



ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ

ISSN 1816-0395

Эффективная очистка
крупнотоннажных газовых выбросов

Технологические схемы
компостирования ТБО

Технология утилизации
отработанной серной кислоты



январь
2012

Учредители:

Российская академия наук,
Национальный исследовательский технологический
университет "Московский институт стали и сплавов" (МИСиС),
ЗАО "Калвис"

Информационная поддержка:

Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство Российской Федерации по делам
гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и
ликвидации последствий стихийных бедствий
Федеральное агентство по атомной энергии

Редакционная коллегия:

А.М. Агапов, И.А. Архипченко, М.Н. Бернадинер, А.В. Васильев,
И.А. Веселов, Я.Д. Вишняков, М.Б. Генералов,
Е.В. Грацианский, Л.А. Грибов, М.Ч. Залиханов, Ю.А. Золотов,
Ю. Кайла (Финляндия), Ю.С. Карабасов, Л.И. Леонтьев,
И.Ю. Линьков (США), Н.А. Махутов, Йос Х.М. Метц
(Голландия), Г.С. Нечитайло, Нью Джитай (КНР), В.И. Осипов,
Е.И. Пупырев, О.М. Смирнов, С.Г. Харченко, Ю.С. Ходаков,
Ю.С. Юсфин, Г.А. Ягодин

Главный редактор **В.Д. Кальнер**

Зам. главного редактора **Н.Г. Сальникова**

Отдел подписки и рекламы **М.И. Миронова**

Ведущий редактор **И.В. Доброгорский**

Корректор **Л.Г. Изосимова**

Компьютерная верстка **Е.Р. Ароновой**

Адрес редакции:

119034, Москва, ул. Пречистенка, д. 37, стр. 2,
в редакцию журнала "Экология и промышленность России"

Телефон гл. редактора: **(495) 913-80-94**

Телефон редакции: **(495) 913-22-16**

Телефон отдела подписки и рекламы: **(495) 913-22-16**

Эл. почта: **ecip1996@yandex.ru**

Адреса в сети Интернет: **<http://www.kalvis.ru>**

Ответственность за содержание статей несут авторы

Редакция не имеет возможности возвращать
присылаемые материалы

За сведения в рекламных материалах редакция
ответственности не несет

Перепечатка допускается только с разрешения редакции и
с обязательной ссылкой на журнал
"Экология и промышленность России"

Журнал зарегистрирован в Министерстве
Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12993

Издается с 1996 г.

**Журнал входит в перечень научных журналов,
рекомендованных ВАК РФ для опубликования
результатов диссертаций на соискание
ученой степени доктора наук**

Издатель ЗАО "Калвис"

© "Экология и промышленность России", 2012

© ЗАО "Калвис", 2012



Содержание

Инженерные решения

- 4** Вихревые аппараты для очистки крупнотоннажных газовых выбросов промышленных предприятий
- 8** Компостирование твердых бытовых отходов городского хозяйства
- 12** Технологии обезвреживания сульфидов в бытовых сточных водах
- 17** Модуль для очистки воздуха от табачных газов с использованием углеродных адсорбентов

Научные разработки

- 20** Технология утилизации отработанной серной кислоты процесса серноокислотного алкилирования изоалканов олефинами
- 23** Экологические аспекты переработки послеспиртовой зерновой барды
- 26** Прогнозирующая система управления процессом охлаждения при очистке технологических газов плавильной электропечи
- 30** Зола ТЭЦ для устранения выцветов керамического кирпича
- 33** Фитоэкстракция тяжелых металлов из загрязненных почв на примере системы почва — гальваношлам — луговая растительность

ЭКОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ

Ежемесячный общественный
научно-технический журнал

Экологическое образование

- 38** Современная система подготовки инженерных кадров в области защиты окружающей среды

Анализ. Методики. Прогнозы

- 42** Сравнительная оценка экологической безопасности гидростроительства (на примере проектируемых гидротехнических сооружений на Финском заливе)
- 46** Исследование и санация старых полигонов промышленных отходов
- 50** Формирование почвенного слоя в технологиях горнотехнической рекультивации земель на разрезах Канско-ачинского угольного бассейна
- 54** Разработка технологии получения белковых продуктов из вторичного сырья рыбоперерабатывающих предприятий
- 57** Расчет разделяющей способности цилиндрических гидроциклонов на основе понятия граничного зерна разделения
- 60** События. Факты
- 62** Содержание / Contents



4

8



42



54

Январь 2012

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВА

(на примере проектируемых гидротехнических сооружений на Финском заливе)



В.А. Жигульский, Н.А. Соловей, В.Ф. Шуйский

ООО "Эко-Экспресс-Сервис", г. Санкт-Петербург

Иntenсивность гидростроительства в современной России закономерно возрастает. В значительной степени это связано с постоянным увеличением количества морского транспорта и усложнением его роли. Суммарный грузооборот российских терминалов уже превысил таковой Советского Союза и продолжает линейно увеличиваться (рис. 1).

Соответственно нарастает и интенсивность отечественного портового строительства. Показателен пример динамики строи-

тельства портов и их общего грузооборота в восточной части Финского залива (рис. 2). При этом закономерно, в геометрической прогрессии возрастает также объём дноуглубления и образования новых территорий (рис. 3).

Однако при всей очевидной актуальности интенсивного гидростроительства не менее существенно и обеспечение его экологической безопасности, сохранение используемых морских и прибрежных экосистем. Эти две взаимосвязанные зада-

чи должны решаться системно, в стратегическом единстве. При этом важно учесть, что масштаб будущего антропогенного воздействия намечаемого гидростроительства на окружающую среду во многом предопределяется ещё при выборе тех или иных вариантов альтернативных проектных решений, т.е. на предпроектной стадии. Поэтому ещё на этом первом этапе важно хотя бы в первом приближении спрогнозировать степень воздействия на различные компоненты природной среды, свя-

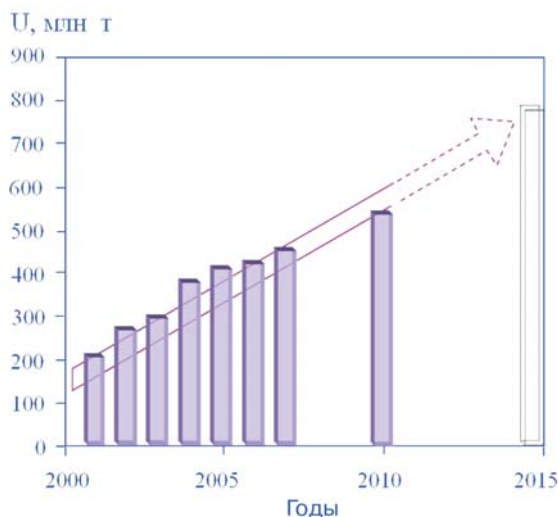


Рис. 1. Динамика общего грузооборота российских портов

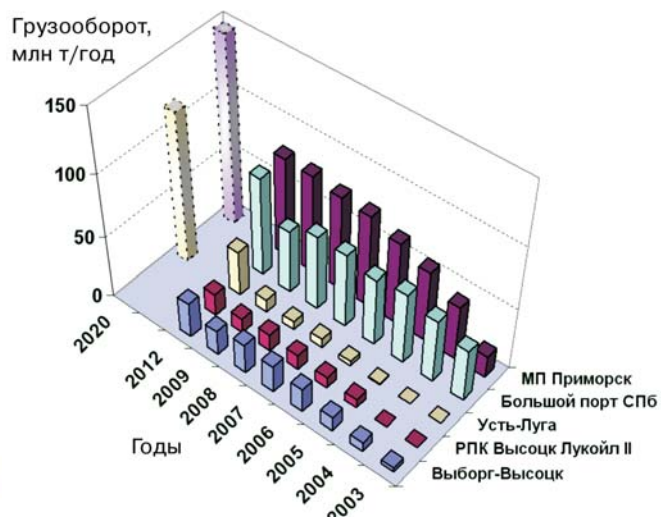


Рис. 2. Динамика грузооборота российских портов в восточной части Финского залива

занную с каждым из сравниваемых вариантов размещения будущего объекта. Очевидно, что результаты такой сравнительной оценки альтернативных вариантов строительства позволят сразу же выбрать наиболее экологически безопасный из них и, наоборот, предотвратит выбор вариантов с детерминированно высоким уровнем антропогенного воздействия, уже не поддающегося устранению на дальнейших этапах проектирования.

Специалистами компании "Эко-Экспресс-Сервис" за 19 лет ее активной деятельности разработана природоохранная документация для нескольких сотен проектов, прямо или косвенно связанных с гидростроительством [1]. Анализ этих проектных материалов позволил нам предложить весьма простой метод ориентировочной прогнозной оценки экологической опасности намечаемого гидростроительства ещё на предпроектной стадии.

В рамках настоящей работы метод удобнее продемонстрировать на примере объектов гидростроительства на Финском заливе Балтийского моря, участие в проектировании которых принимала компания "Эко-Экспресс-Сервис".

Метод базируется на выявленных закономерностях соотношения между некоторыми основными проектными характеристиками, определяющими общий уровень воздействия на окружающую среду (ориентировочно известны уже на предпроектной стадии), и соответствующими суммарными величинами платы за негативное воздействие и ущерб всем компонентам окружающей среды (определённым в дальнейшем уже на стадии разработки природоохранной проектной документации).

Абсолютные показатели. К ним относятся показатели уровня воздействия и показатели итоговых изменений окружающей среды.

Показатели уровня воздействия:

V — объём грунта, перемещённого при дноуглублении, млн м³;

S — площадь образованной территории, км².

Показатели итоговых изменений окружающей среды:

U_v — суммарная величина платы за воздействие на все компоненты окружающей среды (согласно действующему законодательству) при дноуглублении, тыс. руб. или тыс. € (далее — *экологическая стоимость дноуглубления*);

U_s — суммарная величина платы за воздействие на все компоненты окружающей среды (согласно действующему законодательству) при образовании территорий (намыве), тыс. руб. или тыс. € (далее — *экологическая стоимость образования территории*).

Для сравнительного анализа использованы лишь те объекты, для которых соблюдалось любое из следующих условий:

- результаты воздействия на окружающую среду от дноуглубления и от образования территорий могли быть достаточно чётко разделены (в пространстве и(или) во времени);
- предусматривалось или только образование новой территории, или только дноуглубительные работы.

Поскольку основным и наиболее уязвимым реципиентом антропогенного воздействия, а также важнейшим компонентом экологического ущерба при гидростроительстве являются водные биологические ресурсы, отдельно оцениваются также следующие показатели:

U_v и U_s — величина компенсационной платы за нанесение ущерба водным биологическим ресурсам при дноуглублении и намыве соответственно, тыс. руб. или тыс. €

Относительные показатели. К ним относятся:

U_v/V — экологическая стоимость единицы объёма перемещённого грунта, руб./м³, €/м³ (далее — *относительная экологическая стоимость дноуглубления*);

U_s/S — экологическая стоимость единицы площади образованной территории, тыс.руб./км² или руб./м², тыс. €/км² или €/м² (далее — *относительная экологическая стоимость образования территории*);

U_v/V — ущерб водным биоресурсам от дноуглубления на еди-

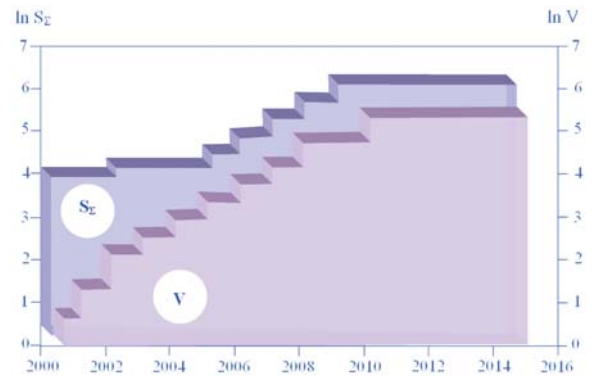


Рис. 3. Динамика образования новых территорий (намыва) в восточной части Финского залива:
 S_{Σ} — суммарная площадь (нарастающий итог), га²;
 V — объём дноуглубления, млн т/год

ницу объёма перемещённого грунта, руб./м³, €/м³;

U_{fs}/S — ущерб водным биоресурсам от образования территории на единицу её площади, тыс.руб./км² или руб./м², тыс. €/км² или €/м².

Зависимость абсолютных показателей окружающей среды от показателей уровня воздействия. Для объектов гидростроительства на Финском заливе, участие в проектировании которых принимала компания "Эко-Экспресс-Сервис", выявлена зависимость вышеперечисленных абсолютных показателей изменения окружающей среды в стоимостном выражении (U_v и U_s) от объёма перемещаемого грунта (V) и общей площади образуемой территории (S) (рис. 4 и 5). Соотношение этих показателей описывается следующими уравнениями:

$$\lg U_v = (2,928 \pm 0,135) + (0,715 \pm 0,115) \lg V, r = 0,77; (1)$$

$$\lg U_s = (2,764 \pm 0,158) + (1,063 \pm 0,163) \lg S, r = 0,89, (2)$$

где U_v и U_s указаны в тыс. € V — в млн м³, S — в км².

При этом величина компенсационной платы за ущерб водным биологическим ресурсам от дноуглубительных работ U_{fv} (тыс. €) также демонстрировала существенную зависимость от объёма перемещаемого грунта V (млн м³), которая с приемлемой точностью аппроксимируется уравнением

$$\lg U_{fv} = (2,465 \pm 0,115) + (0,651 \pm 0,098) \lg V; r = 0,79. (3)$$

Зависимость величины компенсационной платы за ущерб водным биологическим ресурсам при работах по образованию новых территорий U_{fs} (тыс. €) от их

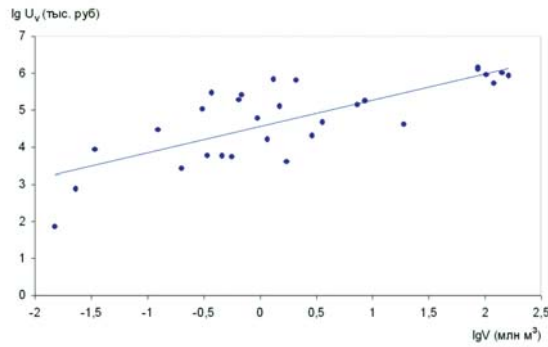


Рис. 4. Зависимость экологической стоимости дноуглубления от объёма перемещаемого грунта

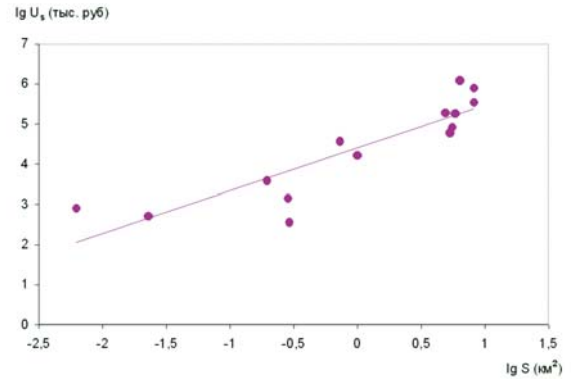


Рис. 5. Зависимость экологической стоимости образования территории от её площади

площади S (км²) описывается уравнением

$$\lg U_{js} = (2,073 \pm 0,164) + (0,861 \pm 0,165)\lg S, r = 0,84 \quad (4)$$

Экологическая стоимость работ по дноуглублению и образованию территории при их различных масштабах. Значения показателей относительной экологической стоимости работ по дноуглублению (U_v/V) и по образованию территории (U_s/S) в значительном диапазоне изменения объёма перемещаемых грунтов (V) и площади намыва (S) представлены на рис. 6 и 7.

При выражении показателей относительной экологической стоимости в евро (U_v/V , €/м³ и U_s/S , тыс. €/км²) их соотношения с величинами объёма перемещаемых грунтов V (млн м³) и площади намыва S (км²) выражаются уравнениями:

$$\lg(U_v/V) = (-0,072 \pm 0,135) - (0,285 \pm 0,115)\lg V, r = -0,42; \quad (5)$$

$$\lg(U_s/S) = (2,459 \pm 0,192) + (0,001 \pm 0,001)\lg S, r = 0,11. \quad (6)$$

При этом изменения величины ущерба водным биоресурсам при дноуглублении на единицу объёма перемещённого грунта U_v/V (€/м³) в изученном диапазоне объёма перемещённого грунта V (млн м³) выражаются уравнением:

$$\lg(U_{pv}/V) = (-0,535 \pm 0,115) - (0,348 \pm 0,098)\lg V, r = -0,56. \quad (7)$$

Изменения величины ущерба водным биоресурсам при образовании территорий на единицу их площади U_s/S (тыс. €/км²) в изученном диапазоне площадей намыва S (км²) выражаются уравнением

$$\lg(U_{js}/S) = (2,073 \pm 0,164) - (0,139 \pm 0,165)\lg S, r = -0,25. \quad (8)$$

Таким образом, очевидно, что зависимость использованных

абсолютных показателей итоговых изменений окружающей среды (U_v , U_s , U_{pv} и U_{js}) от абсолютных показателей уровня воздействия (объём перемещаемого грунта V , площадь образованной территории S) достоверна, положительна и достаточно хорошо формализуется (рис. 4, 5, формулы (1) — (4)).

В то же время все относительные показатели изменений окружающей среды (U_v/V , U_s/S , U_{pv}/V и U_{js}/S) варьируют в изученных диапазонах показателей воздействия неупорядоченно (см. рис. 6 и 7, формулы (5) — (8)), никаких достоверных зависимостей между показателями этих двух групп не обнаруживается.

Это позволяет признать предлагаемые относительные показатели изменений окружающей среды независимыми от масштабов гидростроительства и даёт нам основание содержательно определить их единые средние значения.

Установлено, что распределение значений всех четырёх перечисленных относительных показателей характеризуется выраженной положительной асимметрией и с удовлетворительной точностью аппроксимируется логнормальным распределением [2]. Таким образом, наиболее корректно выразить математические ожидания этих показателей как среднелогарифмические значения:

$$\overline{U_v/V} = 0,700^{+0,271}_{-0,196}, \quad \overline{U_{pv}/V} = 0,231^{+0,082}_{-0,061}$$

$$\overline{U_s/S} = 0,657^{+0,279}_{-0,196}, \quad \overline{U_{js}/S} = 0,117^{+0,053}_{-0,037}$$

где U_v/V , U_{pv}/V указаны в €/м³, U_s/S , U_{js}/S — в €/м².

Соответственно, умножив данные показатели на величину

планируемого общего объёма грунтов, перемещаемых при дноуглублении, или на общую площадь образуемой новой территории, можно уже на предпроектной стадии получить предварительный, ориентировочный прогноз величины эколого-экономического ущерба, связанного с намечаемым гидростроительством.

Очевидно, что вариабельность реальных относительных показателей изменений окружающей среды вокруг этих средних значений определяется множеством синергичных факторов, поразному действующих в условиях строительства различных объектов. К наиболее важным из них относятся:

- особенности морфологии и структуры дна и берегов;
- метеорологический и гидролого-гидрохимический режим;
- гранулометрический состав грунтов, перемещаемых при дноуглублении и используемых при намыве территорий;
- выбранные гидростроительные технологии и техника;
- уязвимость водной и околоводной биоты данной экосистемы к антропогенному воздействию;
- эффективность разработанных проектировщиками природоохранных мероприятий и т.д.

Поэтому в каждом конкретном проекте уточнённые значения этих показателей, определяемые уже по итогам полного цикла разработки природоохранной проектной документации, могут значительно отличаться от приведённых математических ожиданий. Соответственно, если проектируемое

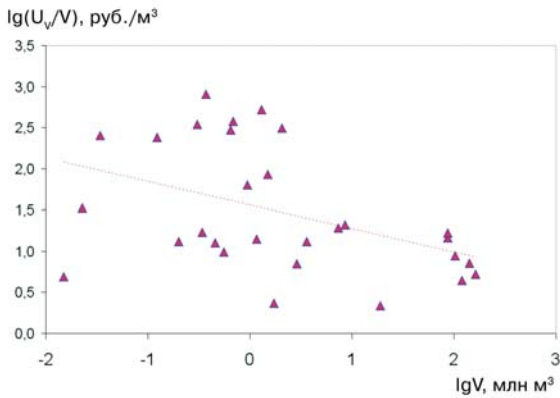


Рис. 6. Значения показателей "относительной экологической стоимости" работ по дноуглублению в изученном диапазоне объёма перемещаемых грунтов

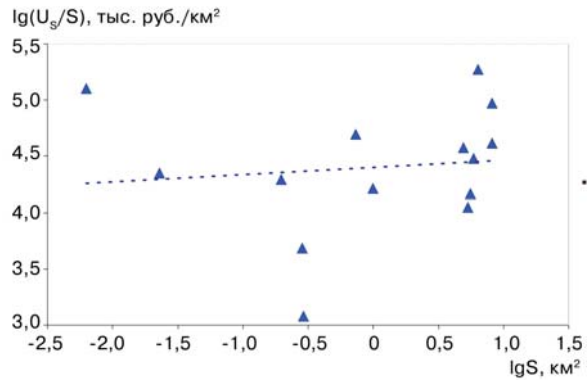


Рис. 7. Значения показателей "относительной экологической стоимости" работ по образованию новых территорий в изученном диапазоне их площади

гидростроительство характеризуется благоприятными значениями вышеперечисленных факторов, его относительная экологическая стоимость окажется ниже ожидаемой средней величины и наоборот.

Результаты анализа этих распределений на основе проектной базы компании "Эко-Экспресс-Сервис" позволили предложить следующую классификацию ожидаемого воздействия гидростроительства на окружающую среду:

слабое воздействие:

$$U_v/V < 0,1; U_s/S < 0,1;$$

умеренное воздействие:

$$0,1 \leq U_v/V < 1,0; 0,1 \leq U_s/S < 1,0;$$

существенное воздействие:

$$1 \leq U_v/V < 10; 1 \leq U_s/S < 10;$$

интенсивное воздействие:

$$U_v/V \geq 10; U_s/S \geq 10,$$

где U_v/V указано в €/м³; U_s/S — в €/м².

Приведённые средние значения показателей относительной экологической стоимости для всей совокупности объектов гидростроительства на Финском заливе, в проектировании которых принимала участие компания "Эко-Экспресс-Сервис", соответствуют умеренному воздействию. При этом для конкретных объектов ожидаемое антропогенное воздействие варьировало от слабого до интенсивного.

Пример. В 2011 г. компанией "Эко-Экспресс-Сервис" выполнена оценка воздействия на окружающую среду и разработан комплекс природоохранных мероприятий для проекта "Инженерная подготовка земельных участков путем намыва и стаби-

лизации территории для их комплексного освоения в целях жилищного и иного строительства и организации рельефа вертикальной планировкой" (заказчик проекта — ООО "Северо-Запад Инвест", генпроектировщик — ООО "Морстройтехнология"). Этим проектом предусматривается образование двух крупных участков новой территории в районе г. Сестрорецка и п. Лисий Нос (в пределах г. Санкт-Петербурга) площадью 310,03 га и 66,89 га (итого — 3,77 км²).

Совокупная величина платы за воздействие на окружающую среду и компенсационные платежи за ущерб, наносимый её компонентам, рассчитана согласно действующему законодательству и составила за период строительства 136, 6 млн руб. (что соответствует 3,3 млн €). В том числе общая расчётная величина компенсации за нанесение ущерба водным биологическим ресурсам — 25,8 млн руб. (0,62 млн €). Таким образом, относительная экологическая стоимость образования территории U_s/S составит 25,3 руб./м² (0,61 €/м²), что на 8 % меньше среднего значения и соответствует категории *умеренного* воздействия на окружающую среду. Ущерб водным биоресурсам от образования территории на единицу её площади U_{fs}/S составит 4,78 руб./м² (или 0,114 €/м²), что практически полностью соответствует приведённому выше математическому ожиданию 0,117 €/м² и категории *умеренного* воздействия (около нижней границы градации, ближе к

слабому воздействию). Таким образом, общую экологическую безопасность данного проекта можно оценить как достаточную.

Итак, предложены простой метод прогнозной экспресс-оценки экологической безопасности гидростроительства и классификация уровня его воздействия на окружающую среду. Представленные закономерности позволяют ориентировочно прогнозировать математическое ожидание эколого-экономического ущерба от гидростроительства уже на предпроектной стадии, по самым основным его характеристикам — общему объёму грунтов, перемещаемых при дноуглублении, и общей площади образуемой новой территории. Это даёт возможность осуществлять предварительную сравнительную оценку альтернативных вариантов строительства с учётом ожидаемого уровня его негативного воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Жигульский В.А., Шуйский В.Ф., Щащев Ю.А., Былина Т.С. ООО "Эко-Экспресс-Сервис": опыт оценки и прогнозирования воздействий на водные экосистемы при гидростроительстве // Рыбоохрана России. № 2 (6), 2011.
2. Zhigulsky V.A., Shuisky V.F., Solovey N.A., Zabolotskaya O.A. Designing of maritime ports: environmental risk assessment and control // Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems / Proceedings of the Tenth International Scientific School MA SR — Saint Petersburg, July 6-10, 2010. SPb.: SUAI, 2010. ■