

УДК 58.02

DOI: 10.46689/2218-5194-2021-3-1-61-76

## ЗАРАСТАНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ СНИЖЕНИИ УРОВНЯ ВОДОХРАНИЛИЩА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНО-МАГНИЕВЫХ СОЛЕЙ

Н.Г. Максимович, Е.Г. Ефимик, О.А. Березина

*Рассмотрено техногенное воздействие на Нижне-Зырянское водохранилище, связанное с разработкой Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и влиянием городской застройки. Дано представление о влиянии высокоминерализованных подземных вод на видовой состав формирующихся растительных ассоциаций, проведено геоботаническое обследование осушенной зоны водохранилища в связи со снижением уровня. Предложены варианты искусственных посадок для повышения водоохранно-защитных свойств, снижения поверхностного стока и эрозионных процессов на территории осушенной части.*

*Ключевые слова: растительность, зарастание, водохранилище, донные отложения, засоление, галофиты, Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей.*

### Введение

Водоохранилища, расположенные в районах с высокой техногенной нагрузкой, в том числе связанных с добычей полезных ископаемых, подвержены различным негативным процессам [1]. Исследования выполнены на Нижне-Зырянском водохранилище, расположенном в Пермском крае на территории г. Березники в зоне разработки Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС), включая подработанные территории (рис 1).



**Рис. 1. Нижне-Зырянское водохранилище, верхний бьеф**

Месторождение является одним из самых крупных в мире [2, 3]. Березники – второй по величине город Пермского края, крупный промышленный центр с развитой инфраструктурой и экономикой.

По проекту площадь водохранилища при нормальном подпорном уровне 115,5 м (НПУ) составляла 4,35 км<sup>2</sup>. После аварии на БКПРУ-1 в 2006 г. процесс оседания земной поверхности стал некомпенсируемым горными мероприятиями, в связи с этим было принято решение о снижении уровня воды в водохранилище на 1 м ниже НПУ из-за риска подтопления жилых территорий [4]. В дальнейшем происходило постепенное снижение уровня, в настоящее время его временный подпорный уровень (ВПУ) составляет 112,0 м. Это привело к осушению значительных площадей и повлияло на гидродинамический и гидрохимический режимы поверхностных и подземных вод. Исследования, проведенные в 2020 г., показали, что происходящие естественные процессы зарастания донных отложений на осушенной части водохранилища имеют ряд особенностей, связанных с техногенной нагрузкой.

#### **Методы исследования**

Обследование флоры и растительности зоны зарастания Нижне-Зырянского водохранилища проводилось в сентябре 2020 г. Полевые обследования проводились по общепринятым методикам – маршрутным методом и на пробных площадях [5, 6], гербаризация осуществлялась стандартными методами [7]. Видовой состав растений определялся как непосредственно на местности, так и после камеральной обработки [8, 9]. Номенклатура видов приводилась по «Иллюстрированному определителю растений Пермского края» [8].

Проведены химические анализы поверхностных вод, подземных вод, донных отложений, грунта осушенной части водохранилища на химические, токсикологические, санитарно-гигиенические, микробиологические показатели. Отбор проб выполнен в соответствии с нормативными документами [10 – 14].

#### **Объект исследования**

Нижне-Зырянское водохранилище создано на р. Зырянка в 1954 – 1956 г. для водоснабжения промышленных предприятий г. Березники (рис. 2). Создание водохранилища обусловило развитие техногенных процессов, влияющих на экологическую обстановку, – переработка берегов, формирование слоя донных отложений и др. [15].

Проектные и фактические характеристики, измеренные после нескольких этапов снижений уровня воды, значительно отличаются: объем уменьшился на 10,97 млн м<sup>3</sup>, а площадь водного зеркала – в 2,9 раза. Площадь осушенной территории к 2020 г. составила 2,75 км<sup>2</sup> (табл. 1).



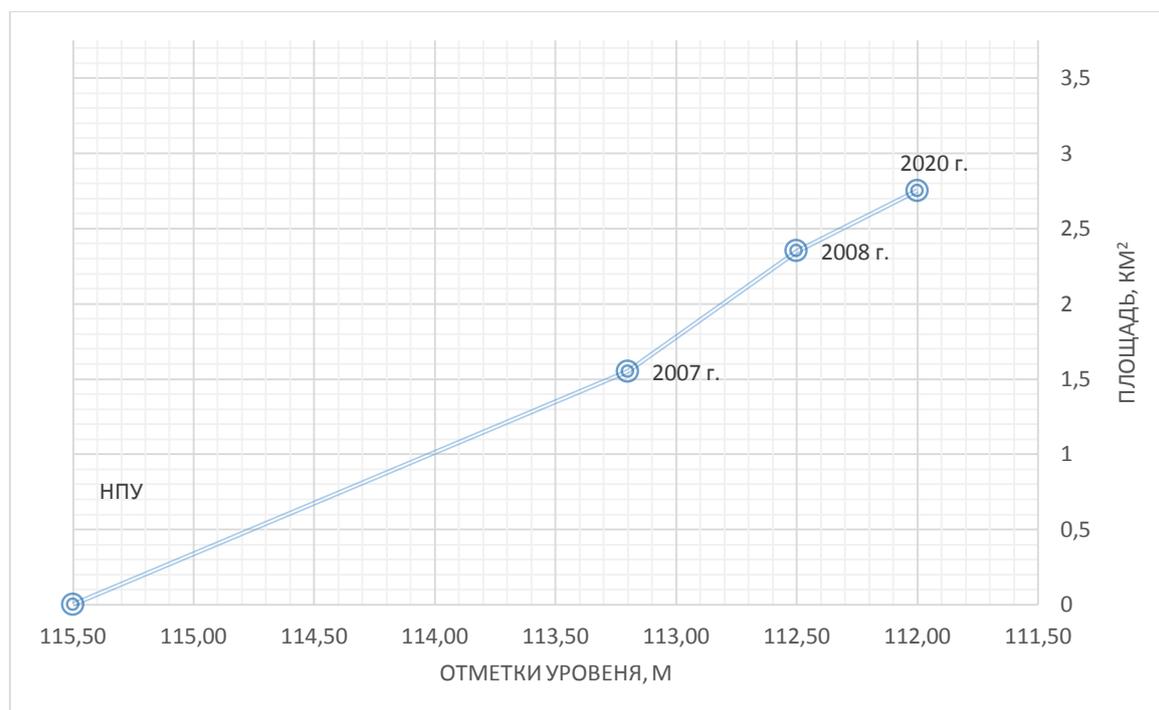
**Рис. 2. Очертание Нижне-Зырянского водохранилища при различных уровнях воды (2007 г. – 114,5 м и 2020 г. – 112,0 м)**

**Таблица 1**  
**Проектные и фактические характеристики Нижне-Зырянского водохранилища**

Характеристика	Единицы измерения	Величина
Нормальный подпорный уровень (НПУ)	м	115,50
Уровень мертвого объема (УМО)		112,50
Форсированный уровень в паводок вероятностью превышения		116,10
<b>Объем водохранилища</b>		
полный	млн м <sup>3</sup>	12,30
полезный		10,10
при ВПУ 112,00		1,33
<b>Площадь зеркала</b>		
При НПУ	км <sup>2</sup>	4,35
При УМО		2,04
при ВПУ 112,00		1,50
Длина при НПУ	км	4,0
Средняя ширина при НПУ		1,0
Средняя глубина при НПУ		2,4
Длина при ВПУ 112,00	км	1,9
Средняя ширина при ВПУ 112,00		0,9
Средняя глубина при ВПУ 112,00		1,6
Регулирование	-	Сезонное

Заращение осушенной части водохранилища, в том числе скорость заращения и типы формирующихся фитоценозов, во многом зависят от характеристик донных отложений (рис. 3). Факторы, влияющие на их формирование: негативное воздействие городской застройки, в том числе выпуск сточных ливневых вод г. Березники, привнос загрязняющих веществ р. Зырянкой и её притоками, перетоки и разгрузка минерализованных подземных вод и др.

Прослеживается засоление донных отложений: сумма токсичных солей превышает допустимые 0,2 %. При этом содержание солей колеблется в широких пределах – 900...20600 мг/кг.

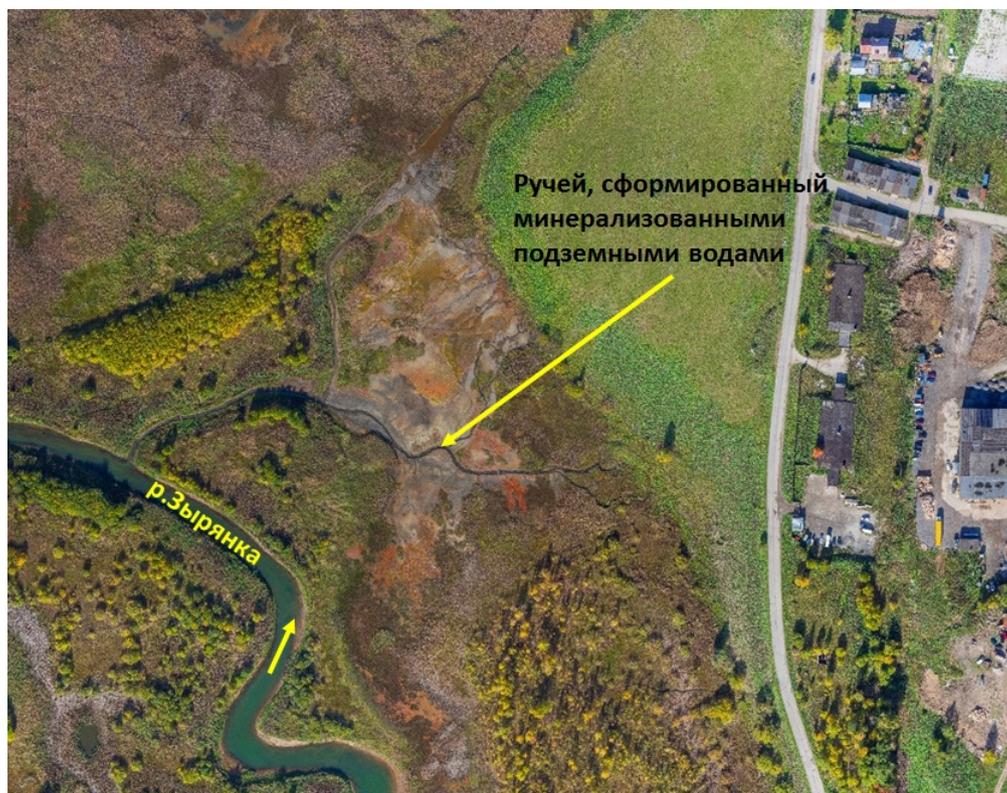


**Рис. 3. Площади осушенных донных отложений при снижении уровня в водохранилище**

Особо стоит отметить родники, расположенные в хвостовой части водохранилища и выше зоны выклинивания подпора. Здесь находится несколько зон разгрузки засоленных подземных вод, связанных с перетоками по скважинам [16]. Родниковые воды, стекая по поверхности земли, образуют ручьи (рис. 4). Воды характеризуются хлоридно-кальциевыми водами с минерализацией до 9,5 г/дм<sup>3</sup>. Значения некоторых компонентов превышают нормативные значения: сухой остаток до 26652 мг/дм<sup>3</sup>, хлориды до 10075 мг/дм<sup>3</sup>, магний до 926 мг/дм<sup>3</sup>, натрий до 1325 мг/дм<sup>3</sup>.

Химическое загрязнение донных отложений, оцененное по стандартному перечню показателей и суммарному показателю Zс, соответствует категории «допустимое». Незначительные превышения нормативных

значений по содержанию мышьяка и кадмия не меняют общей оценки – суммарная химическая нагрузка не превышает допустимую.



**Рис. 4. Зоны интенсивной разгрузки минерализованных вод в долине р. Зырянка выше зоны выклинивания подпора**

Микробиологические, паразитологические, а также радиологические исследования показали отсутствие превышений нормативных значений и безопасность донных отложений для человека. По результатам биотестирования анализируемые донные отложения являются нетоксичными. Оценка агроэкологического состояния показала, что донные отложения характеризуют слабощелочная реакция, высокая обеспеченность органическим веществом, среднефракционный грансостав.

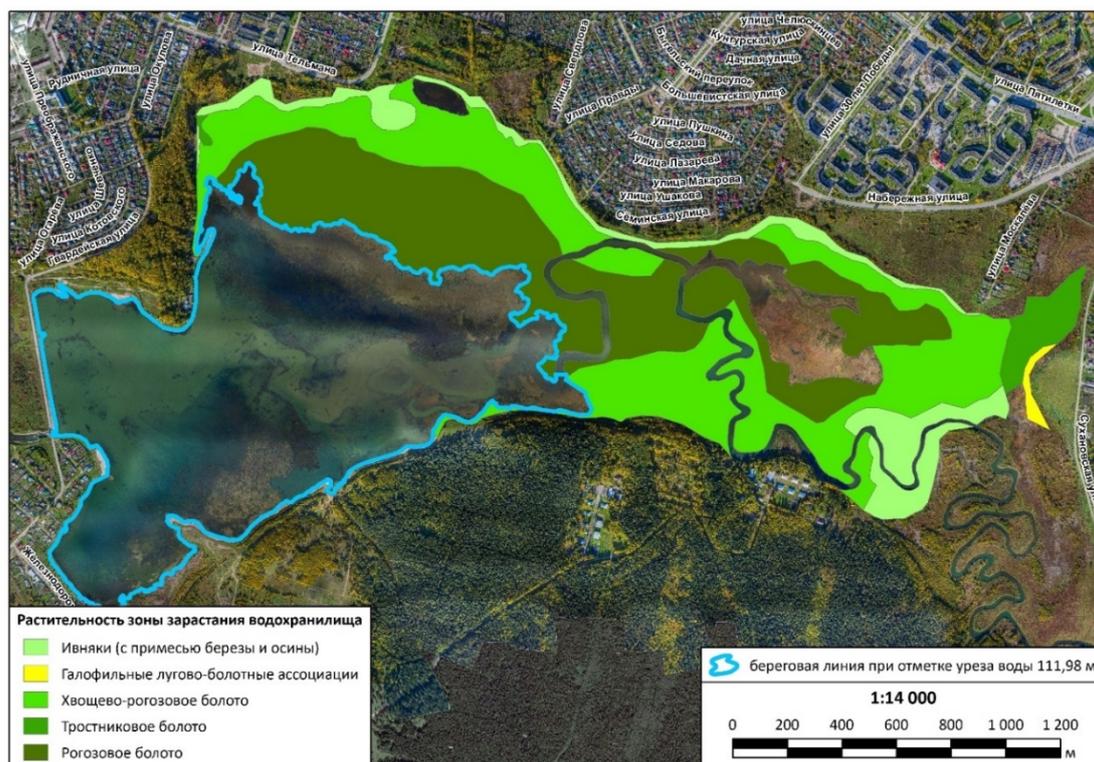
Коренная флора также имеет важное значение при формировании растительных сообществ на осушенной части водохранилища. Участок расположения Нижне-Зырянского водохранилища находится в пределах ботанико-географического района южнотаежных пихтово-еловых лесов [9], в подрайоне с преобладанием осиновых и березовых лесов на месте южнотаежных темнохвойных лесов.

Размещение на берегах водоема промышленных объектов и жилых кварталов г. Березники обусловило существенные преобразования растительного покрова на водосборной территории водохранилища. Под влиянием хозяйственных вырубок и нарастающей техногенной нагрузки занятая лесами площадь существенно сократилась. Современная лесистость

территории почти в 2 раза ниже относительно зонального уровня и на 30 % ниже средней лесистости Пермского края [17]. Это наложило определенный отпечаток на территориальное распределение и современное состояние растительного покрова водосборной территории водохранилища – условно коренные южно-таежные растительные формации представлены фрагментарно в комплексе с культурными насаждениями, лугово-кустарниковыми сообществами и сорно-рудеральными растительными группировками. Наиболее сохранившийся условно естественный лесной массив в ареале рассматриваемого воздействия представлен на южном побережье водохранилища. На пригородной территории г. Березники темнохвойные леса вследствие вырубок замещены вторичными смешанными насаждениями с преобладанием лиственных пород: березы, осины, ольхи.

### Результаты и обсуждение

Ботаническое обследование показало, что на большей части осушенной территории водохранилища зарастание происходит по классическому пути: от травянистых гигрофильных болотных фитоценозов к влажным луговым, лугово-кустарниковым и кустарниковым сообществам (рис. 5).



**Рис. 5. Растительность осушенной зоны Нижне-Зырянского водохранилища**

Некоторые различия и особенности зарастания берегов осушаемого водохранилища связаны с рядом причин: со временем сброса воды из водохранилища; с глубиной осушенной части акватории водохранилища на

момент сброса; с составом вод, поступающих в водохранилище из рек и ключей; с толщиной заиления; с близостью городской застройки.

Растительность осушенной части водохранилища после снижения уровня воды в 2007 г, приведшего к высвобождению от воды 2,85 км<sup>2</sup>, в настоящее время представлена преимущественно ивняками (различные виды рода *Salix*) с примесью березы повислой (*Betula pendula*) и осины (*Populus tremula*). Травяной ярус довольно однообразен и включает не только прибрежно-водные и луговые виды растений, но и большое количество сорно-рудеральных видов, что связано с близостью городской застройки, большим количеством дорог и тропинок в непосредственной близости, которые являются основными путями заноса диаспор данных видов.

Основными видами сосудистых растений ивовых сообществ являются двукосточник тростниковидный (*Phalaroides arundinacea*), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), кипрей волосистый (*Epilobium hirsutum*), камыш лесной (*Scirpus sylvaticus*), дудник лесной (*Angelica sylvestris*), осока острая (*Carex acuta*), бодяк разнолистный (*Cirsium heterophyllum*), ситник членистый (*Juncus atriculatus*), ситник сплюснутый (*Juncus compressus*), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*) и др. В этих ассоциациях отмечен инвазивный вид – недотрога железконосная (*Impatiens glandulifera*).

Наибольшие площади (в северной и северо-восточной частях) занимают более молодые хвощево-рогозовые болотные ассоциации (рис. 6).



**Рис. 6. Хвощево-рогозовая растительная ассоциация**

Доминантами в этих фитоценозах являются рогоз широколистный (*Typha latifolia*) и хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*). Наряду с ними обычны кипрей болотный (*Epilobium palustre*), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris*), двухисточник тростниковидный (*Phalaroides arundinacea*), камыш лесной (*Scirpus sylvaticus*), паслен сладко-горький (*Solanum dulcamara*), зюзник европейский (*Lycopus europaeus*), осока острая (*Carex acuta*), щавель конский (*Rumex confertus*), подмаренник болотный (*Galium palustre*), лютик ползучий (*Ranunculus repens*), вех ядовитый (*Cicuta virosa*) и др. В некоторых участках отмечается активное возобновление видов ив (*Salix* sp.), которые встречаются ближе к полосе относительно взрослых ивняков.

В переходной зоне между ивовыми и хвощево-рогозовыми ассоциациями отмечаются неширокие полосы с доминированием двухисточника тростниковидного (*Phalaroides arundinacea*) и таволги вязолистной (*Filipendula ulmaria*). Состав остальных видов растений сходен с вышеописанными сообществами.

Ближе к неосушенной зоне водохранилища в сходных условиях увлажнения встречаются более молодые сообщества, где наряду с рогозом широколистным (*Typha latifolia*) и хвощом топяным (*Equisetum fluviatile*) встречается больше видов-гелофитов, таких как частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica*), триостренник болотный (*Triglochin palustre*), клубекамыш скученный (*Bolboschenus compactus*), манник складчатый (*Glyceria plicata*), ситняг болотный (*Eleocharis palustris*), а также череда трехраздельная (*Bidens tripartita*), череда лучистая (*Bidens radiata*), овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea*), полевица побегообразующая (*Agrostis stolonifera*), ситник членистый (*Juncus atriculatus*) и ряд других. Сорно-рудеральных видов в этих растительных ассоциациях практически не отмечено в связи с их относительной молодостью.

В некоторых участках осушаемой зоны водохранилища хвощево-рогозовые ассоциации сменяются тростниковыми (рис. 7). Фитоценозы с доминированием тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) представляют почти монодоминантные сообщества, лишь по окраинам таких участков добавляются виды, характерные для вышеописанных болотных биотопов. Надо отметить, что участки с тростником тяготеют к восточной части водохранилища, сменяя хвощево-рогозовые ассоциации.

В восточной части водохранилища находятся выходы минерализованных источников, которые осуществляют засоление почв. Постоянное поступление засоленных вод оказывает существенное влияние на формирование растительных ассоциаций, в естественном состоянии не характерных для Пермского края. В целом, галофильная флора характерна для тех районов края, где засоленные сточные воды выходят на поверхность. Такие участки отмечены в районе г. Соликамск и Березники, с. Усть-Игум и др., связаны с разгрузками по старым рассолоподъёмным скважинам [18].

Галофитные растения также встречаются в зонах естественной разгрузки соленых вод, например, в Дурнятской карстовой котловине [19]. Для аборигенных видов такие условия, как правило, являются стрессовыми, поэтому зарастание идет преимущественно за счет адвентивных видов, устойчивых к засолению.



**Рис. 7. Фитоценозы с доминированием тростника *Phragmites australis***

В районе выхода на поверхность минерализованных источников (гидрокарбонатно-кальциевых и сульфатно-кальциевых) сформированы растительные ассоциации, в составе которых присутствуют адвентивные галофильные виды. В непосредственной близости от источников отмечены заросли торичника солончакового (*Spergularia salina*) (рис. 8), лебеды отклоненной (*Atriplex patens*), бескильницы расставленной (*Puccinellia distans*), триостренника приморского (*Triglochin maritimum*), латука татарского (*Lactuca tatarica*), подорожника топяного (*Plantago uliginosa*). Кроме данных видов, встречаются типичные прибрежно-водные и влаголюбивые виды: ситник сплюснутый (*Juncus compressus*), камыш озерный (*Scirpus lacustris*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), пырей ползучий (*Agropyron repens*), хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*), дудник лекарственный (*Angelica archangelica*), манник складчатый (*Glyceria plicata*), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), кипрей волосистый (*Epilobium hirsutum*), осока острая (*Carex acuta*), сердечник горький (*Cardamine amara*), вероника ручейная (*Veronica beccabunga*), щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa*) и др.



**Рис. 8. *Spargularia salina* в районе разгрузки высокоминерализованных подземных вод**

Песчаные возвышенные осушенные участки зарастают преимущественно горцем почечуйным (*Polygonum persicaria*), мать-и-мачехой обыкновенной (*Tussilago farfara*), чередой трехраздельной (*Bidens tripartita*), щавелем малым (*Rumex acetosella*), ситником членистым (*Juncus atriculatus*), ситником сплюснутым (*Juncus compressus*), щучкой дернистой (*Deschampsia cespitosa*), щавелем приморским (*Rumex maritimus*), марью белой (*Chenopodium album*), полевицей побегообразующей (*Agrostis stolonifera*), подорожником большим (*Plantago major*), клевером ползучим (*Trifolium repens*) и др.

По всему периметру осушенной зоны водохранилища, примыкающей к городской застройке, поселкам, дорогам и необрабатываемым полям, встречается большое количество луговых и сорно-рудеральных видов растений, проникающих в формирующиеся на месте осушения биотопы. Проникновение происходит довольно быстро и легко и связано с молодостью формирующихся биотопов, которые еще не находятся в режиме фитоценотической устойчивости.

Среди таких видов наиболее распространенными являются мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*), лопух паутинистый (*Arctium tomentosum*), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum*), донник лекарственный (*Melilotus officinalis*), клевер ги-

бридный (*Trifolium hybridum*), костер безостый (*Bromus inermis*), полевица гигантская (*Agrostis gigantea*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), кульбаба осенняя (*Leontodon autumnalis*), подорожник большой (*Plantago major*), клевер ползучий (*Trifolium repens*), астра иволистная (*Symphotrichum* × *salignum*), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina*) и мн. др.

Несмотря на то, что на осушенной части водохранилища достаточно успешно протекают естественные сукцессионные процессы, формирующиеся сообщества недостаточно фитоценотически устойчивы и в настоящее время не совсем эффективны для стабилизации экологической обстановки. Кроме того, на начальных этапах формирования в данные сообщества могут легко внедряться синантропные и опасные инвазионные виды растений.

Для повышения водоохранно-защитных свойств и снижения поверхностного стока и эрозионных процессов на территории осушенной части водохранилища, необходимо формирование древесно-кустарниковых насаждений, укрепление береговых откосов и пр. Древесно-кустарниковые насаждения повышают качество поверхностных и грунтовых вод, в определенной мере очищая их от различных видов загрязнения.

Для создания более устойчивых насаждений необходимо формировать многоярусные искусственные посадки достаточной ширины из яруса травянистых растений, яруса кустарников и деревьев. Кроме того, это должны быть виды местной флоры, встречающиеся в данном ботанико-географическом районе. Это позволит сформировать многоярусные группировки, близкие к естественным, что повысит их фитоценотическую устойчивость.

Учитывая то, что основная часть зарастающей зоны водохранилища представляет из себя гидрофильные, гигрофильные и гигро-мезофильные группировки, то предлагаемые для посадки виды на первоначальных этапах озеленения должны относиться к этим экологическим группам.

В связи с этим из многолетних травянистых растений для озеленения заболоченной зоны водохранилища (наряду с уже произрастающими) предлагается использовать дербенник иволистный (*Lythrum salicaria*), ирис ложноаировидный (*Iris pseudoacorus*), рогоз узколистный (*Typha angustifolia*), манник большой (*Glyceria maxima*), сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*).

Из кустарников в данных условиях пригодны различные виды ив, которые уже произрастают на пограничных с водохранилищем участках и формируют ивовые ассоциации в самой дальней от зеркала зоне зарастания. Это ива трехтычинковая (*Salix triandra*), ива чернеющая (*Salix myrsinifolia*), ива пепельная (*Salix cinerea*), ива пятитычинковая (*Salix pentandra*). Дополнительно из кустарников можно использовать дерен белый, или

свиду белую (*Swida alba*), который также может произрастать в условиях повышенного увлажнения. На склоновых участках и для укрепления песчаных берегов рекомендуется ива остролистная (*Salix acutifolia*), ива корзиночная (*Salix viminalis*).

Из числа древесных растений в данных условиях повышенного увлажнения (исключая участки с выходами минерализованных вод) рекомендуются береза повислая (*Betula pendula*) и тополь черный (*Populus nigra*) как наиболее подходящие для озеленения местные породы.

### **Выводы**

По результатам проведенных исследований выявлено, что гидрохимический состав вод Нижне-Зырянского водохранилища формируется под влиянием природных и техногенных факторов и характеризуется повышенным содержанием солей (3,0...3,5 г/дм<sup>3</sup>). По результатам сравнения современных данных с исследованиями в 2007 г. выявлена тенденция к увеличению минерализации в среднем в 2,4 раза, в основном за счет разгрузки высокоминерализованных подземных вод.

В настоящее время суммарное содержание солей в донных отложениях составляет 869...20654 мг/кг. Практически по всей площади водоема прослеживается засоление донных отложений: в 8 из 9 проб сумма токсичных солей более 0,2 %. Однако по результатам биотестирования анализируемые донные отложения являются нетоксичными. То есть повышенное содержание солей в донных отложениях не является препятствием для их зарастания.

На большей осушенной части водохранилища зарастание происходит по классическому пути: от травянистых гигрофильных болотных фитоценозов к влажным луговым, лугово-кустарниковым и кустарниковым сообществам. Некоторые различия и особенности зарастания берегов осушаемого водохранилища связаны с рядом причин техногенного характера: темпами снижения уровня водохранилища; глубиной осушенной части акватории водохранилища на момент спуска; перетоками и разгрузкой в водохранилище подземных вод, связанных с разработкой ВКМКС; с толщиной заиления; с близостью городской застройки.

Основные сформированные растительные ассоциации: ивняки (с примесью березы и осины), хвощево-рогозовые, тростниковые и рогозовые болотные ассоциации, галофильные лугово-болотные группировки. Последние не характерны для района исследования и сформированы в результате засоления почв, вызванного выходом на поверхность минерализованных подземных вод.

Для повышения водоохранно-защитных свойств, снижения поверхностного стока и эрозионных процессов на территории осушенной части водохранилища необходимо формирование древесно-кустарниковых насаждений и укрепление береговых откосов. Наибольший эффект возможен при формировании искусственных посадок с использованием видов

местной флоры, а также галофильных растений. Это позволит сформировать многоярусные группировки, близкие к естественным, что повысит их фитоценотическую устойчивость.

Рассматривается возможность создания на месте осушенного ложа водохранилища природно-ландшафтного парка с ветлендами, что позволит сохранить биоразнообразие данной территории. Водно-болотные угодья являются важным элементом экосистемы: регулируют поверхностный и подземный стоки, поддерживают уровень подземных вод, очищают воды, удерживают загрязняющие вещества, служат местообитаниями многих видов растений и животных и др. В мировой практике существует достаточное количество примеров создания искусственных водно-болотных угодий, в связи с тем, что естественные экосистемы исчезают. [20,21]. Они часто используются для рекреации. Создание такого парка позволит организовать дополнительные зоны отдыха для населения г. Березники и Пермского края.

### Список литературы

1. Лискова М. Ю. Геоэкология при современном строительстве предприятий по добыче и обогащению калийно-магниевых солей // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2016. Вып. 4. С. 39-49.
2. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд. М.: Epsilonplus, 2013. 300 с.
3. Royer, J. J., Litaudon, J., Filippov, L. O., Lyubimova, T., Maximovich, N. 3D geostatistical modelling for identifying sinkhole disaster potential zones around the Verkhnekamskoye potash deposit (Russia) // Journal of Physics: Conference Series, 2017. Vol. 879. No. 1, p. 012018. IOP Publishing. July. DOI 10.1088/1742-6596/879/1/012018.
4. Карстовая опасность при затоплении калийного рудника в г. Березники Пермского края Российской Федерации / В.И. Осипов [и др.] // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2014. №4. С. 356-361.
5. Корчагин А.А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. 1964. Т.3. С. 39-62.
6. Толмачев А.И. Изучение флоры при геоботанических исследованиях // Полевая геоботаника. 1959. Т.1. С. 369-383.
7. Скворцов А.К. Гербарий. Пособие по методике и технике. М.: Наука, 1977. 199 с.
8. Иллюстрированный определитель растений Пермского края / под ред. С.А. Овеснова. Пермь: Книжный мир, 2007. 743 с.
9. Цвелев Н.Н. Злаки СССР. Л.: Наука, 1976. 788 с.

10. Овеснов С.А. Местная флора. Флора Пермского края и ее анализ. Пермь, 2009. 215 с.
11. ГОСТ 17.1.5.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору поверхностных и морских вод, льда, атмосферных осадков. Утв. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 марта 1985 г. М.: Изд-во стандартов, 1985.
12. ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана природы. Гидросфера. Приборы и установки для отбора проб, первичной обработки и хранения проб природной воды. М.: Изд-во стандартов, 1982.
13. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2013.
14. ГОСТ 17.1.5.01-80. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. М.: Изд-во стандартов, 1980.
15. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2008.
16. Максимович Н.Г., Пьянков С.В. Малые водохранилища: экология и безопасность. Пермь, 2012. 256 с.
17. Максимович Н. Г., Первова М. С. Влияние перетоков минерализованных вод Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей на приповерхностную гидросферу // Инженерные изыскания. 2012. № 1. С. 22-28.
18. Статистические данные о наличии лесных ресурсов по муниципальным образованиям Пермской области за 2000 – 2004 гг. Пермь, 2005.
19. Алейников А.А., Стенно С.П., Циберкин Н.Г., Мельничук А.Ф., Садовникова Е.Н. Влияние пермских соляных промыслов XV-XIX вв. на трансформацию лесов: опыт оценки масштабов воздействия // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. №3(1). С. 84-91.
20. Карст и Пещеры Пермской области / К. А. Горбунова, В. Н. Андрейчук, В. П. Костарев, Н. Г. Максимович. Пермь, 1992. 200 с.
21. Hong Kong Wetland Park. Mission and Objectives. See also: <http://www.wetlandpark.com/en/aboutus/mission.asp>. Accessed on May 19, 2008.
22. Ezzat, S.M., Moustafa, M.T. Treating wastewater under zero waste principle using wetland mesocosms // Frontiers of Environmental Science and Engineering. 2021. №15 (4).

*Максимович Николай Георгиевич, канд. геол.-мин. наук, доц., [nmax@psu.ru](mailto:nmax@psu.ru), Россия, Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет,*

*Ефимик Елена Герасимовна, канд. биол. наук, доц., [efimik.elena@mail.ru](mailto:efimik.elena@mail.ru), Россия, Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет,*

*Березина Ольга Алексеевна, канд. геогр. наук., науч. сотр., [berezina.olga16@gmail.com](mailto:berezina.olga16@gmail.com), Россия, Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет*

**BOTTOM SEDIMENT OVERGROWTH DURING A RESERVOIR LEVEL DECLINE  
IN THE ZONE AFFECTED BY THE VERKHNEKAMSKOE POTASH DEPOSIT**

*N.G. Maksimovich, E.G. Efimik, O.A. Berezina*

*The technogenic affect Nizhne-Zyryanskoye reservoir, associated with the development of the Verkhnekamskoye deposit of potassium-magnesium salts and the influence of urban development is considered. An idea of the influence of highly mineralized groundwater on the species composition of the forming plant associations is given, a geobotanical survey of the drained zone of the reservoir is carried out in connection with a decrease in the level. Variants of artificial plantings are proposed to improve water-protective properties, reduce surface runoff and erosion processes in the territory of the drained part.*

*Key words: vegetation, overgrowth, reservoir, bottom sediments, salinization, halophytes, Verkhnekamskoye Potash Deposit.*

*Maksimovich Nikolay Georgievich, candidate of geology-mineral sciences, associate professor, [nmax@psu.ru](mailto:nmax@psu.ru), Russia, Perm, Perm State National Research University,*

*Efimik Elena Gerasimovna, candidate of biology sciences, associate professor, [efimik.elena@mail.ru](mailto:efimik.elena@mail.ru), Russia, Perm, Perm State National Research University,*

*Berezina Olga Alekseevna, candidate of geography sciences, research ate, [berezina.olga16@gmail.com](mailto:berezina.olga16@gmail.com), Russia, Perm, Perm State National Research University*

Reference

1. Liskova M. Yu. Geoecology in the modern construction of enterprises for the extraction and enrichment of potassium-magnesium salts // The history of the Tula State University. Earth sciences. 2016. Issue 4. pp. 39-49.
2. Kudryashov A. I. Verkhnekamskoye salt deposit. 2nd ed. Moscow: Epsilonplus, 2013. 300 p.
3. Royer, J. J., Litaudon, J., Filippov, L. O., Lyubimova, T., Maximovich, N. 3D geostatistical modelling for identifying sinkhole disaster potential zones around the Verkhnekamskoye potash deposit (Russia) // Journal of Physics: Conference Series, 2017. Vol. 879. No. 1, p. 012018. IOP Publishing. July. DOI 10.1088/1742-6596/879/1/012018.
4. Karst danger during flooding of a potash mine in the city of Berezniki, Perm Krai, Russian Federation / V. I. Osipov [et al.] // Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology. 2014. No. 4. pp. 356-361.
5. Korchagin A. A. Species (floral) composition of plant communities and methods of its study // Field geobotany. 1964. Vol. 3. pp. 39-62.
6. Tolmachev A. I. The study of flora in geobotanical studies // Field geobotany. 1959. Vol. 1. pp. 369-383.
7. Skvortsov A. K. Herbarium. Manual on methodology and technology. Moscow: Nauka, 1977. 199 p.

8. Illustrated determinant of plants of the Perm Region / ed. S. A. Ovesnova. Perm: Knizhny Mir, 2007. 743 p.
9. Tsvelev N. N. Cereals of the USSR. L.: Nauka, 1976. 788 p.
10. Ovesnov S. A. Local flora. Flora of the Perm Region and its analysis. Perm, 2009. 215 p.
11. GOST 17.1.5.5.05-85. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for the selection of surface and sea water, ice, atmospheric precipitation. By the resolution of the USSR State Committee on Standards of March 25, 1985 M: Publishing House of Standards, 1985.
12. GOST 17.1.5.04-81. Nature protection. Hydrosphere. Devices and installations for sampling, primary processing and storage of natural water samples. Moscow: Publishing House of Standards, 1982.
13. GOST 31861-2012. Water. General requirements for sampling. M: Standartinform, 2013.
14. GOST 17.1.5.01-80. General requirements for sampling bottom sediments of water bodies for contamination analysis. Moscow: Publishing House of Standards, 1980.
15. GOST 17.4.3.01-83. Nature protection. Soil. General requirements for sampling. M.: Standartinform, 2008.
16. Maksimovich N. G., Pyankov S. V. Small reservoirs: ecology and safety. Perm: 2012. 256 p.
17. Maksimovich N. G., Pervova M. S. Influence of overflows of mineralized waters of the Verkhnekamsk deposit of potassium-magnesium salts on the near-surface hydrosphere // Engineering surveys. 2012. No. 1. pp. 22-28.
18. Statistical data on the availability of forest resources for municipal formations of the Perm region for 2000-2004. Perm, 2005.
19. Aleynikov A. A., Stenko S. P., Tsiberkin N. G., Melnichuk A. F., Sadovnikova E. N. The influence of Perm salt fisheries of the xv-XIX centuries on the transformation of forests: experience in assessing the scale of impact // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018. No. 3(1). pp. 84-91.
20. Karst and Caves of the Perm region / K. A. Gorbunova, V. N. Andreychuk, V. P. Kostarev, N. G. Maksimovich. Perm: 1992. 200 p.
21. Hong Kong Wetland Park. Mission and Objectives. See also: <http://www.wetlandpark.com/en/aboutus/mission.asp>. Accessed on May 19, 2008.
22. Ezzat, S.M., Moustafa, M.T. Treating wastewater under zero waste principle using wetland mesocosms // Frontiers of Environmental Science and Engineering. 2021. №15 (4).