

## Геоэкологическое районирование акватории морского порта Архангельск при проведении дноуглубительных работ

С. М. Иглин<sup>1\*</sup>, В. Б. Коробов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «Росморпорт», Москва, Россия

<sup>2</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

\*e-mail: iglin.sm@bk.ru

Поступила 1.02.2021 г.; принята к публикации 28.04.2021 г.; опубликована 25.06.2021 г.

На основе балльных классификаций разработана методология геоэкологического районирования акваторий при проведении дноуглубительных работ. Предложены 14 факторов и количественных показателей их оценки, характеризующих степень негативного влияния дноуглубительных работ на экологическое состояние акваторий. Проведена экспертная оценка значимости влияющих факторов. Рассчитаны весовые коэффициенты факторов методом ранжирования. С помощью балльно-рейтинговой оценки участков акватории морского порта Архангельск в устьевой области Северной Двины выполнено геоэкологическое районирование акватории при выполнении дноуглубительных работ. Наиболее подвержены негативному воздействию дноуглубительных работ участки с наибольшими объемами ежегодной заносимости (морские каналы в зоне устьевого взморья (Мудьюгский канал)) и участки с наибольшим уровнем загрязненности донных грунтов и вод (акватории с активной портовой и иной техногенной деятельностью (Бакарица)). Дельтовые участки, в частности Маймаксанская протока, имеют наиболее благоприятные условия для проведения дноуглубления с минимально возможным негативным воздействием на экологическую ситуацию. Применительно к данным объектам составлена вербально-числовая шкала геоэкологического оценивания. Метод может быть рекомендован для применения во всех приливных устьях рек арктических морей.

**Ключевые слова:** геоэкологическое районирование, балльные классификации, экспертная оценка, дноуглубление, загрязнение, Северная Двина.

**Благодарности:** работа выполнена по теме НИР госзадания № 0128-2021-0006 «Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана – геологическая летопись изменений среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов – литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек».

© Иглин С. М., Коробов В. Б., 2021



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

Для цитирования: Иглин С. М., Коробов В. Б. Геоэкологическое районирование акватории морского порта Архангельск при проведении дноуглубительных работ // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 2. С. 131–149. doi:10.22449/2413-5577-2021-2-131-149

## Geoecological Zoning of the Seaport of Arkhangelsk Water Area during Dredging

S. M. Iglin<sup>1\*</sup>, V. B. Korobov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSUE «Rosmorport», Moscow, Russia

<sup>2</sup>Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

\*e-mail: iglin.sm@bk.ru

Submitted 1.02.2021; revised 28.04.2021; published 25.06.2021

Based on point classifications, methods for geoecological zoning of water areas during dredging have been developed. Fourteen factors and quantitative indicators of their assessment are proposed characterizing the degree of negative influence of dredging on the ecological state of water areas. An expert assessment of the influencing factors significance was carried out. The weighting coefficients of the factors were calculated by the ranking method. Geoecological zoning of the seaport of Arkhangelsk water area in the Northern Dvina mouth area was carried out during dredging operations by means of a point-rating assessment of the water area. The areas most susceptible to the negative effect of dredging are those with the largest observed volumes of annual sediment accumulation (sea canals in the estuarine seashore zone (Mudyug canal)) and those with the highest level of pollution of waters and bottom soils (water areas with active harbour and other technogenic activities (Bakaritsa)). Delta areas, in particular the Maimaksan channel, have the most favorable conditions for dredging with the least possible negative impact on the ecological situation. With regard to the mentioned objects, a verbal-numerical scale of geoecological assessment has been compiled. The method can be recommended for use in all tidal estuaries of rivers in the Arctic seas.

**Keywords:** geoecological zoning, point classifications, expert assessment, dredging, pollution, Northern Dvina.

**Acknowledgements:** the work was performed under state order no. 0128-2021-0006 “Modern and ancient bottom sediments and suspended matter of the World Ocean – geological records of environmental and climate changes: scattered sediments and bottom sediments of the seas of Russia, the Atlantic, Pacific and Arctic Oceans – lithologic, geochemical, micropaleontologic studies; studies of contamination, paleoenvironment and processes in river marginal filters”.

**For citation:** Iglin, S.M. and Korobov, V.B., 2021. Geoecological Zoning of the Seaport of Arkhangelsk Water Area during Dredging. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 131–149. doi:10.22449/2413-5577-2021-2-131-149 (in Russian).

### Введение

Геоэкологическое районирование территорий и акваторий – важный инструмент для изучения и анализа природных объектов, необходимый для создания аналитических систем принятия управленческих решений в области

использования земельных ресурсов, недр, проектирования и строительства транспортной инфраструктуры. Геоэкологическое районирование представляет собой эколого-географическую оценку состояния и трансформации объекта в ходе техногенного воздействия. Состояние природных объектов, а также масштабы их трансформации определяются набором факторов (природных и антропогенных) и их количественными показателями. Список факторов и показателей формируется непосредственно с учетом условий конкретной задачи и особенностей района. В настоящей статье представлено геоэкологическое районирование акватории морского порта, расположенного в устьевой области крупной реки, при выполнении дноуглубительных работ (ДР) на примере порта Архангельск путем проведения балльно-рейтинговой оценки влияющих факторов.

Дноуглубительные работы – это деятельность человека по формированию рельефа морского или речного дна с целью приведения поверхности к проектной глубине. Как правило, это создание или поддержание (ремонтное дноуглубление) судоходных условий в акватории, изъятие или отсыпка грунта для гидротехнического строительства, работы по намыву искусственных территорий. Помимо очевидного положительного эффекта в области экономического развития предприятия и страны в целом, эта деятельность оказывает и негативное влияние на экологическое состояние природной среды [1, 2]. Исключением может быть экологическое, или очистное, дноуглубление, целью которого является удаление особо загрязненного донного грунта для исправления существующей неблагоприятной ситуации. Однако это очень редкое встречается в отечественной практике [3]. В процессе забора грунта и сброса в подводные отвалы (дампинг) происходит резкое повышение концентраций взвешенных веществ в воде, разрушается верхний слой морской и речной геологической среды. Как следствие

- повышается мутность, что негативно сказывается на ихтиофауне и ее кормовой базе (фито- и зоопланктоне) в районе работ;
- разрушаются сложившиеся биоценозы донных сообществ;
- возникает вероятность вторичного загрязнения вод поллютантами, находящимися в донном грунте;
- изменяется термический режим акватории;
- возникает шумовое загрязнение.

Кроме того, при капитальном дноуглублении могут наблюдаться морфодинамические (русловые) процессы и изменения в гидрологическом режиме акватории.

Таким образом, сложность описания процессов загрязнения и его распространения делает вопрос однозначного количественного определения вреда экосистеме водного объекта почти неразрешимым в рамках традиционных подходов, основанных на суммировании показателей загрязнения (индексы загрязнения воздуха, вод и грунтов, ПДК загрязняющих веществ) и на результатах имитационного экологического мониторинга. Однако для решения подобной задачи разработаны специальные технологии, построенные на применении экспертных оценок, основные положения которых применительно к задачам геоэкологии изложены в монографии [4].

Экспертное оценивание экологических аспектов ДР путем составления соответствующих вербально-числовых шкал и следующих из них классификаций может использоваться для определения мест размещения отвала грунта, для мониторинга экологической ситуации в районе работ, а на этапе проектирования – для поиска альтернатив трассировки судоходных каналов и гидротехнического строительства.

Морские порты и портопункты, находящиеся в приливных устьевых областях рек (порт Архангельск, Онега, Нарьян-Мар, Сабетта и другие на побережье морей Северного Ледовитого океана и морей Дальнего Востока), подвергаются процессам заносимости, особенно в зонах смешения морских и речных вод [5, 6]. Проводимые ремонтные ДР, выполняющиеся в разных зонах устьевых областей, оказывают различное влияние на экологическую обстановку. Это обусловлено объемами извлекаемого грунта, загрязненностью грунтов, интенсивностью гидродинамических процессов, наблюдаемой биомассой бентоса, фито- и зоопланктона, различным гранулометрическим составом наносных грунтов.

В морском порту Архангельск объемы ежегодных ремонтных ДР могут достигать 1 млн м<sup>3</sup>. Основной их объем приходится на устьевое взморье из-за активных процессов заносимости морских каналов во время штормов, действия маргинального фильтра Северной Двины и переноса твердого вещества рекой в период весеннего половодья. Ремонтные ДР в порту Архангельск выполняются с использованием самоотвозных трюмных земснарядов со сбросом донного грунта в подводные отвалы. Наносной грунт в порту имеет различный гранулометрический состав: от пылеватых песков в морской части до песков средней крупности в дельте устьевой области [7]. Загрязненность грунтов имеет мозаичный характер, это обусловлено близостью населенных пунктов, портовой деятельностью, а также активной морфодинамикой рельефа дна [8, 9].

Целью статьи является разработка методики и проведение геоэкологического районирования акватории морского порта при выполнении ДР на примере порта Архангельск.

#### **Материалы и методы**

Основой геоэкологического районирования является интегральная балльная оценка объектов дноуглубления морского порта. Акватория морского порта Архангельск была разделена на 47 объектов: морские каналы (39), отвалы донного грунта (6) и акватории причальных зон (2). На первом этапе был определен список факторов, влияющих на экологическую ситуацию при проведении ДР (табл. 1).

Экспертная оценка представляет собой присвоение рангов по степени важности  $n$ -числа факторам группой из  $m$  экспертов, причем фактору, оказывающему наибольшее влияние, присваивается наивысший ранг  $n$ , следующему  $n - 1$ . Ранг «1» имеет фактор, оказывающий наименьшее влияние [4, 10, 11]. Если эксперт считает, что два или более фактора имеют одинаковый вклад в конечное явление, то им присваивается средний арифметический ранг. Экспертная группа состояла из 10 специалистов. При этом принято, что все эксперты имеют одинаковый уровень компетентности в данном вопросе.

Таблица 1. Факторы и показатели, влияющие на экологическую ситуацию при проведении ДР

Table 1. Factors and indicators influencing the environmental situation during dredging

Фактор / Factor	Показатель / Indicator	Диапазон значений показателей факторов объекта исследования / Range of factor indicator values for the object under study
Объем дноуглубления / Dredged volume	Объем грунта к выемке, м <sup>3</sup> / Soil volume to be dredged, m <sup>3</sup>	3.2–952 820
Загрязненность грунтов / Soil contamination level	Индекс загрязненности грунтов / Soil contamination index	0.2–1.6
Загрязненность вод / Water contamination level	Индекс загрязненности вод / Water contamination index	0.8–1.9
Близость ООПТ / Proximity of protected areas	Расстояние до ООПТ, км / Distance to protected areas, km	0–15.5
Близость рекреационных зон / Proximity of recreation areas	Расстояние до рекреационных зон, км / Distance to recreation areas, km	0.4–53.7
Наличие фито- и зоопланктона / Presence of phyto- and zooplankton	Биомасса (фито- и зоопланктон), г/м <sup>3</sup> / Biomass (phyto- and zooplankton), g/m <sup>3</sup>	0.7–1.2
Наличие донных сообществ / Presence of benthos communities	Биомасса (бентос), г/м <sup>2</sup> / Biomass (benthos), g/m <sup>2</sup>	0–32.9
Площадь разработки и осаж-дения взмученного грунта / Dredging area of and sedimentation of stirred soil	Площадь участков дноуглуб-ления и отвалов, га / Area of dredged zones and dumps, ha	0.5–269.4
Концентрация взвешенных веществ в воде / Suspended particulates concentration in water	Концентрация взвешенных веществ в воде после ДР, мг/дм <sup>3</sup> / Suspended particulates concentration in water after dredging, mg/dm <sup>3</sup>	3.2–18.4
Течения / Currents	Максимальные скорости течений, см/с / Maximal current velocity, cm/s	14–119
Интенсивность волнения / Wave intensity	Обеспеченность волны 0.5 м, % / 0.5 m wave occurrence, %	11.7–51.5
Гранулометрический состав донного грунта / Bottom soil size distribution	Гранулометрический состав донного грунта / Bottom soil size distribution	Пески пылеватые – пески крупные / Dust sand – coarse sand

Фактор / Factor	Показатель / Indicator	Диапазон значений показателей факторов объекта исследования / Range of factor indicator values for the object under study
Наличие впадающих рек и проток / Presence of influent rivers and arms	Сумма ширин рек и проток в местах впадения, м / Sum of widths of rivers and arms at the place of confluence, m	0–5052
Фактическая глубина / Actual depth	Медианная глубина в районе ДР, м / Median depth at the dredging area, m	5.2–17.6

Весовые коэффициенты – это числовые выражения в интервале значений 0...1, определяющие степень влияния конкретного фактора в общем балансе системы или явления. Весовые коэффициенты каждого фактора вычисляются по формуле

$$k_i = \frac{r_i}{1 + 2 + \dots + n - 1 + n}, \quad (1)$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го фактора;  $r_j$  – средний ранг  $i$ -го фактора. В знаменателе сумма рангов фактора, для нашего случая при 14 факторах, равна 105. Средний ранг каждого фактора  $r_i$  рассчитывается как среднее арифметическое рангов, присвоенных экспертами данному фактору:

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^m r_{ij}}{m}, \quad (2)$$

где  $j = 1 \dots m$  – число экспертов;  $r_{ij}$  – ранг, присвоенный  $i$ -му фактору  $j$ -м экспертом.

При этом должно выполняться условие

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1. \quad (3)$$

Балльная составляющая балльно-рейтинговой оценки определялась путем расчета количественных показателей, соответствующих каждому фактору, и присвоения каждому показателю балла в некотором диапазоне значений. Мы приняли этот диапазон от «0» до «9», поскольку так удобнее строить шкалы балльных оценок [12]. Баллы присваивались путем составления линейных шкал, где баллу «9» соответствовало значение показателя, оказывающее наибольшее негативное экологическое воздействие [13]. Расчет производился при ненулевых объемах дноуглубления.

Итогом вычислений являлся расчет интегрального показателя влияния ДР на экологическую ситуацию в порту по формуле

$$I_L = \sum_i^n k_i p_i, \quad (4)$$

где  $I_L$  – интегральный показатель влияния дноуглубительных работ на экологическую ситуацию в акватории объекта дноуглубления в порту;  $L$  – количество объектов дноуглубления в порту;  $p_i$  – балльные оценки показателей;  $i$  – количество факторов.

#### **Описание факторов и показателей**

*Объем дноуглубления* – непосредственно тот объем грунта, который находится выше проектных габаритов морского канала (или иного сооружения) и который подлежит изъятию. Объем ДР обуславливает сроки проведения работ, то есть длительность негативного влияния, и объем грунта, переходящего во взвешенное состояние при грунтозаборе и дампинге. В настоящий момент это один из ключевых показателей для расчета ущерба кормовой базе ихтиофауны при проведении ДР (Приказ Росрыболовства № 1166 от 25.11.2011). Исходными данными для расчета показателя является цифровая модель рельефа дна судоходных объектов порта Архангельск. Модель получена в ходе гидрографических работ в 2020 г., проведенных Архангельским филиалом ФГУП «Росморпорт». Расчеты производились по методике, описанной авторами ранее [7]. Наивысший балл «9» присваивается объекту с наибольшими объемами ДР – Мудьюгскому каналу.

*Загрязненность грунтов и вод* выражена через индекс загрязненности донных грунтов и вод соответственно. Дноуглубление в порту Архангельск проводится методом гидромеханизации, при этом донный грунт взмучивается направленным потоком воды, а затем водно-грунтовая смесь транспортируется к подводным отвалам грунта. В процессе грунтозабора и дампинга создается облако с повышенной концентрацией взвешенных веществ, вследствие чего возникает вероятность вторичного загрязнения вод поллютантами, содержащимися во взвешенном грунте и водно-грунтовой смеси в трюме земснаряда. Расчеты индексов загрязненности выполнены по данным содержания тяжелых металлов (кадмий, свинец, цинк, медь), мышьяка и нефтепродуктов для вод и грунта. Для вод расчеты также выполнены по данным о БПК<sub>5</sub> и содержания растворенного кислорода [8] по формуле

$$ИЗ = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{ПДК_i} \right), \quad (5)$$

где ИЗ – индекс загрязненности;  $n$  – количество показателей;  $C_i$  – концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в воде или грунте; ПДК <sub>$i$</sub>  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества.

Наивысший балл «9» присваивается объектам с наибольшим индексом загрязненности донных грунтов (Мудьюгский канал) и вод (Лапоминский канал).

Расположение *особо охраняемых природных территорий (ООПТ)* и *рекреационных территорий* рядом с участками проведения ДР сказывается на экологической ситуации в том смысле, что в зоне воздействия находятся береговые участки этих территорий, а в некоторых случаях и акваторий, особенно в аварийных ситуациях. В зонах проведения ДР в порту Архангельск находятся Беломорский государственный природный биологический заказник в дельте Северной Двины, а также Мудьюгский государственный природный ландшафтный заказник в районе о. Мудьюгского в Двинском заливе. Рекреационные зоны представлены двумя городскими пляжами в центре г. Архангельска. Для решения подобных задач в практике геоэкологического районирования к объектам ООПТ и рекреационным зонам применяются ранговые оценки в зависимости от категории зоны <sup>1)</sup>. В нашем случае объекты имеют одинаковый статус, и такое ранжирование не требуется. Наивысший балл «9» присваивается объектам, находящимся наиболее близко к ООПТ (объекты 30–47) или рекреационным зонам (Хечеминский-Окуловский канал), минимальный – наиболее удаленным от них.

*Фито- и зоопланктон и донные сообщества.* Резкое повышение концентрации взвеси в воде, наличие зон с повышенной мутностью, полное разрушение донных зооценозов в ходе грунтозабора и осаднения взмученного грунта негативно сказывается на кормовой базе рыб и ихтиофауне в целом. Чем выше значение биомассы фито- и зоопланктона ( $\text{г/м}^3$ ) и донных сообществ ( $\text{г/м}^2$ ) в районах работ, тем более существенным будет негативное влияние ДР на кормовую базу ихтиофауны. Наивысший балл присваивается объектам с наибольшим значением биомасс фито- и зоопланктона (объекты 9–47) и бентоса (ПРР Бакарица).

*Площадь разработки и осаднения взмученного грунта.* Как уже упоминалось выше, при ДР полностью разрушаются донные зооценозы на этапах грунтозабора, дампинга и интенсивного осаднения облака взмученного грунта. Площадь разработки зависит от заносимости акватории (при ремонтных ДР) или от проектных габаритов строящегося сооружения. Примем, что осаднение грунта будет происходить в границах подводных отвалов. Наивысший балл присваивается объектам с наибольшей площадью разработки и осаднения грунта (отвал 144-А).

*Концентрация взвешенных веществ в воде* повышается после проведения ДР. Ранее установлено, что этот показатель хорошо коррелирует с объемами ДР [7]. Время существования зон повышенной концентрации взвеси обусловлено большим количеством факторов (гидродинамических и геологических) и на разных участках акватории будет разным. Значения этого показателя определялись в рамках производственного экологического контроля при ДР. Наивысший балл присваивается объектам, где зафиксированная концентрация после ДР наибольшая (Соломбальский канал).

*Течения и интенсивность волнения* – факторы, определяющие гидродинамический режим акватории ДР. Показателями будут являться максимальные

---

<sup>1)</sup> *Коробов В. Б.* Эколого-географическое обоснование экспертной оценки создания нефтяной транспортной инфраструктуры севера тимано-печорской провинции : дис. ... докт. геогр. наук. М., 2004. 422 с.



скорости течений и вероятность появления волны более 0.5 м соответственно. Скорости течений регистрировались в 2013 г. при проведении в устьевой области р. Северной Двины инженерно-гидрометеорологических изысканий для разработки проектной документации по ремонтным ДР в порту Архангельск. Наивысший балл присваивается объектам, где наблюдалась максимальная скорость течений (Чижевский канал).

Расчет интенсивности волнения проводился с использованием квазистационарной функции распределения высоты волны  $F(h)$  с учетом глубины воды, а также справочной информации <sup>2)</sup> о средней высоте волны [14, 15]:

$$F(h) = \exp \left[ - \frac{\pi \left( \frac{h}{\bar{h}} \right)^{\frac{2}{1-\frac{h}{d}}}}{4 \cdot \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{h}{d} \right)} \right], \quad (6)$$

где  $h$  – высота волны 0.5 м;  $d$  – глубина места, м;  $\bar{h}$  – средняя высота волны в выборке, м.

Наивысший балл присваивается объектам, где вероятность появления волн более 0.5 м наибольшая (Баканский фарватер).

*Гранулометрический состав донных грунтов* определяет время осаждения взмученных частиц грунта на дно. При этом известно, что донные грунты мелких фракций, обладающие высокой сорбционной способностью, в процессе перемещения и седиментации накапливают в себе потенциально токсичные химические элементы [16–18]. В дальнейшем эти поллютанты переходят в воду, создавая локальное загрязнение акватории. Присвоение баллов в зависимости от гранулометрического состава основано на классификации грунтов по фракциям (ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация), при этом наивысший балл «9» присваивается глинистым грунтам с размером фракций менее 0.002 мм (табл. 2). Глинистые грунты в акватории объекта исследования отсутствуют, донные грунты представлены песками пылеватыми, мелкими, средней крупности и крупными с баллами 7.3125, 6.75, 6.1875, 5.625 соответственно.

*Наличие впадающих рек и проток.* В условиях приливно-отливных явлений и штормовых нагонов водотоки, впадающие в акватории рек и морей, в которых проводится дноуглубление (или иные гидротехнические работы), будут являться фактором распространения загрязнения облаком с повышенной концентрацией взвешенных веществ вверх по течению рек и проток. Показателем данного фактора будем считать сумму ширин русел рек и проток в местах впадения. Таким образом, будет проведено ранжирование рек и проток по их крупности. При этом наивысший балл присваивается объекту, для которого сумма ширин русел рек и проток, впадающих в него, максимальна.

<sup>2)</sup> Коробов В. Б. Ветровые волны в дельте Северной Двины. Справочные данные. Архангельск, 1987. 24 с.

Таблица 2. Соотношение гранулометрического состава донного грунта и присваиваемого балла при геоэкологической оценке акватории при дноуглублении

Table 2. The ratio of the grain size matter of the bottom soil and the assigned score for the geoecological assessment of the water area during dredging

Элементы грунта / Soil components	Фракции / Fractions	Размер фракций, мм / Fraction size, mm	Балл / Score
Валуны (глыбы) / Boulders	Крупные / Large	> 800	0.5625
	Средние / Average	400–800	1.1250
	Мелкие / Small	200–400	1.6875
Галька (щебень) / Pebble (crushed stone)	Крупные / Large	100–200	2.2500
	Средние / Average	60–100	2.8125
	Мелкие / Small	10–60	3.3750
Гравий (дресва) / Gravel (gruss)	Крупные / Large	5–10	3.9375
	Мелкие / Small	2–5	4.5000
	Грубые / Coarse	1–2	5.0625
Песчаные частицы / Sand particles	Крупные / Large	0.50–1.00	5.6250
	Средние / Average	0.25–0.50	6.1875
	Мелкие / Small	0.10–0.25	6.7500
	Тонкие / Fine	0.05–0.10	7.3125
Пылеватые частицы / Silt	Крупные / Large	0.010–0.050	7.8750
	Мелкие / Small	0.002–0.010	8.4375
Глинистые частицы / Clay particles	–	< 0.002	9

От фактической глубины на участке ДР и подводном отвале грунта будет зависеть время осаждения частиц на дно и, соответственно, время существования пятна мутности. Наивысший балл присваивается объекту с наибольшей глубиной (Хечеминский-Окуловский канал)<sup>3)</sup>.

### Результаты и обсуждения

Результаты ранжирования и экспертной оценки представлены в табл. 3.

По данным табл. 3, наибольшее значение имеют факторы, непосредственно определяющие степень загрязнения в ходе дноуглубления: загрязненность грунтов (0.122), объемы ДР (0.099), площадь разработки и осаждения взмученного грунта (0.098). В меньшей степени важны факторы, определяющие распространение этого загрязнения: наличие впадающих рек и протоков (0.044), интенсивность волнения (0.040), фактическая глубина (0.038).

Минимальное значение интегрального показателя влияния дноуглубления на экологическую ситуацию в порту Архангельск составило 2.51 на Нижнекривяжском канале (участок 21) в Маймаксанской протоке, а максимальное – 5.08 на Мудьюгском канале (участок 3) в Двинском заливе. Однако для построения вербально-числовой шкалы оценки экологического состояния акватории полученных из реальной ситуации минимального и максимального значений недостаточно, поскольку велика вероятность их

<sup>3)</sup> Методические указания по расчету распространения зон мутности при дноуглублении и дампинге на акваториях ВМФ. ВРДС 12-05-03 МО РФ. М., 2003.

Т а б л и ц а 3. Ранги и весовые коэффициенты факторов влияния ДР на геозологическую ситуацию в порту Архангельск, рассчитанные по оценкам десяти экспертов

Т а б л е 3. Ranks and weighting coefficients of factors of dredging influence on the geosociological situation in the port of Arkhangelsk calculated according to estimates of ten experts

Фактор / Factor	Ранг по оценке эксперта № / Rank according to estimate of expert no.										Средний ранг $r_i$ / Midrank $r_i$	Весовой коэффициент $k_i$ / Weighting coefficient $k_i$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Объем дноуглубления / Dredged volume	14	14	1	11	10	11	12	8	14	9	10.40	0.099
Загрязненность грунтов / Soil pollution	13	9	12	11	14	14	14	14	13	14	12.80	0.122
Загрязненность вод / Water pollution	8	10	7	7	13	9	8	7	12	10.5	9.15	0.087
Близость ООПТ / Proximity of protected areas	3	1	14	11	5	2	4	6	1	6	5.30	0.050
Близость рекреационных зон / Proximity of recreation areas	2	2	6	11	1	1	3	5	3	13	4.70	0.045
Наличие фито- и зоопланктона / Presence of phyto- and zooplankton	7	5	8	11	11	3	1	9	9	7.5	7.15	0.068
Наличие донных сообществ / Presence of benthos communities	9	7	11	11	12	4	2	1	7	12	7.60	0.072
Площадь разработки и осадения взмученного грунта / Dredging area and sedimentation of stirred soil	12	13	13	11	7	10	11	13	5.5	7.5	10.30	0.098
Концентрация взвешенных веществ в воде / Suspended particulates concentration in water	11	12	10	4.5	8	12	5	10	9	10.5	9.20	0.088
Течения / Currents	5	11	5	6	4	8	10	12	3	5	6.90	0.066
Интенсивность волнения / Wave intensity	1	8	4	2.5	3	5	9	3	3	3	4.15	0.040
Гранулометрический состав донного грунта / Bottom soil size distribution	10	3	9	4.5	9	13	13	11	11	4	8.75	0.083
Наличие впадающих рек и протоков / Presence of influent rivers and arms	6	6	3	1	2	6	7	4	9	2	4.60	0.044
Фактическая глубина / Actual depth	4	4	2	2.5	6	7	6	2	5.5	1	4.00	0.038

превышения при других условиях проведения работ. Чтобы не пересчитывать каждый раз вербально-числовую шкалу, мы получили консервативные оценки предельных значений интегрального показателя для данного региона.

Максимальные и минимальные теоретические границы шкалы показателя *I* определены путем выбора экстремальных значений показателей (и, соответственно, баллов) каждого фактора и дальнейшего вычисления по формуле (3). Максимальное для данного района (морского порта Архангельск) теоретическое значение показателя *I* составило 8.75, а минимальное – 1.51. Промежуточные значения для определения градаций определены путем расчета квартилей значения интегрального показателя.

Вербально-числовая шкала для определения интегрального показателя степени влияния дноуглубления на экологическую ситуацию в порту Архангельск представлена в табл. 4.

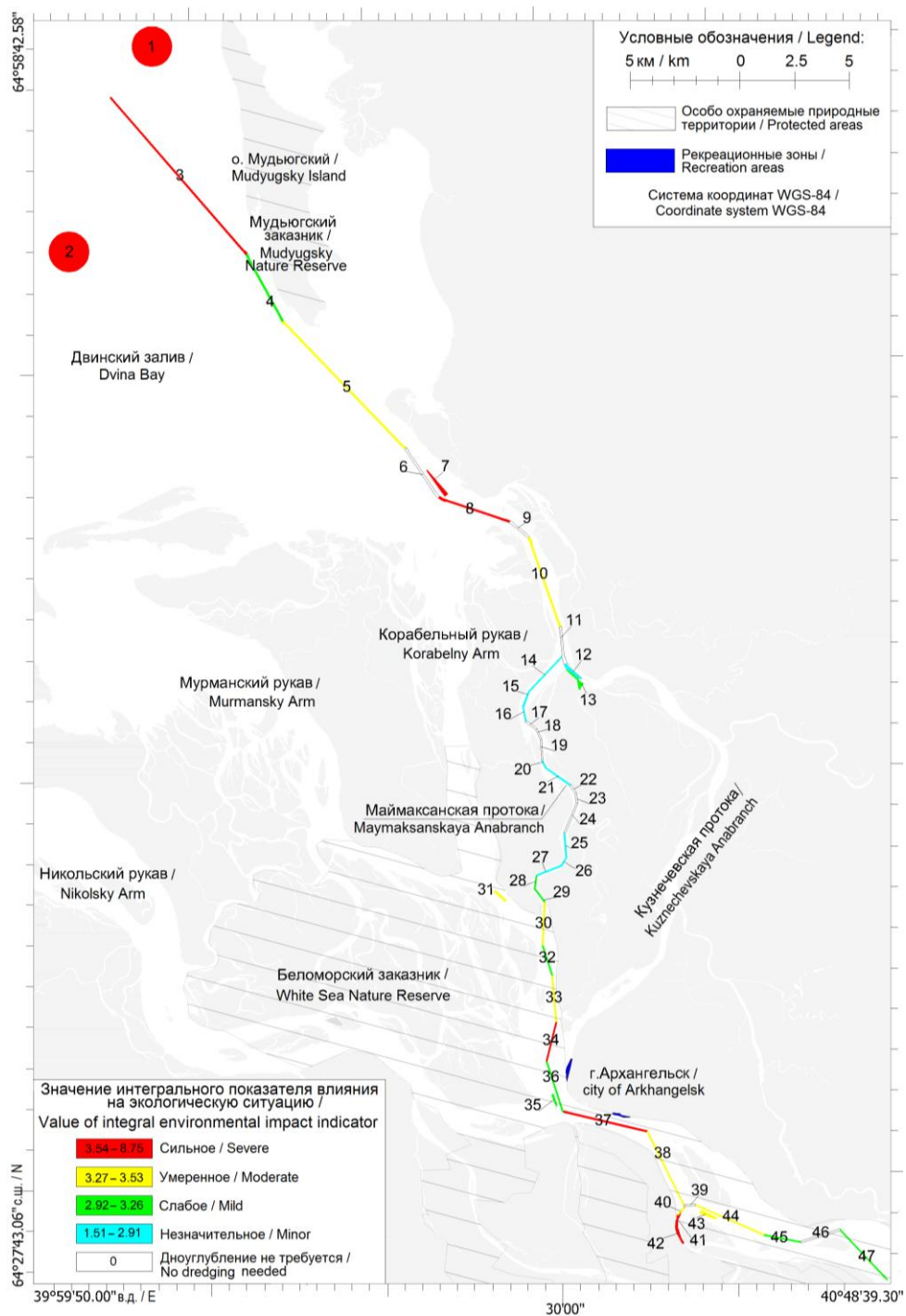
По данным проведенного геоэкологического районирования (см. рис. 1) и балльно-рейтинговой оценки установлено, что наибольшее негативное влияние наблюдается в зоне устьевого взморья р. Северной Двины (объекты 1–9), средний балл этого участка составляет 4.03. Согласно разработанной вербально-числовой шкале, это соответствует сильной степени воздействия. Наибольшие значения интегрального показателя наблюдаются на Мудьюгском канале (5.08 баллов) и отвалах 143-А (4.41 баллов) и 144-А (4.95 баллов), куда транспортируется наносной грунт из акватории Мудьюгского канала. Это обусловлено большими масштабами заносимости морских каналов, накоплением загрязняющих веществ в донных грунтах в зонах смешения речных и морских вод, гранулометрическим составом донных наносов (пески пылеватые), а также высокой интенсивностью гидродинамических процессов [18–20].

Высокие значения показателя *I* наблюдаются в акватории погрузочно-разгрузочного района Бакарица (4.30 баллов), Бакарицкого канала (4.20 баллов). Это связано с высоким уровнем загрязненности донных грунтов и вод в ходе портовой деятельности [21]. Влияние дноуглубления в зоне руслового участка (объекты 30–47) устьевой области р. Северной Двины в целом можно охарактеризовать как умеренное. Средний балл интегрального показателя в этой зоне составил 3.45. Масштабы заносимости объектов в этой зоне значительно ниже, однако в районе Соломбальского канала (участок 34) и ПРР Бакарицы (участок 42) достаточно существенны и могут ограничивать проход судов. Более высокие значения интегрального показателя на объектах этой зоны в большей степени обусловлены повышенным содержанием поллютантов в донном грунте и воде из-за расположенных

Таблица 4. Вербально-числовая шкала для определения степени влияния ДР на экологическую ситуацию в порту Архангельск

Table 4. Verbal-numerical scale for determining the degree of influence of dredging operations on the environmental situation in the port of Arkhangelsk

Диапазон значений <i>I</i> / Value range for <i>I</i>	Вербальная оценка влияния / Verbal rating of influence
3.54–8.75	Сильное / Severe
3.27–3.53	Умеренное / Moderate
2.92–3.26	Слабое / Mild
1.51–2.91	Незначительное / Minor



Р и с . Схема геоэкологического районирования влияния ДР в порту Архангельск

Fig. Scheme of geoeological zoning of the impact of dredging in the port of Arkhangelsk

Обозначения на рисунке: 1 – Отвал 144-А; 2 – Отвал 143-А; 3 – Мудьюгский канал; 4 – Васильевский фарватер; 5 – Устьяновский канал; 6 – Баканский фарватер; 7 – Отвал 150; 8 – Лапоминский канал; 9 – Переходный фарватер; 10 – Чижовский канал; 11 – Экономский канал; 12 – Кузнечевский входной канал; 13 – ППР Экономика; 14 – Реушинский канал; 15 – Нижнекривякский канал; 16 – Прилуцкий канал; 17 – Осиновый фарватер; 18 – Среднекривякский фарватер; 19 – Верхнекривякский фарватер; 20 – Верхнекривякский – Кривякский фарватер; 21 – Кривякский фарватер; 22 – Нижнеповракульский фарватер; 23 – Нижнеповракульский – Повракульский фарватер; 24 – Повракульский фарватер; 25 – Нижнекурьярецкий фарватер; 26 – Нижнекурьярецкий – Курьярецкий фарватер; 27 – Курьярецкий фарватер; 28 – Курьярецкий – Бревенниковский фарватер; 29 – Бревенниковский фарватер; 30 – Амосовский канал; 31 – Отвал МЛП Лесной порт; 32 – Удельнинский канал; 33 – Удельнинский – Соломбальский фарватер; 34 – Соломбальский канал; 35 – Отвал 137-А; 36 – Хечеминский канал; 37 – Хечеминский – Окуловский фарватер; 38 – Окуловский канал; 39 – Канал поворотного бассейна; 40 – Бакарицкий переходный канал; 41 – Бакарицкий канал; 42 – ППР Бакарица; 43 – Отвал Окуловская Кошка; 44 – Нижнетурдеевский канал; 45 – Турдеевский канал; 46 – Уймский фарватер; 47 – фарватер Белая Гора

Legend: 1 – Dump no.144A; 2 – Dump 143-A; 3 – Mudyugsky Canal; 4 – Vasilevsky Sea Lane; 5 – Ustianovsky Canal; 6 – Bakansky Sea Lane; 7 – Dump 150; 8 – Lapominsky Canal; 9 – Transitional Sea Lane; 10 – Chizhovsky Canal; 11 – Ekonomsky Canal; 12 – Kuznechevsky Entrance Canal; 13 – Ekonomiya Handling Area; 14 – Reushinsky Canal; 15 – Nizhnekrivyaksky Canal; 16 – Priluksky Canal; 17 – Osinovy Sea Lane; 18 – Srednekrivyaksky Sea Lane; 19 – Vernekrivyaksky Sea Lane; 20 – Vernekrivyaksky – Krivyaksky Sea Lane; 21 – Krivyaksky Sea Lane; 22 – Nizhnepovrakulsky Sea Lane; 23 – Nizhnepovrakulsky – Povrakulsky Sea Lane; 24 – Povrakulsky Sea Lane; 25 – Nizhnekuriyaretsky Sea Lane; 26 – Nizhnekuriyaretsky – Kuriyaretsky Sea Lane; 27 – Kuriyaretsky Sea Lane; 28 – Kuriyaretsky – Brevennikovsky Sea Lane; 29 – Brevennikovsky Sea Lane; 30 – Amosovsky Canal; 31 – Maimaksansky Wood Port Dump; 32 – Udelninsky Canal; 33 – Udelninsky – Solombalsky Sea lane; 34 – Solombalsky Canal; 35 – Dump 137-A; 36 – Khecheminsky Canal; 37 – Khecheminsky – Okulovsky Sea Lane; 38 – Okulovsky Canal; 39 – maneuvering basin canal; 40 – Bakaritsky Transitional Canal; 41 – Bakaritsky Canal; 42 – Bakaritsa Handling Area; 43 – Okulovskaya Koshka Dump; 44 – Nizhneturdeyevsky Canal; 45 – Turdeyevsky Canal; 46 – Uymsky Sea Lane; 47 – Belaya Gora Sea Lane

рядом населенных пунктов и городской инфраструктуры, а также близостью к ООПТ «Беломорский государственный природный биологический заказник» [22].

Наиболее благоприятные условия с точки зрения поддержания глубин и контроля экологической обстановки наблюдаются в зоне Маймаксанской протоки (объекты 10–29). Средний балл интегрального показателя здесь составил 2.82. В этом районе самые низкие объемы дноуглубления, работы проводятся крайне редко и имеют локальный характер, семь объектов этого района вообще не требуют дноуглубления для поддержания проектных параметров. К тому же здесь в большей степени выражены процессы размыва речного дна [23, 24]. Степень влияния ДР на экологическую ситуацию на этом участке можно охарактеризовать как незначительную.

### **Выводы**

Предложена методика проведения геоэкологического районирования акватории морского порта при проведении ДР на основании балльно-рейтинговой оценки.

Определен перечень факторов, влияющих на экологическую ситуацию в акватории при ее дноуглублении. Выполненная экспертная оценка влияния различных факторов при проведении ДР указывает, что больший вклад вносят факторы, непосредственно определяющие загрязнение акватории при дноуглублении, а меньший – факторы, определяющие распространение загрязнения. Загрязненность донных грунтов имеет наибольший весовой коэффициент (0.122), а фактическая глубина – наименьший (0.038). Задачу ранжирования факторов для расчета весовых коэффициентов целесообразно ставить для конкретного района исследований, поскольку одни и те же факторы могут по-разному проявляться в разных природных условиях.

Вербально-числовая шкала интегрального показателя влияния дноуглубления на экологическую ситуацию составлена по фактическим данным балльно-рейтинговой оценки для порта Архангельск. Экстремумные значения шкалы 1.51...8.75 выбраны по сумме максимальных и минимальных значений баллов показателей и могут быть зафиксированы в акватории порта Архангельск. Промежуточные градации выделены распределением баллов объектов по квартилям.

Наиболее подвержены негативному воздействию ДР участки с наибольшими объемами ежегодной заносимости и зоны с наибольшим уровнем загрязненности донных грунтов и вод. Участки устьевого взморья сильнее всего заносятся в ходе штормовых явлений, регулярно требуют проведения дноуглубления. Из-за больших объемов удаляемого грунта (до 1 млн м<sup>3</sup>), а также из-за нахождения в зоне смешения морских и речных вод под действием маргинального фильтра эти участки накапливают в донном грунте и водах существенный объем поллютантов. Иная негативная ситуация наблюдается в зонах активного антропогенного воздействия: портовых и причальных зонах, зонах бункеровки судов и городской инфраструктуры (мосты, автомобильные дороги, выпуски ливневой канализации). Здесь главную роль играют факторы загрязнения вод, донных грунтов, их гранулометрический состав, близость рекреационных зон и ООПТ, концентрация взвеси после ДР.

Дельтовые участки, в частности Маймаксанская протока, имеют наиболее благоприятные условия для проведения дноуглубления с минимально возможным негативным воздействием на экологическую ситуацию. Наименьшие объемы ДР, соответственно, и площади разработки грунта, низкая интенсивность волнения, удаленность от ООПТ и рекреационных зон являются благоприятными аспектами проведения ремонтного дноуглубления на этих акваториях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ломакин П. Д.* Влияние дноуглубительных работ и грунтовых свалок на экологическую ситуацию в Керченском проливе // *Морской гидрофизический журнал*. 2019. Т. 35, № 2. С. 160–170. doi:10.22449/0233-7584-2019-2-160-170
2. Экспериментальное исследование параметров тонкодисперсной взвеси, возникающей при отсыле гравия для прокладки морских газопроводов / Н. Н. Гришин [и др.] // *Природообустройство*. 2011. № 2. С. 79–84.
3. *Environmental aspects of dredging* / Edited by R. N. Bray, A. D. Bates and J. M. Land. Second Edition. London : Arnold Publishing, 2008. 448 p.

4. *Коробов В. Б.* Экспертные методы в географии и геоэкологии. Архангельск : Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2008. 236 с.
5. *Иглин С. М., Коробов В. Б.* Пространственно-временные особенности заносимости канала Мудьюгских башен в морском порту Архангельск // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. № 2. С. 48–58. doi:10.22449/2413-5577-2019-2-48-58
6. Оценка интенсивности литодинамических процессов в морском судоходном канале порта Сабетта / Гладыш В. А. [и др.] // Инженерные изыскания. 2017. № 4. С. 36–44.
7. *Иглин С. М., Лецев А. В., Коробов В. Б.* Оценка масштабов заносимости судоходного канала в морском порту Архангельск // Инженерные изыскания. 2019. Т. 13, № 1. С. 46–54.
8. *Иглин С. М., Котова Е. И., Коробов В. Б.* Геоэкологическая оценка состояния вод и донных грунтов при проведении ремонтных работ в порту Архангельск // Естественные и технические науки. 2020. Т. 143, № 5. С. 76–87. <https://doi.org/10.25633/ETN.2020.05.11>
9. Экологическая ситуация в устьевой области реки Северной Двины (Белое море) / Е. И. Котова [и др.] // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 121–129. <https://doi.org/10.17513/use.37402>
10. *Коробов В.* Теория и практика экспертных методов. М. : НИЦ ИНФРА-М, 2019. 281 с.
11. *Коробов В. Б., Тутыгин А. Г., Чижова Л. А.* Метод анализа иерархий и ранжирование влияющих факторов как альтернативные инструменты в социально-экономических исследованиях // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 9, № 3. С. 210–214.
12. *Коробов В. Б.* Балльные классификации в геоэкологии: преимущества и недостатки // Проблемы региональной экологии. 2007. № 1. С. 66–70.
13. *Коробов В. Б.* Построение вербально-числовых шкал методом нечетких множеств для оценки состояния природных объектов // Проблемы региональной экологии. 2005. № 5. С. 18–23.
14. *Абузьяров З. К., Лукин А. А., Нестеров Е. С.* Режим, диагноз и прогноз ветрового волнения в океанах и морях. Обнинск : ИГ-Социн, 2013. 295 с.
15. *Лопатухин Л. И., Бухановский А. В., Чернышева Е. С.* Справочные данные по режиму ветра и волнения Берингова и Белого морей. СПб. : Российский морской регистр судоходства, 2010. 566 с. URL: <https://rs-class.org/upload/iblock/102/1020fc304490bd2e9dcf341abe344375.pdf> (дата обращения: 8.05.2021).
16. *Филенко О. Ф., Медянкина М. В.* Влияние донных грунтов на токсичность загрязняющих веществ // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. 2010. № 1. С. 27–31.
17. *Косинова И. И., Соколова Т. В.* Методологические особенности оценки экологического состояния донных отложений искусственно созданных водных объектов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2015. № 3. С. 113–121.
18. *Двинских С. А., Ларченко О. В., Березина О. А.* Условия формирования донных отложений и их влияние на экосистему Мотовилихинского пруда г. Перми // Географический вестник. 2017. № 1. С. 55–65. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2017-1-55-65>



19. *Немировская И. А., Шевченко В. П., Богунов А. Ю.* Содержание и состав углеводородов в донных осадках на геохимическом барьере Северная Двина – Белое море // Доклады Академии наук. 2007. Т. 414, № 2. С. 243–248.
20. *Лецев А. В.* Влияние судоходного канала порта Архангельск на перенос взвешенных веществ в зоне смешения «река-море» устья реки Северной Двины // Проблемы региональной экологии. 2018. № 2. С. 17–21. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2018-12017>
21. *Котова Е. И.* Гидрохимическая характеристика устьевой области р. Северная Двина // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием XXXI пленарного межвузовского координационного совещания «Современные проблемы эрозионных, русловых и устьевых процессов». Архангельск, 2016. С. 121–123.
22. Антропогенная нагрузка на устьевую область р. Северная Двина / А. М. Никаноров [и др.] // Метеорология и гидрология. 2010. № 4. С. 75–84.
23. *Иглин С. М.* Сравнительная оценка заносимости каналов и размыва морского дна в устьевой области реки Северная Двина // Геология морей и океанов : Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва, 18–22 ноября 2019 г. Т. III. М. : ИО РАН, 2019. С. 128–131.
24. *Иглин С. М., Лецев А. В.* Литодинамические процессы на акватории Кузнечевской протоки в зоне впадения протоки Большой Двинки и р. Ваганихи в устьевой области р. Северной Двины // Геология морей и океанов : Материалы XXIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Москва, 18–22 ноября 2019 г. Т. III. М. : ИО РАН, 2019. С. 132–136.

*Об авторах:*

**Иглин Сергей Михайлович**, ведущий инженер, ФГУП «Росморпорт» (127055, Россия, Москва, ул. Суцеевская, д. 19, стр. 7), **ORCID ID: 0000-0001-6853-623X**, [Iglin.sm@bk.ru](mailto:Iglin.sm@bk.ru)

**Коробов Владимир Борисович**, ведущий научный сотрудник, Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН (117997, Россия, Москва, Нахимовский пр., д. 36), доктор географических наук, **ORCID ID: 0000-0002-0106-5338**, [szoioran@mail.ru](mailto:szoioran@mail.ru)

*Заявленный вклад авторов:*

**Иглин Сергей Михайлович** – формулировка и постановка задачи; проведение вычислений; качественный анализ результатов и их интерпретация

**Коробов Владимир Борисович** – разработка концепции; разработка методик и проведение экспериментальных исследований; обработка и описание результатов исследования

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

#### REFERENCES

1. Lomakin, P.D., 2019. Influence of Dredging and Dumping Zones on the Ecological Situation in the Kerch Strait. *Physical Oceanography*, 26(2), pp. 147–156. doi:10.22449/1573-160X-2019-2-147-156
2. Grishin, N.N., Gritsuk, I.I., Debolsky, V.K. and Ponomarev, N.K., 2011. [Experimental Studies of Parameters of Fine Suspended Matter Emerging during Gravel Filling for Offshore Gas Pipeline Installation]. *Prirodoobustrojstvo*, (2), pp. 79–84 (in Russian).

3. Bray, R.N., Bates, A.D. and Land, J.M., eds., 2008. *Environmental Aspects of Dredging*. London: Arnold Publishing, 448 p.
4. Korobov, V.B., 2008. [*Expert Assessment Methods in Geography and Geo-ecology*]. Arkhangelsk: Pomor State University named after M.V. Lomonosov, 236 p. (in Russian).
5. Iglin, S.M. and Korobov, V.B., 2019. Spatial and Temporal Peculiarities of Sedimentation in the Chanal of the Mudyug Towers in the Sea Port Arkhangelsk. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 48–58. doi:10.22449/2413-5577-2019-2-48-58 (in Russian).
6. Gladysh, V.A., Logvina, E.A., Nesterov, A.V. and Kubishkin, N.V., 2017. Assessing the Intensity of Lithodynamic Processes in the Seaway Navigation Canal of the Sabetta Port. *Engineering Survey*, (4), pp. 36–44 (in Russian).
7. Iglin, S.M., Leshchev, A.V. and Korobov, V.B., 2019. Assessment of Sedimentation Volumes of the Shipping Channel in the Port of Arkhangelsk. *Engineering Survey*, 13(1), pp. 46–55 (in Russian).
8. Iglin, S.M., Kotova, E.I. and Korobov, V.B., 2020. Geoecological Assessment of Water and Bottom Soil Conditions during Repair Dredging Operations in the Port of Arkhangelsk. *Natural and Technical Sciences*, 143(5), pp. 76–87. <https://doi.org/10.25633/ETN.2020.05.11> (in Russian).
9. Kotova, E.I., Korobov, V.B., Shevchenko, V.P. and Iglin, S.M., 2020. Environmental Situation in the Severnaya Dvina Mouth Zone (the White Sea). *Advances in Current Natural Sciences*, (5), pp. 121–129. <https://doi.org/10.17513/use.37402> (in Russian).
10. Korobov, V., 2019. [*Theory and Practice of Expert Assessment Methods*]. Moscow: NITS INFRA-M, 281 p. (in Russian).
11. Korobov, V.B., Tutygin, A.G. and Chizhova, L.A., 2020. Hierarchy Analysis Method and Ranking of Influencing Factors as Alternative Tools in Socio-Economic Research. *Azimuth of Scientific Researches: Economics and Management*, 9(3), pp. 210–214 (in Russian).
12. Korobov, V.B., 2007. Ball Classifications in Geoecology: Advantages and Disadvantages. *Regional Environmental Issues*, (1), pp. 66–70 (in Russian).
13. Korobov, V.B., 2005. The Construction of Verbal-Numerical Scales by the Method of Fuzzy Sets for Assessing the State of Natural Objects. *Regional Environmental Issues*, (5), pp. 18–23 (in Russian).
14. Abuzyarov, Z.K., Lukin, A.A. and Nesterov, E.S., 2013. [*Regime, Diagnosis and Prognosis of Wind Waves in Oceans and Seas*]. Obninsk: IG-Sotsin, 295 p. (in Russian).
15. Lopatukhin, L.I., Bukhanovskiy, A.V. and Chernysheva, E.S., 2010. [*Reference Data on Wind and Wave Regime for the Bering and White Seas*]. Saint-Petersburg: Russian Maritime Register of Shipping, 566 p. (in Russian).
16. Filenko, O.F. and Mediankina, M.V., 2010. Influence of Bottom Sediments at the Toxicity of Pollutants. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 16. Biologiya = Herald of Moscow University. Series 16. Biology*, (1), pp. 27–31 (in Russian).
17. Kosinova, I.I. and Sokolova, T.V., 2015. Methodological Features Assessment of Ecological Conditions Sediments of Artificially Created Water Bodies. *Proceedings of Voronezh State University. Geology*, (3), pp. 113–121 (in Russian).
18. Dvinskikh, S.A., Larchenko, O.V. and Berezina, O.A., 2017. The Conditions of Benthic Deposits Formation and their Effect on the Ecosystem (a Case Study of the Motovilikha Pond in Perm). *Geographical Bulletin*, (1), pp. 55–65. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2017-1-55-65> (in Russian).

19. Nemirovskaya, I.A., Shevchenko, V.P. and Bogunov, A.Y., 2007. Contents and Compositions of Hydrocarbons in Bottom Sediments at the Severnaya Dvina – White Sea Geochemical Barrier. *Doklady Earth Sciences*, 414(1), pp. 609–614. <https://doi.org/10.1134/S1028334X07040265>
20. Leshchev, A.V., 2018. The Impact of the Ship Canal of the Port of Arkhangelsk on the Suspended Matter Transfer in the Mixing Zone “River-Sea” of the Estuary of the Northern Dvina River. *Regional Environmental Issues*, (2), pp. 17–21. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2018-12017> (in Russian).
21. Kotova, E.I., 2016. Hydrochemical Characteristic of the Estuarine Area of the Severnaya Dvina River. In: R. S. Chalov and N. M. Byzova, eds., 2016. [*Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation of the 31st Plenary Inter-University Coordination Meeting “Current Issues of Erosion, Channel and Estuary Processes”*. Arkhangelsk, 26–30 September 2016]. Arkhangelsk, pp. 121–123 (in Russian).
22. Nikanorov, A.M., Sokolova, L.P., Reshetnyak, O.S., Kondakova, M.Y. and Danilenko, A.O., 2010. Anthropogenic Load on the Estuarine Area of the Northern Dvina River. *Russian Meteorology and Hydrology*, 35(4), pp. 281–288. <https://doi.org/10.3103/S1068373910040060>
23. Iglin, S.M., 2019. Comparative Assessment of Sedimentation of Channels and Erosion of Marine Bottom in the Estuarine Area of the Northern Dvina River. In: A. P. Lisitzin, ed., 2019. *Geology of Seas and Oceans: Proceedings of XXII International Conference on Marine Geology. Vol. III*. Moscow: IO RAS, pp. 128–131 (in Russian).
24. Iglin, S.M. and Leshchev, A.V., 2019. Lithodynamic Processes in the Water Area of the Kuznechevskaya Duct in the Confluence Zone of the Bolshaya Dvinka Duct and the River Vaganikha in the Severnaya Dvina Mouth Zone. In: A. P. Lisitzin, ed., 2019. *Geology of Seas and Oceans: Proceedings of XXII International Conference on Marine Geology. Vol. III*. Moscow: IO RAS, pp. 132–136 (in Russian).

*About the authors:*

**Sergey M. Iglin**, Leading Engineer, FSUE Rosmorport (19, bldg 7, Sushchevskaya St., Moscow, 127055, Russian Federation), **ORCID ID: 0000-0001-6853-623X**, [Iglin.sm@bk.ru](mailto:Iglin.sm@bk.ru)

**Vladimir B. Korobov**, Leading Research Associate, Shirshov Institute of Oceanology, RAS (36 Nakhimov Av., Moscow, 117997, Russian Federation), Dr.Sci. (Geogr.), **ORCID ID: 0000-0002-0106-5338**, [szoioran@mail.ru](mailto:szoioran@mail.ru)

*Contribution of the authors:*

**Sergey M. Iglin** – task setting; calculations; qualitative analysis of the results and their interpretation

**Vladimir B. Korobov** – concept development; methods development and experimental studies conduction; study results processing and description

*All the authors have read and approved the final manuscript.*