

4.01.188-2022, Международное благотворительное общественное объединение «ЭкоСтроитель», Минск, 2022. – 79с.

4. The Use of Reed Beds for the Treatment of Sewage & Wastewater from Domestic Households [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://theseedlingsagada.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/sagada-reed-beds.pdf>. - Дата доступа: 10.05.2024.

УДК628.357

## Расчет занесения поверхностных водохранилищных водозаборов

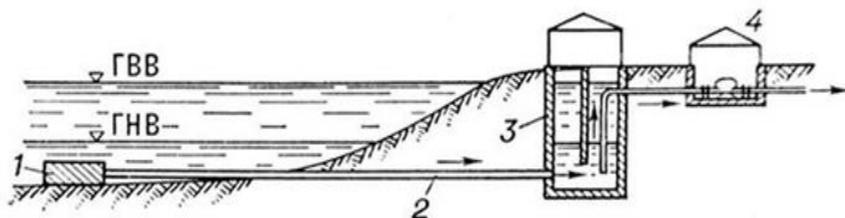
Бохан Г.С.

Научный руководитель Левкевич В.Е., д.т.н.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*В статье изложены основы оценки влияния перемещаемых вдольбереговых наносов на эксплуатацию поверхностных водохранилищных водозаборов. Целью данной работы была оценка стока наносов, затрудняющих эксплуатацию поверхностных водозаборов.*

Поверхностные водохранилищные водозаборы в Беларуси распространены достаточно широко (рис.1.).



1 – оголовок; 2 – самотечные линии; 3 – береговой колодезь; – насосная станция; ГВВ – горизонт (уровень) высоких вод; ГНВ – горизонт (уровень) низких вод

**Рис. 1. Поверхностный водозабор раздельного типа**

Большинство созданных на водохранилищах водозаборов расположены в приплотинной части водоемов в зоне приглубых берегов. Конструктивно водозаборы делятся на раздельные и совмещенные. Водозаборные сооружения берегового типа в прирезовой зоне имеют водоприемный железобетонный колодезь, разделенный на приемную и всасывающую камеры, которые соединяется всасывающей трубой с насосами. Насосная

станция подъема находится на некотором расстоянии от берегового колодца.

Береговые водозаборы совмещенного типа с насосными станциями рассчитаны на большую производительность.

К этому типу сооружений относятся водозабор Вилейско-Минской водной системы на Вилейском водохранилище и ряд других (рис. 2).



**Рис. 2. Поверхностный водозабор совмещённого типа**

Как известно, при создании водохранилища начинается трансформация существующего рельефа с которым граничит водоем.

Абразия – переработка берегов волнами является ведущим береговым процессом. Этот процесс осуществляется преимущественно ветровыми волнами, а также сопутствующими волновыми течениями. К важнейшим условиям, влияющим на масштаб и интенсивность абразии относятся: форма берегового склона, конфигурация береговой линии и положение ее по отношению к волнообразующим направлениям, геолого-литологическое строение берега и способность материала этих пород к накоплению – аккумуляции в прибрежной зоне водоема, а также способность к участию во вдольбереговом перемещении наносов, и гидрологические условия, в частности уровенный режим водного объекта.

Вызывая отступление берега и накопление возле него части размытого материала, ветровое волнение определяет развитие прибрежной отмели и формирование продольного вдольберегового потока наносов. Общее выравнивание берега в плане за счет срезания мысов и отчленения заливов пересыпями способствует формированию единого продольного потока наносов, обеспечивающего взаимосвязанное развитие берега на значительном его протяжении (рис.3).

Образование прибрежной отмели и продольного потока наносов способствует постепенному заилению подводных элементов водозаборов.

Объемы переработки – разрушения естественных берегов водохранилищах, сложенных в большинстве случаев несвязными песчаными грунтами достаточно велики и попадая в прибрежную зону под действием ветрового волнения и вдольбереговых течений, а также ледовых явлений перемещаются в виде потока наносов, аккумулируются, попадая в приемные ковши водозаборов, снижая производительность и затрудняя эксплуатацию последних (рис.3).



**Рис. 3. Вдольбереговое перемещение и аккумуляция продуктов абразии в приурезовой зоне водохранилищ**

Натурное обследование поверхностных водозаборов позволило установить степень занесением песчаным материалом, в результате вдольберегового перемещения наносов в прибрежной зоне, а также оценить применимость полученной ранее эмпирической зависимости [2].

Наблюдениями установлено, что максимальный расход наносов имеет место при угле подхода волны к берегу равном  $\theta_{гп} = 45^\circ$ , что наблюдается в природе наиболее часто. Эту закономерность пытался уточнить И.А. Правоторов путем введения коэффициента  $n = f(\theta_{гп}, m)$ : где  $n$  – поправочный коэффициент;  $\theta_{гп}$  – расход наносов придонный,  $m^3/c$ ;  $m$  – заложение отмели [1]. Б.А. Пышкин и В.Л. Максимчук определяли при этом наносодвижущую силу в функции энергии волнения [1]. Всеми упомянутыми методами определялась какая-то условная характеристика вдольберегового потока наносов, которая давала представление об изменении относительной величины расхода наносов на разных (поразному ориентированных) участках водоема. Большой интерес представляют исследования, в результате которых получились формулы расходов наносов, т.е. определенного объема наносов ( $m^3/c$ ), проходящего через заданный створ или формулы стока наносов, т.е. объема наносов, проходящего через заданный створ в некоторый отрезок времени.

Проведенные нами натурные исследования режима движения наносов в береговой зоне водохранилища Дрозды и Петровичи позволили установить, что под воздействием ветрового волнения в приурезовой зоне за счет взвешивания

частиц происходит естественная сортировка частиц по крупности и их дифференциация по неоднородности. Ширина зоны перемещения и сортировки наносов в условиях водохранилищ Беларуси составляет 2,0 – 5,0 м от границы уреза. Экспериментальные исследования в береговой зоне водохранилища Дрозды выполненные при штормовых условиях (высота ветровой волны  $h_{1\%} = 0,4 - 0,7$  м) с использованием наносоуловителей выявили наличие подвижного слоя наносов на поверхности отмели, что позволило получить зависимость для расчета расхода влекомых наносов в приурезовой зоне.

По результатам натуральных экспериментов была получена эмпирическая зависимость для определения суммарного объема стока наносов ( $\Delta Q_{\text{ст}}$ ) в условиях водохранилищ Беларуси, приведенная к удельной единичной ширине береговой отмели ( $l_x = 1$  м) [2]:

$$\Delta Q_{\text{ст}} = 0,137 * 10^3 l_x h_{1\%}^2 * (T_{\text{бл}}/365) n,$$

где  $h_{1\%}$  – высота волны 1% – ой обеспеченности, м,  $T_{\text{бл}}$  – длительность безледного периода, сут.,  $n$  – количество лет эксплуатации водохранилищ.

В результате расчетов были получены для поверхностных водозаборов, расположенных на водохранилищах Вилейско – Минской водной системы (ВМВС), определенные значения расхода наносов, приведенные в таблице.

Таблица

Результаты расчетов расхода наносов в береговой зоне  
водохранилищ ВМВС

Название водохранилища	$h_{1\%}$ , м	$T$ , сут	$n$ , лет	$\Delta Q_{\text{ст}}$ , м <sup>3</sup> /год	Примечание
Вилейское	1,2	240	47	6026,9	Лев.бер.
Заславское	1,1	240	68	7327,034	Прав.бер.
Криницы	0,3	240	46	368,67	Лев.бер.
Дрозды	0,6	240	46	1474,67	Прав.бер.
Комсомольское озеро	0,25	240	15	83,48	После реконстр. Лев.бер.
Водоем ТЭЦ-2	0,15	240	20	40,07	После реконстр. Лев.бер
Чижовское	0,6	240	66	2115,83	Лев берег
Осиповичское	0,55	240	68	1831,76	Лев.берег

Как видно из приведенной таблицы наибольший объем наносов наблюдается в водохранилищах наиболее крупных по площади и имеющих значительный срок эксплуатации, что полностью соответствует теории берегоформирования [1,2].

Приведенная выше эмпирическая зависимость может быть использована при укрупненной оценке заносимости приемных колодцев водозаборных сооружений. Зависимость применима для расчетных высотах волн высотой до 1,20 м, несвязных песчаных грунтов крупностью частиц не более  $d_{50} = 0,1$  см, образующих влекомые наносы.

Существующие водохранилищные водозаборы подвержены занесению вдольбереговым потоком наносов, образующимся при переработке берега ветровым волнением. При этом значение песчаных наносов в процессе занесения водозаборов намного более значимо в средней и приплотинной частях водохранилищ, когда как, в верховьях водоемов более значимым фактором затрудняющим эксплуатацию водозабора является зарастание водоема и образование донных органических отложений, Ориентировочный прогноз стока вдольбереговых наносов в условиях водохранилищ Беларуси можно выполнять по предлагаемой в статье эмпирической зависимости, которая требует последующих уточнения.

### Литература

- 1.Максимчук В.Л. Рациональное использование берегов водохранилищ // В.Л. Максимчук: Киев, Наукова думка, 1981. – 176с.
2. Левкевич В.Е. Инженерная защита и мониторинг прибрежной зоны водохранилищ Беларуси // В.Е. Левкевич, Минск, Право и экономика, 2020. – 152с.

УДК 621.65

### Материалы, применяемые в современном насосостроении

Каравацкая К.С.

Научный руководитель Майорчик А.П., к.т.н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

*На основании проведенного литературного обзора рассмотрено строение насоса, проанализированы материалы, используемые для создания различных деталей насоса, проведена сравнительная характеристика материалов, применяемых в современном насосостроении.*