

*В.В. Дроздов, А.В. Коробков*

**ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ  
НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АКВАТОРИЙ  
ВЫБОРГСКОГО ЗАЛИВА**

*V.V. Drozdov, A.V. Korobkov*

**INFLUENCE OF DREDGING WORKS  
ON AN ECOLOGICAL CONDITION WATER AREAS  
OF THE VYBORG GULF**

*Проанализированы гидрологические, геологические и гидробиологические особенности акваторий Выборгского залива. Произведена типизация акваторий по степени их видового разнообразия и биопродуктивности. Рассмотрена специфика воздействия дноуглубительных работ на донные и пелагические биологические сообщества. Выполнено районирование акваторий Выборгского залива в зависимости от их устойчивости к последствиям проведения дноуглубительных работ и добычи минерального сырья.*

*Ключевые слова: Выборгский залив, дноуглубительные работы, экологическое состояние, устойчивость экосистем.*

*Hydrological, geological and hydrobiological features of water areas of the Vyborg gulf are analysed. Typification of water areas on degree of their specific variety and bio-productivity is made. Specificity of influence дноуглубительных works on bottom and pelagic biological communities is considered. Division into districts of water areas of the Vyborg gulf depending on their stability to carrying out consequences dredging works and extraction of mineral raw materials is executed.*

*Keywords: Vyborg gulf, dredging, ecological condition, stability of ecosystems.*

### **Введение**

Выборгский залив – самый крупный из заливов второго порядка Финского залива Балтийского моря. Его площадь составляет 450 км<sup>2</sup>, а протяжённость в северо-восточном направлении – около 60 км. Береговая линия залива сильно изрезана, характерно обилие бухт и островов. Акватории Выборгского залива обладают высокой биологической продуктивностью и видовым разнообразием. Именно здесь расположены нерестилища ценных промысловых рыб и стоянки перелётных птиц, подлежащих охране. Кроме того, акватории залива обладают значительными объемами минеральных полезных ископаемых, среди которых железо-марганцевые конкреции, строительные пески и щебень. Подводный

рельеф обладает выраженной неоднородностью, что затрудняет процесс водообмена с Финским заливом. Данное обстоятельство делает Выборгский залив уязвимым, с точки зрения воздействия на его экологическое состояние, поскольку в силу природных особенностей естественные процессы самоочищения в нём замедлены, узость и мелководность проливов создаёт условия для концентрации загрязнителей [Балушкина, 1996, Дроздов, 2006; 2009, Лаврентьева, 1988]].

С конца 1990 г. в российской части акватории Финского залива наблюдается активное строительство новых портовых сооружений и инфраструктуры. Масштабы, темпы строительства и объемы капиталовложений инвестиционной деятельности по созданию нефтеналивных терминалов и портов оказались весьма значительными. Только за последние 6 лет в Выборгском заливе построены и пущены в эксплуатацию два крупнейших в Европе нефтеналивных терминала. В результате этого строительства объем перевозимой нефти по акватории восточной части Финского залива с использованием построенных терминалов существенно возрос. В 2010 г. по оценкам экспертов он составит до 75 % от общего количества перевозимой через Финский залив нефти. Заканчивается подготовка к строительству подводного участка газопровода «Северный поток» (Nord Stream) по дну Балтийского моря от северо-западной части Выборгского залива до Германии. Резкое увеличение хозяйственной деятельности на морских акваториях и в прибрежной зоне неизбежно вызывает экологические проблемы. Поэтому проведение регулярных работ по комплексной оценке экологического состояния данного региона с учетом специфики его природных условий является необходимым.

### **1. Эколого-географическое районирование Выборгского залива**

В регионе Выборгского залива климат умеренно-холодный, переходящий от морского к континентальному. Характерны относительно небольшие колебания температуры воздуха, значительная влажность, облачность и частые атмосферные осадки. Преобладающими ветрами в течение всего года являются ветры западного (15,3 %) и юго-западного (15 %) направлений. Выборгский залив располагается на территории в пределах крупной геологической структуры – Балтийского кристаллического щита, являющегося частью Восточно-Европейской платформы. Практически вся акватория и береговая линия Выборгского залива сложены извержёнными очень плотными магматическими породами – в основном гранитами. Но в особенности это характерно для северной и центральной частей залива, включающих портовые комплексы Выборга и Высоцка. Выходы гранитных пород на поверхность встречаются очень во многих районах – ими сложены многочисленные мелкие острова – шхеры, с очень маломощным почвенным покровом, крупные острова, такие как Твердыш (Выборг – ландшафтный парк Монрепо), Крепыш (район Высоцка), полуострова Лоханиеми и большая часть полуострова Киперорт. Однако на поверхности очень плотных магматических пород имеются и более рыхлые осадочные породы – щебень,

галька в прибрежной зоне, песчаные и иловые отложения. Довольно часто встречаются также валуны диаметром от 0,5 до 2 м. Развитый слой ила до 0,5 м располагается на дне многочисленных защищённых от сильного волнения мелководных бухт и заливов с повышенной продуктивностью растительности и донной фауны. Более открытые акватории имеют осадки смешанного типа – под относительно небольшим слоем ила располагаются крупнозернистые пески и щебень. Неоднородность абиотической среды оказывает значительное влияние на обилие и видовое разнообразие биотических компонентов экосистемы Выборгского залива.

Акватории Выборгского залива на основе различий в гидрологических, геологических и биопродукционных условиях правомерно подразделить на четыре эколого-географических района: Северный, Центральный, Южный и Северо-Восточный (рис. 1).

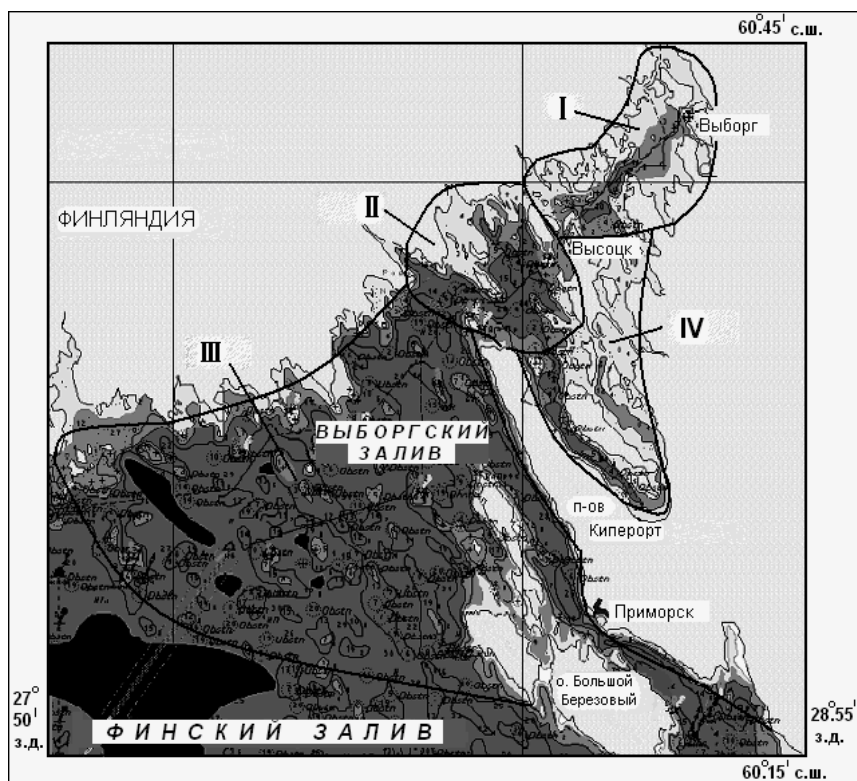


Рис. 1. Эколого-географическое районирование акваторий Выборгского залива.

*I* – Северный район; *II* – Центральный район; *III* – Южный район; *IV* – Северо-Восточный район

Северный район залива включает крупный районный центр Ленинградской области город-порт Выборг и нефтеналивной порт Высоцк. Для данной акватории свойственна значительная мелководность. Глубины в среднем составляют около 3,5 м, но на фарватерах, ведущих к Выборгу, достигают 10 м. Литораль-

ная зона хорошо выражена. Острова занимают 21 % от общей площади. Крупнейшим водотоком является Сайменский канал. Среди рек, впадающих с восточной стороны, следует отметить такие, как Черкасовка, Матросовка, Дрёма, Медянка, с западной – крупнейшими являются Селезнёвка, Полёвая, Бусловка, Гусиная. Протяжённость этих рек составляет от 45 до 85 км, уклон русла обычно не превышает 1,2 м/км. Ширина впадающих рек в устьевой составляет 10–15 м. Кроме того, в Северный район залива впадает множество ручьёв. Повышенная сложность очертаний береговой линии и полузамкнутость его акватории обусловили весьма замедленный водообмен северного района Выборгского залива с центральным и южным частями. Это обуславливает также очень низкую солёность воды данной акватории, которая в среднем не превышает 1,5 ‰. Прозрачность вод также весьма низкая – в городских акваториях Выборга (залив Салака-Лахти и бухта Радужная) она составляет только 0,8–1 м. В более открытых районах, удалённых от города и портовых сооружений, она возрастает до 1,3–1,5 м по диску Секки. Уровень воды в бухтах может заметно колебаться, по причине динамики речного стока и ветрового нагона, однако процессы самоочищения весьма замедлены, по причине узости и мелководности многих акваторий. В особенности это характерно для городских акваторий Выборга, где на дне повсеместно встречаются массы чёрных илов, свидетельствующие об отсутствии или резком недостатке растворённого кислорода.

Центральный район Выборгского залива располагается к юго-западу от о. Крепыш и Высоцкий примерно до о. Маячный и северо-западной оконечности полуострова Киперорт – м. Летний (рис. 1 *И*). Длинный клинообразный полуостров Киперорт, тянущийся узкой полосой от города Приморска в северном направлении, перегораживает залив, ограничивая проникновение солоноватых вод из южной части в центральную. За ним к югу Выборгский залив сильно расширяется, а затем, по мере приближения к Выборгу, постепенно сужается вновь. Относительная площадь островов в центральной части Выборгского залива несколько меньше, чем в северной – они занимают 15 % акватории. Глубины в среднем несколько больше – от 5 до 8 м, литоральная зона выражена слабо, у берегов наблюдается быстрое возрастание глубин. У северо-восточной оконечности полуострова Киперорт глубины могут достигать уже 18 м [Лаврентьева, 1988; Экосистема эстуария..., 2008]. В Центральный район Выборгского залива впадают несколько рек, однако их количество меньше, чем в северной части. Река Пукалусйоки, впадающая в залив Балтиец с западного берега, вытекает из озера Пукалусъярви, расположенного на границе с Финляндией, на уровне 27 м. Длина реки 21 км (а с истоком на 47 км больше). Река Чулковка, впадающая в бухту Никколахи, то же с западного берега, вытекает из озера Лаппъярви, расположенного на границе с Финляндией. Длина реки 26 км (с истоком на 12 км больше), среднее падение 1,15 м/км. По причине несколько меньшего пресного речного стока и большей близости к открытой, наиболее широкой южной части Выборгского залива, солёность вод центральной части

несколько выше, чем в северной, и достигает 1,5–2 ‰ на поверхности и до 3 ‰ вблизи глубоководных участков. Прозрачность вод также возрастает до 2 м по диску Секки [Лаврентьева, 1988].

Южный район Выборгского залива (рис. 1 III) располагается к юго-западу от полуострова Киперорт и имеет площадь акватории 120 км<sup>2</sup>. Глубины здесь значительно больше, чем в северной и центральной частях залива и достигают 25–30 м. Относительная площадь, занятая островами минимальна, – она снижается до 2 ‰. Мелководная зона занимает весьма малые площади, литоральная зона выражена только вдоль западного побережья. Вода обладает значительно более высокой по сравнению с верхней и средней частями залива прозрачностью – до 3,5 м по диску Секки. Солёность воды также заметно возрастает. На поверхности она колеблется от 2,3 до 4 ‰, вблизи дна достигает 4,2–4,3 ‰. Эта часть Выборгского залива непосредственно граничит с Финским заливом, что определяет более частую штормовую активность и лучшее перемешивание и водообмен вод, что положительно сказывается на процессах самоочищения данной акватории. Стоит отметить, что именно в данной части Выборгского залива, около устья реки Серьга, по проекту берет свое начало подводный газопровод «Северный поток». Река Серьга (выше Торфяновки – Урпаланйоки), впадающая в Чистопольскую бухту Выборгского залива с западного его берега, вытекает из озера Сури-Урпала на территории Финляндии на уровне 60 м. В южной части расположен комплексный региональный заказник «Берёзовые острова». Кроме того, существует Выборгский комплексный заказник, включающий: Выборгский залив, Ключевую бухту, полуостров Киперорт, группу Берёзовых островов. Общая его площадь 11,2 тыс. га. Создан в целях охраны ландшафта и растительности островов Выборгского залива, а также животного мира прибрежной зоны Финского и Выборгского заливов. Ряд островов в южной части Выборгского залива будет также включён в состав государственного природного заповедника «Восток Финского залива», создание которого планируется.

Северо-Восточный район (рис. 1 IV) располагается между северо-восточным побережьем п-ова Киперорт и Высоцком. Площадь акватории составляет около 30 км<sup>2</sup>. Для данного района характерна весьма значительная изрезанность береговой линии, обилие отмелей и небольших островов. Прибрежная зона мелководна и в большинстве участков береговой линии заболочена. Отмечаются плотные массивы водной растительности – как типично водной, так и полупогруженной. По своим гидрологическим особенностям Северо-Восточный район можно подразделить на две зоны: северо-западную и восточную. Северо-западная зона характеризуется большими глубинами (до 10–15 м), близостью с открытому Южному району залива, имеет более интенсивный водообмен, относительно высокую солёность воды (2,5–3,5 ‰) и прозрачность (1,5–2 м). Восточная же зона значительно более мелководна. Сложность подводного рельефа препятствует распространению здесь вод из южной части Выборгского залива,

водообмен затруднен, чем обуславливается пониженная прозрачность воды (0,5–1 м) и солёность (1–1,5 ‰), на фоне значительного речного стока.

Таким образом, мы видим, что северная, северо-восточная, центральная и южная части Выборгского залива весьма неоднородны по своим максимальным глубинам, площадям, занятым островами и прибрежными мелководьями, а также по солёности вод и их прозрачности. В соответствии с этим наблюдаются закономерные изменения в видовом составе и продуктивности водных биоценозов. Рассмотрим их характерные особенности.

Для большинства районов прибрежной зоны Выборгского залива характерно значительное количество видов микроводорослей – фитопланктона. Преобладающей группой в период большей части вегетационного летнего периода являются нитчатые сине-зелёные водоросли. Значительное развитие получили также зелёные хлорококковые водоросли *Scenedesmus acuminatus* и *Scenedesmus quadricauda*, характерные для мелководий. Содержание хлорофилла «а» в планктоне было относительно невысокое и в среднем за вегетационный период составляло 3,0 мкг/л, что объясняется в фитопланктоне сине-зелёных водорослей.

Зоопланктон открытых акваторий Выборгского залива, в соответствии с физико-химическим и термическими условиями, представлен как пресноводными, так и солоновато-водными видами, а также небольшим количеством морских форм, среди которых по биомассе преобладают ракообразные. В августе 2001 г. количественные пробы зоопланктона на станциях в Южном и Центральном районах залива показали, что его численность не превышала 25 тыс. экз./м<sup>3</sup>, что, например, в 3 раза меньше максимальных значений для численности зоопланктона в Лужской губе в тот же период [Дроздов, 2006]. В 2004–2005 гг. численность зоопланктона колебалась в зависимости от района от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – от 0.2 до 3 г/м<sup>3</sup> [12].

В районе порта Высоцк в бухте Большая Пихтовая преобладают пресноводные виды зоопланктона, составляющие 70 % от их общего количества. Доля солоновато-водных – 25 %, а морских – не более 4 %. К числу массовых видов пресноводного тепловодного комплекса принадлежат из группы колелаток (*Rotatoria*): *Asplanchna priodonta*, *Conochilus unicornis*, *Keratella quadrata*; из группы клadoцер (*Cladocera*): *Daphnia cucullata*, *Daphnia cristata*, *Bosmina coregoni longirostris*; из группы копепод (*Copepoda*): *Hetercope appendiculata*, *Eurytemora affinis* и др.

Морской комплекс зоопланктона представлен эвригалинными видами, т.е. видами, способными жить как при высокой, так и при относительно низкой солёности воды. К этой группе принадлежат из клadoцер *Podon leuckarti* и немногочисленные виды морских каланоид. Они распространены преимущественно в Южном районе Выборгского залива.

Высшая водная растительность в Выборгском заливе, учитывая наличие значительных площадей хорошо прогреваемых мелководий, особенно в северной и центральной его частях, развита достаточно обильно. В основном она

представлена типично озёрными видами. Наибольшую площадь в береговой зоне и вокруг островов занимают заросли камыша озёрного, тростника, кувшинки белой, кубышки жёлтой, рдеста блестящего, рдеста пронзеннолистного. На глубинах около 2,0 м появляются кувшинки, ближе к берегу, на глубинах 1,6–1,5 м – тростники [Лаврентьева, 1988; Экосистема эстуария..., 2008]. Однако в целом распространение высшей водной растительности (макрофитов), нуждающейся в донном субстрате, по вертикали ограничено низкой прозрачностью воды залива, что приводит к быстрому ослаблению светового потока, необходимого растениям, по мере увеличения глубины. Весь перечисленный растительный покров дна является субстратом для икры фитофильных рыб, некоторые из которых обладают промысловой ценностью.

Фауна донных беспозвоночных животных (зообентоса) в Выборгском заливе достаточна разнообразна. Известно около 20 таксономических групп организмов. Для прибрежной части, занятой слабозаиленными песками, характерно присутствие крупных моллюсков. В период 1989–1990 гг. среди моллюсков наблюдалось преобладание брюхоногих (сем. *Gastropodae*), среди которых встречалось 7 видов. В 1997 г. в большем количестве начали встречаться двустворчатые моллюски, принадлежащие к семейству *Unionidae* – перловицы. Кроме моллюсков, в составе зообентоса прибрежной зоны представлены личинки насекомых – хирономиды (5 видов), мелкие черви-олигохеты, а также в большом количестве нематоды, остракоды и водяные клещи. В более глубоководных участках наблюдается обеднение видового состава зообентоса, как правило, за счёт снижения концентрации растворенного кислорода ниже 4 мг/л. В 1997 г. численность и биомасса зообентоса в прибрежной зоне были соответственно в среднем 1610 экз./м<sup>2</sup> и 313,4 г/м<sup>2</sup>, в то время как на удалении от берега в зоне глубин от 8 до 10 м в центральной части залива – только 830 экз./м<sup>2</sup> и 1,06 г/м<sup>2</sup> [Кудерский, 1996; Экосистема эстуария..., 2008].

Донная фауна беспозвоночных бухты Большая Пихтовая, которая расположена в непосредственной близости от порта Высоцк, по данным 1996 г., до начала интенсивных дноуглубительных работ, характеризовалась довольно большим видовым разнообразием. Здесь было обнаружено не менее 16 таксонов, в том числе 7 видов брюхоногих моллюсков, которые составляли до 80 % численности и до 90 % общей биомассы донной фауны. Из других групп донных животных высокую численность имели черви-олигохеты, но биомасса их была мала. Средняя биомасса бентоса на грунтах в районах, не включающих зону зарослей макрофитов, составляла 30 г/м<sup>2</sup>. В скоплениях водной растительности, биомасса и видовое разнообразие донной фауны значительно возрастают.

Ихтиофауна Выборгского залива, так же как и другие гидробионты, разнообразна по своему происхождению и включает представителей континентального пресноводного комплекса видов и морского солоновато-водного. В Финском заливе и его бассейне обитает около 70 видов рыб. Из них в Выборгском заливе отмечено 28 видов, в том числе в верхней, северной наиболее опреснённой части

залива описано 19 видов рыб, что свидетельствует о значительном снижении видового разнообразия, прежде всего за счёт уменьшения численности представителей морского солоновато-водного комплекса [Дроздов, 2009; Кудерский, 1996].

Результаты траловых уловов рыб в северной части Выборгского залива, выполненные в течение 1976–1993 гг. [Кудерский, 1996; Экосистема эстуария..., 2008], представлены в табл. 1. Основу ихтиофауны составляют виды с постоянством не менее 50 %, т.е. они попадаются не менее чем в 50 % уловов исследовательскими тралами. Это 10 видов рыб, среди которых судак, лещ, корюшка, плотва, окунь, густера, ёрш, щука, чехонь, уклея. Данный состав пород рыб соответствует ядру преобладающего состава рыбного населения пресноводного озера на высоких стадиях эвтрофикации, т.е. при обилии поступающих из вне органических веществ и высокой собственной биологической продуктивности.

Таблица 1

Видовой состав уловов рыб на прибрежном промысле, т

Вид	Выборгский залив				Финский залив	%	% верхней части Выборгского залива в общем улове Финского залива
	Южная часть	%	Северная часть	%			
Салака	452	65,1	4	1,0	869	19,0	0,7
Корюшка	33	4,8	149	37,3	1356	29,7	14,0
Судак	39	5,6	15	3,8	111	2,4	13,5
Лещ	68	9,8	127	31,8	233	5,1	54,5
Щука	1	0,1	3	0,8	12	0,3	25,0
Окунь	55	7,9	15	3,8	219	4,8	6,8
Плотва	32	4,6	62	15,5	229	5,0	27,1
Ёрш	6	0,9	24	6,0	189	4,1	12,7
Колюшка	0	0	0	0	1329	29,0	0
Минога	0	0	0	0	20	0,4	0
Прочие	8	1,2	0	0	9	0,2	0
Всего	694	100	399	100	4576	100	100

В Южном районе Выборгского залива преобладающими по встречаемости видами ихтиофауны являются салака (*Clupea harengus membras L.*) и корюшка (*Osmerus eperlanus L.*). При этом салака ограничена в своём распространении именно южной частью залива, тогда как корюшка, в небольшом количестве, но всё же присутствует и в северной, наиболее опреснённой части залива. В роли доминирующих видов, как по своей численности, так и по биомассе, являются салака, корюшка, лещ, а также густера и судак. В открытой южной части Выборгского залива доминирующим видом признаётся салака, а в центральной и северной частях – лещ (по биомассе) и корюшка (по количеству) [Кудерский, 1982].

Основными благоприятными природными условиями, которые обеспечивают благоприятное естественное воспроизводство и высокую численность таких ценных промысловых видов рыб, как лещ, судак, корюшка, окунь, щука, плотва и др., является наличие большого количества мелководных бухт, с развитой водной растительностью (которая является удобным субстратом для ик-



рометания и кормовой базой), достаточный приток пресной воды, её хорошая прогреваемость и оптимальный гидрохимический режим, позволяющий обитать видам рыб, принадлежащих к различным по происхождению фаунистическим комплексам.

В целом промысловая продуктивность верхней части Выборгского залива, где расположены порты Высоцк и Выборг и где производились и производятся дноуглубительные работы в интересах морехозяйственного комплекса, весьма велика и оценивается в размере от 40 до 50 кг/га, в то время как уловы рыбы с одного гектара в восточной части Финского залива не превышают 40 кг, а в Балтийском море в среднем составляют только 18 кг.

Итак, мы видим, что биоценозы Выборгского залива представляют значительную ценность. Их значение велико как с точки зрения общего видового разнообразия организмов, обитающих в условиях взаимодействия пресных и солоноватых вод, так и с учётом экономической ценности промысловых ресурсов акваторий.

Обобщение материалов указывает на то, что наибольшей биологической ценностью обладают акватории Северного и Северо-Восточного районов залива, но именно они, в то же время являются наиболее уязвимыми к воздействию загрязнений, как химической, так и механической природы. Об этом можно говорить, учитывая их мелководность, наибольшее обилие островов, замедленный в силу этого водообмен с более открытыми южными акваториями. Кроме того, именно на берегу северной части залива расположен крупнейший районный промышленный центр Ленинградской области – г. Выборг с населением более 80 тыс. человек, морские порты Выборг и Высоцк, а также около десятка поселковых поселений (Селезнёво, Харитоново, Соколинское, Подберезье, Большое поле и др.). Таким образом, необходимо признать, что наибольшая антропогенная нагрузка, связанная с морехозяйственным комплексом и бытовыми отходами, приходится именно на Северные районы Выборгского залива, и риск нарушения экологического благополучия в силу природных особенностей акватории наиболее высок.

## **2. Специфика проведения дноуглубительных работ и их экологические следствия**

Геологическое строение и рельеф Выборгского залива накладывает свой отпечаток на характер и последствия проведения здесь дноуглубительных работ при производстве фарватеров и портовых бассейнов.

Во-первых, в северной, самой мелководной части залива, прокладка фарватеров для нужд Выборгского порта предполагает изъятие значительных по объёму и площади плотных гранитных массивов, что возможно только с предварительным их разрыхлением с применением взрывных работ большой мощности. Кроме того, большие массы чёрных илов, которые находятся в этом же районе, при своём попадании в толщу воды в процессе проведения взрывных работ и

дноуглубительных черпаний, в том числе последующих ремонтных черпаний, приведут к резкому возрастанию мутности воды, которая и так здесь весьма велика, по причине значительной изолированности бассейна от остальных акваторий и замедленному водообмену. Это отрицательно сказывается на прозрачности воды и продуцировании первичного органического вещества (т.е. фитопланктона, который вырабатывает кислород и является объектом питания для зоопланктона, важного корма для молоди рыб), с одной стороны, а с другой – массы биогенных веществ низкой степени разложения, поднятые со дна, будут интенсивно разлагаться в приповерхностных водах, что также может привести к снижению концентрации растворённого кислорода ниже ПДК для рыбохозяйственных целей (4 мг/л), что уже негативно скажется на воспроизводстве промысловых рыб, многие нерестилища которых расположены именно на мелководьях северной части залива.

Во-вторых, в районах, прилегающих к акватории порта Высоцк, глубины достигают 10 м, что является достаточным для прохода большинства нефтеналивных судов и контейнеровозов. Однако в самой акватории современного порта Высоцк, а также в бухте Большая Пихтова глубины малы. Поэтому требуется интенсивное дноуглубление для прокладки необходимого фарватера. Но в целом здесь дноуглубительные работы необходимо производить на меньших площадях, чем в северной части залива, что на фоне более интенсивного водообмена несколько снижает риск резкого ухудшения экологической обстановки. Тем не менее следует учитывать и вторичное загрязнение вод при сбросе изъятых грунтов на специальные подводные полигоны-свалки.

В-третьих, наличие крупных валунов в окружении более рыхлых осадочных пород вынуждает использовать более сложные технологические приёмы для проведения дноуглубительных работ, связанные с разведкой грунта и использованием водолазной техники. Крупные валуны могут повредить многочерпаковые дноуглубляющие суда (земснаряды), что требует своевременного обнаружения валунов и их разрыхления или изъятия при помощи специальных донных кранов. Однако данный вид работ обычно носит локальный характер и оказывает меньшее негативное воздействие на среду.

В 2001 г. в акватории порта Высоцк проведены дноуглубительные работы (глубины до 10 м, осадка 9,3 м). Складирование вынутого грунта производилось в районе бухты Большая Пихтовая. После освидетельствования в порт смогут заходить суда дедвейтом до 30 тыс. т, что позволит значительно снизить расходы на перевозку одной тонны угля морем, тем самым повысив привлекательность порта. В 2001 г. построен Комплекс по разгрузке железнодорожных грузовых полувагонов, ввод которого позволит значительно сократить время выгрузки вагонов с углем и увеличить грузооборот порта. Грузооборот порта за 11 месяцев 2005 г. составил 3,214 млн т. В 2005 г. в ООО «Порт Высоцкий» реализована инвестиционная программа, позволившая увеличить мощности по перевалке грузов с 4 до 5 млн т в год. В настоящее время разрабатывается генераль-

ный план развития порта с расчетным грузооборотом к 2010 г. до 15 млн т в год.

Рассмотрим подробнее специфику проведения дноуглубительных работ на примере района порта Высоцк. За основу взяты материалы рабочего проекта дноуглубительных работ на подходном канале и в акватории порта Высоцк, который был осуществлён в период 1996–1997 гг. при его модернизации со складированием грунта в акватории бухты Большая Пихтовая [Проект организации строительства..., 1996].

Для обеспечения безопасности судоходства, с целью развития порта и поддержания имеющихся габаритов подходного канала и акватории порта Высоцк, предусматривается выполнение черпания грунта до проектной отметки минус 10,0 м в Балтийской системе высот (БС). Дноуглубительные работы осуществляются последовательно: сначала – на акватории порта, затем – на выходном канале. Разрабатываемые на акватории порта (причалы № 1–4 и разворотный круг) грунты представлены в основном песками, по своему типу от пылеватых до гравелистых, гравийным грунтом с песчаным заполнителем, включениями гальки и валунов. Общий объём грунта, подлежащего разработке на акватории порта, составил 147 тыс. м<sup>3</sup>. Из них 140 тыс. м<sup>3</sup> разрабатывалось многочерпаковым самоходным земснарядом «Северная» с погрузкой грунта в суда-шаланды с малой осадкой, имеющие ёмкость трюма 170 м<sup>3</sup>. Разгрузка шаланд с грунтом происходила в районе проектируемых к тому времени новых причалов порта Высоцк (№ 6 и 7) в береговой зоне бухты Большая Пихтовая, с целью последующего образования территорий под причалы. Сброс грунта осуществлялся через специальные днищевые люки шаланд. Границей участка сброса грунта являлась обозначенная особо на месте изобата 2,5 м. Переброска грунта из-под шаланд в сторону берега производилась плавкраном с грузоподъёмностью 15 т. Дополнительную корректировку грунтовых масс около существующих причалов № 1–4 в объёме 7 тыс. м<sup>2</sup> осуществлялась плавкраном. Разработанный грунт доставлялся судном-шаландой в район проектируемых причалов № 6 и 7 для образования территории под эти причалы. Основные параметры технологической схемы производства рассчитаны с использованием «Норм на морские дноуглубительные работы» (РД 31.74.09-86) и «Технической инструкции» по производству морских дноуглубительных работ (РД 31.74.08-85). С учётом производительности самоходного земснаряда общая продолжительность работ по извлечению 140 тыс. м<sup>3</sup> грунта на акватории порта Высоцк составила около 80 сут.

Кроме непосредственно акватории порта Высоцк, дноуглубительные работы производились и на подходе к нему. Необходимо было выполнить черпания грунта на банках (подводных возвышенностях) Ялкаматала и Халликиви. Банка Халликиви располагается в 840 м к западу от молов порта Высоцк, а банка Ялкаматала – в 2040 м к западу. Общий объём грунта, подлежащий разработке на этих банках, составляет 27 тыс. м<sup>3</sup>. Глубины акваторий банок изменяются от 3,9 до 13 м (район банки Халликиви) и от 8,2 до 10 м (район банки Ялкаматала).

Разрабатываемые на банках грунты представлены в основном валунно-галечниковыми грунтами, а также гравийным грунтом с песчаным заполнителем. Грунты плотные, реже среднеплотные, водонасыщенные.

Добыча грунта осуществлялась одновременно самоходным земснарядом «Северная» и плавкраном СПК-164 с погрузкой извлекаемого материала на шаланды с ёмкостью трюма  $170 \text{ м}^3$ . Извлечённый грунт использовался для создания территории под проектируемые к тому времени причалы № 6 и 7. Валуны в объёме 2,7 тыс.  $\text{м}^3$  (диаметром более 0,4 м) извлекались плавкраном с погрузкой на шаланды и отвозкой на подводную морскую свалку грунта в районе о. Грузный.

С целью определения воздействия выемки грунтов на акваторию бухты Большая Пихтова вблизи порта Высоцк, где в районах проектируемых к тому времени причалов № 6 и 7 производилась складирование извлекаемых при дноуглублении грунтов, рассчитана средняя частота сбросов:

– при дноуглублении акватории порта и разворотного круга – 16 сбросов/сут.;

– при разработке банок на подходе к порту – 9 сбросов/сут.

Средняя мощность слоя складированного грунта составила 1,7 м.

Учитывая значительные объёмы разрабатываемых грунтов и высокую ценность района работ с точки зрения рыбохозяйственного значения, возникает необходимость постоянного сопровождения всех работ экологическим мониторингом с целью оценки ситуации и выработки мер по снижению негативного воздействия. Основным видом негативного воздействия на среду при проведении дноуглубительных работ и ремонтных черпаний является образование зон повышенной мутности (концентрация взвеси в воде превышает фоновые значения более чем на 0,25 мг/л). Эти зоны образуются на участках производимых работ и в районах складирования добытого грунта. При работе многочерпакового земснаряда зона повышенной мутности формируется за счёт смыва частиц грунта с черпаков, частиц грунта при их подъёме по черпаковой раме до поверхности воды. При сбросе грунта из грузоотвозных шаланд повышенная мутность воды образуется в результате перехода частиц грунта во взвешенное состояние при прохождении водогрунтовой смеси через толщу воды. При этом количество перешедшего во взвесь грунта зависит от вида грунта, его физико-механических характеристик, стадии уплотнения, а также конструктивных особенностей трюма.

При оценке мощности источников взвеси и параметров образующихся зон повышенной мутности были выполнены расчёты по методикам, применяемым в структурах «Севзапморгидростроя». Параметры размеров зон мутности, образующихся при работе земснаряда «Северная» и плавкрана СПК-164, на акватории порта Высоцк в качестве расчётного типа грунта принимались пески пылеватые, вносящие по своим физико-механическим свойствам наибольший вклад в образование зон повышенной мутности. При работе земснарядов на подход

ном канале в процессе разработок грунта на банках Ялкаматала и Халликиви в качестве расчётного принимался гравийный грунт. Согласно моделированию, образующиеся зоны повышенной мутности будут иметь следующие расчётные максимальные размеры:

- при работе на акватории земснаряда «Северная» производительностью около  $400 \text{ м}^3/\text{ч}$  длина зоны повышенной мутности составит 850 м, ширина до 300 м;

- при работе плавкрана СПК-164 на акватории длина зоны повышенной мутности составит 250 м при ширине до 80 м;

- при работе земснаряда «Северная» на банках длина зоны повышенной мутности составит 1600 м при ширине до 600 м;

- при сбросе из судов-шаланд пылеватых песков на участке в районе проектируемых (ныне построенных) причалов № 6 и 7 длина зоны повышенной мутности составит 650 м при максимальной ширине до 400 м.

Общая повреждаемая площадь поверхности дна акватории порта Высоцк составила 14 га, а подходного канала на банках – тоже 14 га. Площадь акватории, занимаемая складированным из шаланд грунтом, под новые, ныне построенные причалы № 6 и 7, составила около 10 га.

Таким образом, мы видим, что модернизация и расширение порта Высоцк, которые начали осуществляться в 1996–1997 гг., потребовала изъятия и перераспределения весьма значительных объёмов грунта на площади в общей сложности около 40 га. При этом формировались протяжённые зоны повышенной мутности, длительность существования которых зависела от режима волнения, скорости течений и интенсивности перемешивания водных масс и слоёв. Повышенная мутность снижает проникновение света в толщу воды, тем самым угнетается фотосинтез водорослей и затем снижается продукция зоопланктона, который служит незаменимой пищей для молоди рыб. Кроме того, мельчайшие органно-минеральные частицы, в большом количестве рассеянные в толще воды, приводят к повреждению определённых органов питания и движения особей зоопланктона механическим образом, что также приводит к массовой его гибели.

В соответствии с природоохранным законодательством при проектировании строительства объектов или производстве работ на акваториях в пойме или в прибрежной зоне рыбохозяйственных водоёмов должны предусматриваться мероприятия по максимальному предотвращению неблагоприятного воздействия на условия обитания и размножения рыб. Если эти мероприятия не позволяют полностью избежать отрицательного влияния на экологические условия в водоёмах и обеспечить сохранение и воспроизводство в них рыбных запасов, то производится оценка наносимого рыбным запасам ущерба и разработка компенсационных мероприятий.

Непредотвращаемый ущерб рыбному населению оценивается по двум главным составляющим. Во-первых, за счёт временного снижения рыбопродук-

тивности в результате разрушения донных сообществ и образования зон повышенной мутности. Во-вторых, за счёт снижения воспроизводительного потенциала популяций рыб в результате безвозвратной потери кормовых угодий.

Расчёт ущерба рыбным запасам, причиняемого гибелью зообентоса или зоопланктона, т.е. при сокращении кормовой базы рыб, определяется по формуле (1) [Проект организации строительства..., 1996]:

$$N = n S P/B \cdot 1/K2 \cdot K3/100 \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где  $n$  – средняя биомасса кормовых организмов, г/м<sup>2</sup> или г/м<sup>3</sup>;  $S$  – площадь кормовых угодий, м<sup>2</sup> или объём воды, м<sup>3</sup>, подвергнутые отрицательному воздействию;  $P/B$  – коэффициент для перевода биомассы кормовых организмов в продукцию кормовых организмов;  $K2$  – кормовой коэффициент для перевода продукции кормовых организмов в рыбопродукцию;  $K3$  – показатель предельно возможного использования кормовой базы рыбой, в %  $10^{-6}$  – множитель для перевода граммов в тонны.

Общая площадь отчуждаемой поверхности дна с безвозвратной потерей кормовых угодий формируется при складировании грунта на акватории бухты Большая Пихтовая и составляет 10 га. Средняя биомасса зообентоса здесь составляла на 1996 г. 30 г/м<sup>2</sup>. Коэффициенты  $P/B$ ,  $K2$  и  $K3$  соответственно равны 3,5; 8 и 60. Таким образом, величина ущерба рыбным запасам от безвозвратной потери кормовых угодий составит в натуральном выражении:

$$N = 30,0 \cdot 3,5 \cdot 1/8 \cdot 60/10 \cdot 100\,000 \cdot 10^{-6} = 0,8 \text{ т.}$$

Площадь дноуглубления на акватории бухты по проекту составила 14 га и временный ущерб от потери зообентоса (донных беспозвоночных животных) оказывается равен:

$$N = 30,0 \cdot 3,5 \cdot 1/8 \cdot 60/100 \cdot 140\,000 \cdot 10^{-6} = 1,1 \text{ т.}$$

Общая площадь повреждаемой при производстве ремонтного черпания поверхности дна банок на подходном канале к порту Высоцк составила 14 га. Временный ущерб рыбным запасам от потери зообентоса на банках оказывается равен:

$$N = 30,0 \cdot 3,5 \cdot 1/8 \cdot 60/100 \cdot 140\,000 \cdot 10^{-6} = 1,1 \text{ т.}$$

Временный ущерб рыбному хозяйству, в связи с образованием повышенной зоны мутности при работе многочерпакового земснаряда на акватории бухты, рассчитан, исходя из одновременной гибели зоопланктона в период проведения работ на площади 255 000 м<sup>2</sup> при средней глубине 9,5 м, т.е. в объёме воды, равном 2 422 500 м<sup>3</sup>.

Средняя биомасса зоопланктона в бухте составляет 2,0 г/м<sup>3</sup>. Коэффициенты  $P/B$ ,  $K2$  и  $K3$  соответственно равны 10, 15 и 60. Временная потеря рыбопродукции от гибели зоопланктона составила:

$$N = 2,0 \cdot 20 \cdot 1/15 \cdot 60/100 \cdot 2\,422\,500 \cdot 10^{-6} = 3,9 \text{ т.}$$

При сбросе из шаланд добытого грунта для образования территории единовременная гибель зоопланктона произойдёт на площади 260 000 м<sup>2</sup> при средней глубине здесь 2,0 м, т.е. в объёме воды равном 520 000 м<sup>3</sup>. Временная потеря рыбопродукции составила:

$$N = 2,0 \cdot 20 \cdot 1/15 \cdot 60/100 \cdot 520\,000 \cdot 10^{-6} = 0,8 \text{ т.}$$

При работе многочерпакового земснаряда на банках подходного канала единовременная гибель зоопланктона произойдёт на площади 960 000 м<sup>2</sup> при средней глубине здесь 10 м, т.е. в объёме воды, равном 9 600 000 м<sup>3</sup>. В связи с этим, ущерб рыбным запасам от потери кормовой базы составит:

$$N = 2,0 \cdot 20 \cdot 1/15 \cdot 60/100 \cdot 9\,600\,000 \cdot 10^{-6} = 15,4 \text{ т.}$$

Таким образом, общий ущерб рыбным запасам в результате ремонтного черпания акватории бухты Большая Пихтовая и подходного канала с образованием территории составил, согласно расчётам, 23,1 т. Это составляет примерно 6 % от общего среднего годового вылова рыбы в Выборгском заливе. Эта величина, учитывая высокую ценность обитающих в водах залива рыб, представляется достаточно значительной, но не способна оказать определяющего негативного влияния на рыболовство в регионе. Тем более необходимо учитывать, что это потери восполнимые – через несколько лет донная фауна на повреждённых участках дна восстановится и по-прежнему будет являться кормовой базой для промысловых рыб в районе Высоцка, воспроизводство которых сможет возрасти.

В целом акватории северной части Выборгского залива, где осуществляются дноуглубительные работы, имеют особо важное значение в жизненном цикле массовых промысловых видов рыб. Здесь проходит основной их миграционный путь, соединяющий солоновато-водные южные районы залива с его внутренней северной частью. В весенний период, в конце апреля и в мае, на нерестилища, расположенные у входа в Сайменский канал, идёт корюшка, затем в мае и июне – более теплолюбивые виды рыб: лещ, судак, плотва. В июне пассивно плавающие на поверхности личинки рыб сносятся постепенно в открытую, солоновато-водную часть Выборгского залива, а поздним летом и осенью взрослые рыбы – производители – совершают обратную миграцию в районы основного их местообитания, в основном также смещаясь несколько к югу.

Производимые в процессе дноуглубления шумы, исходящие от работающего многочерпакового земснаряда, способны оказывать негативное воздействие на поведенческую реакцию рыб, идущих на нерест. Часть пассивно скатывающихся личинок рыб может попасть в локальную зону мутности, что может вызвать их массовую гибель от удушья в результате повреждения жабрных лепестков частями грунта и резкого снижения содержания растворённого кислорода, который интенсивно расходуется на окисление поднявшихся со дна органических частиц. Во избежание возникновения более значительного ущерба для рыб в период с мая по июнь целесообразно дноуглубительные работы не проводить.

## Заключение

Рассмотрение и анализ особенностей физико-географических и биоценологических условий, а также хозяйственной деятельности в регионе Выборгского залива позволили сформулировать следующие основные выводы:

1. Экологические условия акваторий Выборгского залива весьма различаются по своим характеристикам в силу естественных причин и прежде всего за счёт неоднородностей рельефа дна и побережья. Сложность очертаний береговой линии и подводного рельефа приводит к замедлению водообмена водных масс залива между собой и формированию ряда полузамкнутых бассейнов со своими уникальными гидрологическими условиями. Это прежде всего бассейны северной, центральной и южной части залива, а также многочисленные бухты.

2. Наибольшей природоохранной ценностью обладают акватории северной части Выборгского залива. Именно здесь располагаются крупнейшие нерестилища массовых промысловых рыб. Данный район представляет собой к тому же курортную территорию, здесь расположены замечательные памятники истории и архитектуры (г. Выборг, ландшафтный парк Монрепо). Однако именно северная часть залива является наиболее восприимчивой к воздействию разного рода загрязнителей в силу своей повышенной изолированности от других крупных акваторий залива и мелководности. Кроме того, здесь располагаются крупнейшие промышленные центры и городские поселения.

3. На акваториях Выборгского залива осуществляется многоплановая хозяйственная деятельность, связанная с дноуглублением. Это и прокладка трассы для международного газопровода, добыча железо-марганцевых конкреций, а также крупномасштабные работы по углублению фарватеров портов Выборгского и Высоцк. Сосредоточение столь комплексного антропогенного воздействия на относительно небольшой территории, осуществляемого гидромеханическими способами, практически не имеет аналогов в Балтийском регионе.

4. Следует признать, что экологическое состояние акватории северной части Выборгского залива является наиболее уязвимым при проведении дноуглубительных работ. Повышенному риску возникновения здесь неблагоприятных последствий, связанных с гибелью или снижением параметров воспроизводства различных гидробионтов, способствуют также местные природные особенности, и прежде всего замедленный водообмен, наибольшее обилие островов, позволяющие пятну мутности длительное время существовать и оказывать комплексное негативное воздействие на организмы, причём на значительной акватории.

5. Дноуглубительные работы на акваториях центральной и северной частей Выборгского залива, учитывая их природные особенности, в большей степени способствующие самоочищению, могут сопровождаться меньшими экологическими рисками. Наибольшая экологическая устойчивость и способность к самовосстановлению свойственна для Южного района Выборгского залива, наименьшая – для Северного района и для восточной зоны Северо-Восточного района.



6. В процессе дноуглубительных работ в районе порта Высоцк был нанесён определённый ущерб рыбному хозяйству региона. Повреждены нерестилища и снижена кормовая база некоторых рыб. Однако в целом ущерб по биомассе рыб составил только 6 % от суммарных годовых уловов в заливе. Учитывая способность биоресурсов к восстановлению, данный ущерб нельзя признать серьёзным и невосполнимым.

### **Литература**

1. *Балушкина Е.В., Финогенова Н.П., Слепухина Т.Д.* Изменение характеристик зообентоса в системе Ладога–р. Нева–Невская губа–восточная часть Финского залива. – В кн.: Экологическое состояние водоёмов и водотоков бассейна р. Невы. – СПб.: Научный центр РАН, 1996, с. 91–130.
2. *Дроздов В.В., Смирнов Н.П.* Колебания климата и донные рыбы Балтийского моря. – Монография. – СПб.: изд. РГГМУ, 2009. – 249 с.
3. *Дроздов В.В., Рязанов Г.С.* Экологические особенности акватории северной части Выборгского залива // Тез. докл. Итоговой сессии учёного совета РГГМУ. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006, с. 117–119.
4. Железомарганцевые конкреции Финского залива. Новая перспективная марганцеворудная база России // В сб. Состояние марганцеворудной базы России и вопросы обеспечения промышленности марганцем // Труды Второй Всеросс. научно-технич. конференции. – Красноярск, 2001, 112–122.
5. *Кудерский Л.А.* Количественный учёт донной фауны восточной части Финского залива Балтийского моря // Сб. науч. трудов ГОСНИОРХ «Биология водоёмов системы Ладожское озеро–Невская губа», вып. 192. – Л., 1982, с. 78–93.
6. *Кудерский Л.А.* Состояние рыбных ресурсов Ладожского озера, р. Невы и восточной части Финского залива. – В кн.: Экологическое состояние водоёмов и водотоков бассейна р. Невы. – СПб.: Научный центр РАН, 1996, с. 131–154.
7. *Лаврентьева Г.М., Мецзякова С.В., Мицкевич О.И.* Гидробиологическая характеристика Выборгского залива, Пролива Бьеркезунд, бухты Батарейная и Лужской губы (восточная часть Финского залива). – В кн.: Водная система Нева–Ладога–Финский залив в условиях антропогенного воздействия. – СПб.: Наука, 1988.
8. ЛенморНИИпроект. Проект организации строительства. Ремонтное черпание акваторий Выборг–Высоцк. – СПб., 1996.
9. Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы // Под ред. А.Ф. Алимова, С.М. Голубкова. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008.