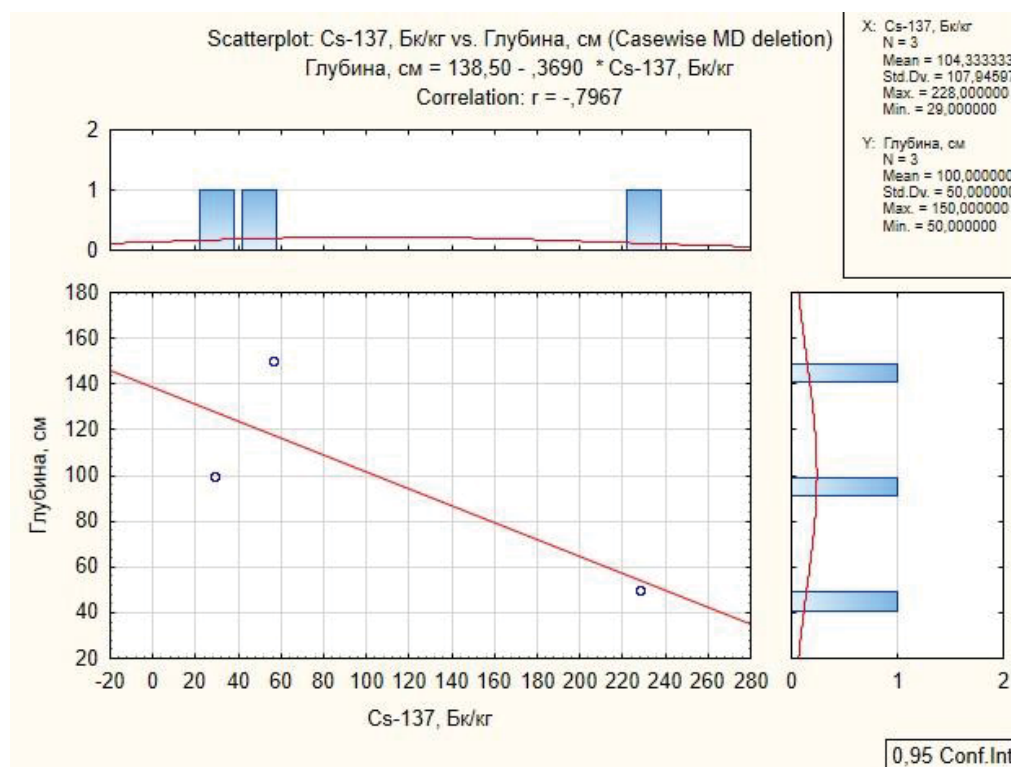


**Рис. 1. Взаимосвязь обмеления водоема и накопления  $^{137}\text{Cs}$  гидрофитами на примере телореза**

Как видно из рисунка 1, достоверность корреляции уменьшения глубины водоема и увеличение аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  телорезом составляет 80 %.

Данная закономерность связана с тем, что в воде радиоцезий находится в растворенном состоянии осаждаясь в гораздо меньшем объеме, за счет чего

уменьшается уровень удельной активности почвогрунта озера, в котором укореняются и получают необходимые питательные вещества гидрофиты.

Был составлен прогноз изменения аккумуляции цезия-137 телорезом на период 2019 – 2025 гг (рис. 2).

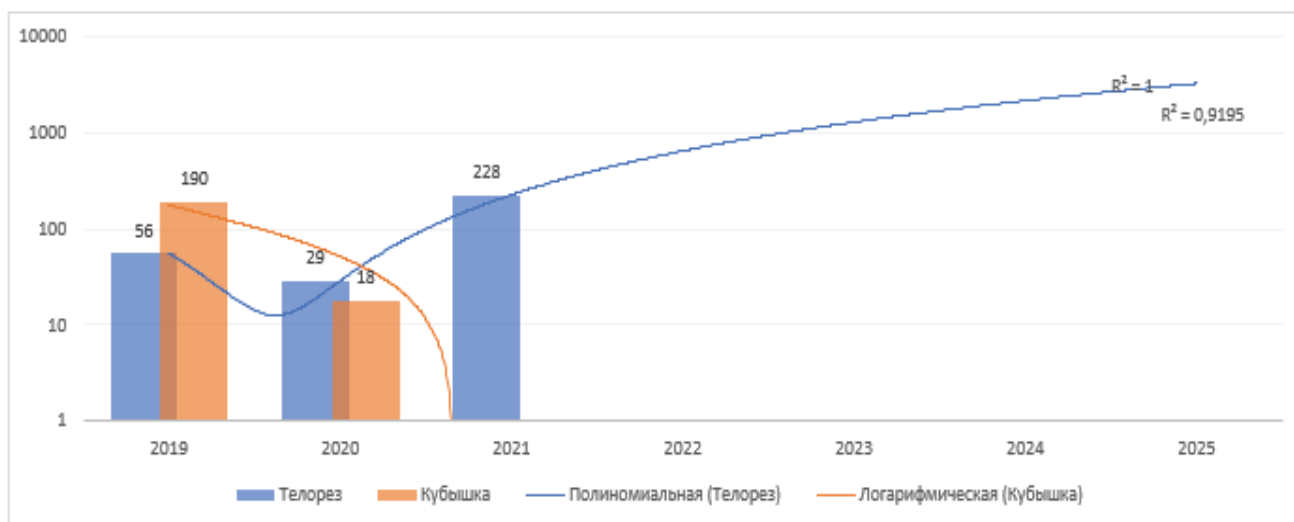


**Рис. 2. Прогноз изменения аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  телорезом обыкновенным на период 2019 – 2025 гг.**

Как видно из рисунка 2, критерий достоверности указывает на постепенное увеличение накопления радионуклидов телорезом обыкновенным вплоть до 2025 г, что напрямую связано с уменьшением глубины водоема и увеличением количества представителей данного вида. Таким образом, прослеживается корреляция между обмелением акватории озера и активностью телореза.

В ходе анализа динамики зарастания водоема и уменьшении его глубины было установлено:

- а) в 2021 г, по сравнению с 2019 г, изменилось видовое разнообразие прибрежно-водной растительности в сторону уменьшения;
- б) обмеление водоема ускоряет сукцессионные процессы, на смену гидрофитам приходят мелководные растения;

в) за весь период изучения данной акватории (2019 – 2021 гг) доминирующая роль принадлежала ряске малой – 45% и телорезу обыкновенному – 43 %;

г) с каждым годом уменьшается глубина и сокращается видовое разнообразие озерной экосистемы, а численность ряски и телореза – увеличивается;

д) увеличение обилия сообщества телореза коррелирует с повышением содержание  $^{137}\text{Cs}$  в растительной массе;

ж) было установлено заболачивание озера под воздействием сукцессионных процессов.

### Библиографический список:

1. Самоочищение природных вод : Сборник науч. трудов по итогам международной науч.-практ. конференции 2016 / Териков А. С. [и др.]. – Новосибирск : Инновационный центр развития образования и науки, 2016. – 59 с.

2. Румянцев В. А., Кудерский Л. А. Ладожское озеро: общая характеристика, экологическое состояние / В. А. Румянцев, Л. А. Кудерский. – Санкт-Петербург : ООО Центр науч.-информ. технологий Астерион, 2019. – 230 с.

3. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов вузов). – М. : Изд-во НИА-Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.

4. Кутявина Т. И. Изучение процессов эвтрофикации водных объектов Кировской области / Кутявина Т. И. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Киров, 2017. – 20 с.

5. Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф. Сравнительный анализ техногенного загрязнения остроосоковых лугов в Белорусском полесье / Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев. – Брянск : Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского, 2019. – 80 с.

6. Последствия чернобыльской катастрофы для Беларуси [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://chernobyl.mchs.gov.by/informatsionnyy-tsentr/posledstviya-chernobylskoy-katastrofy-dlya-belarusi> (дата обращения 27.03.2022).