

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-547-554

EXPRESS-METHODOLOGY A COASTAL ZONE ASSESSMENT

N. I. Doroshenko^{1, 2}, D. M. Belov², A. V. Spesivtsev³

¹ — Ltd “Saint-Petersburg Ecology”, St. Petersburg, Russian Federation

² — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russian Federation

³ — Military space Academy named after A. F. Mozhaysky, St. Petersburg, Russian Federation

The article was used the methods of mathematical modeling in predicting the processes of transformation of the coastal zone as an alternative to hydraulic modeling. The processes of coastal zone re-formation take place in conditions of significant uncertainty due to a variety of active factors of different physical nature and impossibility of accurate quantitative measurement of some parameters. Studies in such unfavorable conditions relate to complex problems, for which the use of deterministic mathematical methods is limited. In the absence of the necessary information in such situations, expert information is widely used. Currently, a method (method) of constructing logical-linguistic models based on expert knowledge has been developed, which is successfully used in various fields of science and technology, including for solving environmental problems. The essence of the method consists in the synthesis of fuzzy set theory elements in the form of linguistic variables and the theory of planning experiments. This article presents the methodology, i.e. a set of methods for constructing a logical-linguistic model to describe changes in the Gulf of Finland coastal zone under the influence of external factors. Thus adequacy of the received model is confirmed by full-scale observations in several characteristic points. The correlation coefficient between the actual data and the calculated values was 0.957. The constructed model is universal and gives the chance of the analysis of the processes occurring on separate sites, and forecasting of transformation of a coastal zone.

Keywords: logical-linguistic model, expertise, coastal zone, coastal zone reformation, modeling, forecast.

For citation:

Doroshenko, Nadezhda I., Daniil M. Belov, and Aleksandr V. Spesivtsev. “Express-methodology a coastal zone assessment.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.3 (2018): 547–554. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-547-554.

УДК 551.4.038

ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКА ОЦЕНКИ МОРФОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ МОРЕЯ

Н. И. Дорошенко^{1, 2}, Д. М. Белов², А. В. Спесивцев³

¹ — ООО «Санкт-Петербург Экология», Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ — ФГБ ВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Методы математического моделирования при прогнозировании процессов переформирования береговой зоны использовались в работе как альтернатива физического (гидравлического) моделирования. Процессы переформирования береговой зоны протекают в условиях существенной неопределенности как из-за множества действующих факторов различной физической природы, так и невозможности точного количественного измерения некоторых параметров. Исследования в таких неблагоприятных условиях относят к сложным слабоструктурированным задачам, для которых применение детерминированных математических методов ограничено. В отсутствие необходимой информации в подобных ситуациях широко используют экспертную информацию. В настоящее время разработан способ (метод) построения логико-лингвистических моделей на основе экспертных знаний, который успешно применяется в различных областях науки и техники, в том числе и для решения экологических задач. Суть метода состоит в син-

тезе элементов теории нечетких множеств в виде лингвистических переменных и теории планирования экспериментов. В данной статье приведена методика, т. е. совокупность приёмов построения логико-лингвистической модели, для описания изменений в береговой зоне Финского залива под влиянием внешних действующих факторов. При этом адекватность полученной модели подтверждена натурными наблюдениями в нескольких характерных точках. Коэффициент корреляции между фактическими данными и расчетными значениями составил 0,957. Построенная модель универсальна и дает возможность не только анализировать процессы, происходящие на отдельных участках, но и прогнозировать переформирование береговой зоны в целом.

Ключевые слова: логико-лингвистическая модель, экспертные знания, береговая зона, переформирование береговой зоны, моделирование, прогноз.

Для цитирования:

Дорошенко Н. И. Экспресс-методика оценки морфодинамических процессов в береговой зоне моря / Н. И. Дорошенко, Д. М. Белов, А. В. Спесивцев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 3. — С. 547–554. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-547-554.

Введение (Introduction)

Оценка качественного состояния береговой зоны всегда представляла большой интерес не только с точки зрения градостроительства, но и с точки зрения предоставления территорий под рекреационные цели [1]. На данный момент, проведение сценарных моделирований практически полностью исключено. Для математического моделирования прогнозов изменений состояния береговой зоны необходимо большое количество исходной информации, получение которой — весьма дорогостоящий, трудоемкий и длительный процесс [2]. Как правило, процессы переформирования береговой зоны протекают под действием множества факторов различной физической природы, которые не всегда поддаются количественным измерениям, а некоторые можно охарактеризовать только вербально. Например, при планировании строительства необходимо знать качественную составляющую процессов, идущих в береговой зоне, а именно — к какому виду относится тот или иной участок береговой зоны: абразионному или аккумулятивному, при этом количественная составляющая — количество материала, намываемого или размываемого в течение определенного отрезка времени, — отходит на второй план.

В условиях такой неопределенности применение детерминированных методов математического моделирования ограничено, но широко используются экспертные знания с построением логико-лингвистических моделей: при управлении рисками чрезвычайных ситуаций на основе формализации экспертной информации [3]; при эксплуатации насосных агрегатов заправочного оборудования [4]; при оценке уровня аварийных ситуаций [5]; при определении степени опасности столкновения судов в зоне чрезмерного сближения [6]; при оценке устойчивости сетевой информационной системы к негативным внешним воздействиям в условиях неполноты априорных сведений [7] и даже при построении системы ответов на вопросы для перевода Корана на английский язык [8]. Метод построения логико-лингвистических моделей находит применение для решения задач описания процессов или явлений, протекающих в условиях существенной неопределенности, в том числе и экологических, таких как решение агроэкологических проблем [9], оценка экологической безопасности на основе логико-лингвистического моделирования процессов утилизации жидкого навоза [10], автоматизированный анализ и полагание целей рыбохозяйственного комплекса [11].

Целью настоящей статьи является построение методики определения изменений в береговой зоне Финского залива в результате влияния действующих факторов, основанной на способе построения логико-лингвистической модели.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Метод построения логико-лингвистической модели использует экспертные знания, поэтому в начале, в ходе теоретических рассуждений, определяется факторное пространство, в котором

эксперт принимает решения по данному конкретному вопросу [3]. На этом этапе было определено, что на переформирование береговой зоны существенное влияние оказывают следующие факторы:

X_1 — скорость волноэнергетического течения, качественная переменная;

X_2 — наличие пляжеобразующего материала на береговом склоне, качественная переменная;

X_3 — крупность частиц пляжеобразующего материала, мм;

X_4 — угол заложения надводного откоса, град.;

X_5 — наличие частиц пляжеобразующего материала в потоке, качественная переменная.

В качестве выходной зависимой выбрана переменная Y — градиент изменения переформирования высоты пляжа, м/год.

Выбранные факторы представляются лингвистическими переменными. Так, на рис. 1 представлен Y в виде лингвистической переменной, которая содержит три шкалы и позволяет лингвистические оценки эксперта (верхняя шкала по оси абсцисс) переводить в численные (нижняя шкала по оси абсцисс), а по оси ординат представлена функция принадлежности в интервале $[0, 1]$. При этом для количественных переменных в лингвистической шкале обозначены: Н — низкое значение, НС — ниже среднего, С — среднее, ВС — выше среднего, В — высокое.

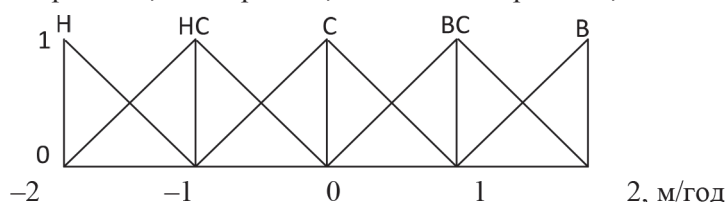


Рис. 1. Y — градиент изменения переформирования высоты пляжа как лингвистическая переменная

Исходные значения количественных входных переменных, в соответствии с теорией планирования экспериментов, переводятся в стандартизованный масштаб на интервале $[-1, +1]$ по формуле

$$x_i = \frac{\bar{X}_i - X_i}{\Delta X_i}, \quad (1)$$

где X_i — наблюдаемое (измеренное) значение переменной в соответствующих физических единицах; $\bar{X}_i = \frac{X_{i\min} + X_{i\max}}{2}$ — среднее арифметическое значение переменной; $\Delta X_i = \frac{X_{i\max} - X_{i\min}}{2}$ — интервал изменения переменной.

Качественные (неколичественные, вербальные) переменные X_1, X_2, X_5 содержат только концы лингвистических шкал и маркируются «-1» для Н и «+1» для В.

Логико-лингвистическая модель оценки строится по результатам обработки матрицы экспертного опроса, при этом используется структура полного факторного эксперимента типа 2^n , где n — число факторов. В данном случае при $n = 5$ количество строк опросной матрицы составит $N = 2^5 = 32$. Фрагмент опросной матрицы с экспертными оценками Y_i и расчетными значениями Y по модели приведен в табл. 1. Вопросы, адресуемые экспертам, в табл. 1 представлены в виде нечеткого продукционного правила, имеющего имплицативную конструкцию «если ..., то ...». В свою очередь, каждая продукция представляла собой сочетание «ситуация — состояние береговой зоны». Так, например, 10-я строка табл. 1 читается так: «Если (x_1) скорость потока «высокая» и (x_2) материал на пляже «отсутствует», и (x_3) размер частиц «мелкий», и (x_4) угол заложения надводного откоса «высокий», и (x_5) концентрация частиц в потоке «низкая», то градиент переформирования высоты пляжа (Y) оценивается состоянием между значениями «низкий — ниже среднего».

Для построения полиномиального разложения вербальные оценки эксперта переводят по шкале рис. 1 в количественный вид. Так, в случае строки 10 табл. 1 состоянию «низкий – ниже среднего» соответствует числовое значение «–1,5». Расчет коэффициентов полинома производится по правилам, принятым в теории планирования экспериментов. При этом следует отметить, что коэффициенты полинома в рассматриваемом случае представляют опыт эксперта и принципиально отличаются от таковых в полиноме, построенном по данным и представляющем только исходную совокупность этих данных и применяемый математический аппарат [3].

Таблица 1

Фрагмент опросной матрицы с экспертными оценками Y_3 и расчетными значениями Y по модели

№ п/п	Скорость потока	Наличие материала	Размер частиц	Угол заложения надводного откоса	Концентрация частиц в потоке	Градиент изменения переформирования высоты пляжа, м/год		
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Y_3	Y	$Y_3 - Y$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
6	1	–1	1	–1	–1	–1,50	–1,563	0,063
7	–1	1	1	–1	–1	0,00	0,000	0,000
8	1	1	1	–1	–1	–1,00	–1,063	0,063
9	–1	–1	–1	1	–1	–0,50	–0,500	0,000
10	1	–1	–1	1	–1	–1,50	–1,563	0,063
11	–1	1	–1	1	–1	0,00	0,000	0,000
12	1	1	–1	1	–1	–1,00	–1,063	0,063
13	–1	–1	1	1	–1	–0,50	–0,625	0,125
14	1	–1	1	1	–1	–2,00	–1,688	–0,313
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Результаты (Results)

В результате обработки матрицы экспертного опроса в численном виде было получено аналитическое выражение в виде полинома

$$Y = 0,531x_1 + 0,156x_2 - 0,156x_3 - 0,156x_4 + 0,781x_5 - 0,094x_2x_3x_4. \quad (2)$$

Полученное выражение (2) является функцией отклика, которая отражает совокупные изменения состояния береговой зоны в зависимости от воздействующих на нее факторов. Корреляция, представленная на рис. 2, дает возможность визуально убедиться в адекватности результатов расчета экспертными оценками.

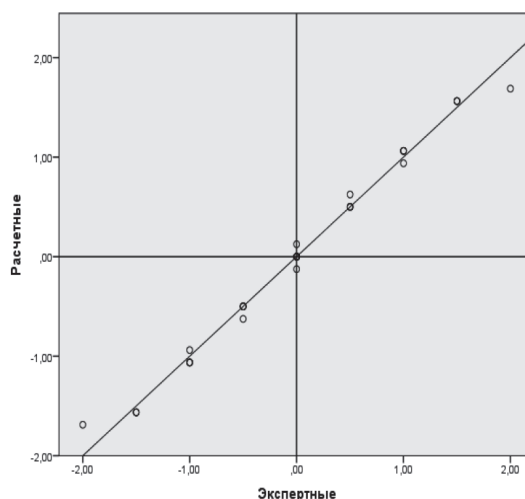


Рис. 2. Корреляция между расчетными данными и экспертными оценками

Высокое значение коэффициента корреляции 0,997 указывает на то, что полиномиальное выражение (2) адекватно представляет знания эксперта.

На следующем этапе необходимо оценить адекватность расчетов исследуемого явления по выражению (2). Для этого были проведены специальные натурные наблюдения за изменением береговой зоны Финского залива в результате влияния действующих факторов, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетной оценки и фактических данных

№ п/п.	Наименование точки	Скорость потока	Наличие материала	Размер частиц, мм	Угол заложения надводного откоса, град.	Концентрация частиц в потоке	Градиент изменения переформирования высоты пляжа, м/год		Разница расчетных и фактических данных
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y_{ϕ}	Y	$\Delta = Y_{\phi} - Y$
1	Причал турбазы «Янтарный берег»	1	-1	0,3 – 0,1	7–10	-1	-1	-1,67	-0,67
2	Рыболовный коллектив 295	-1	1	0,3 – 0,1	7,5	-1	0	-0,10	-0,10
3	Пляж у дороги с родником	-1	1	5 – 1	6	-1	0	0,11	0,11
4	Пляж в районе МЧС	-1	1	0,3 – 0,1	4,5	1	+1,5	1,53	0,03
5	У причала МЧС	-1	1	0,3 – 0,1	6	1	+2	1,49	-0,51
6	Лоцманский поселок	1	-1	5 – 1	9	-1	-1	-1,21	-0,21
7	За сооружениями дороги 58 км	1	-1	20 – 70	13	-1	-2	-1,31	0,69
8	На 50 м восточнее точки 7	1	-1	2 – 0,3	10	-1	-1,5	-1,54	-0,04

Корреляция между данными фактических наблюдений и расчетными значениями по формуле (2) представлена на рис. 3 и оценивается коэффициентом корреляции 0,957, который при числе опытов, равном восьми, существенно отличается от нуля с доверительной вероятностью более 0,99.

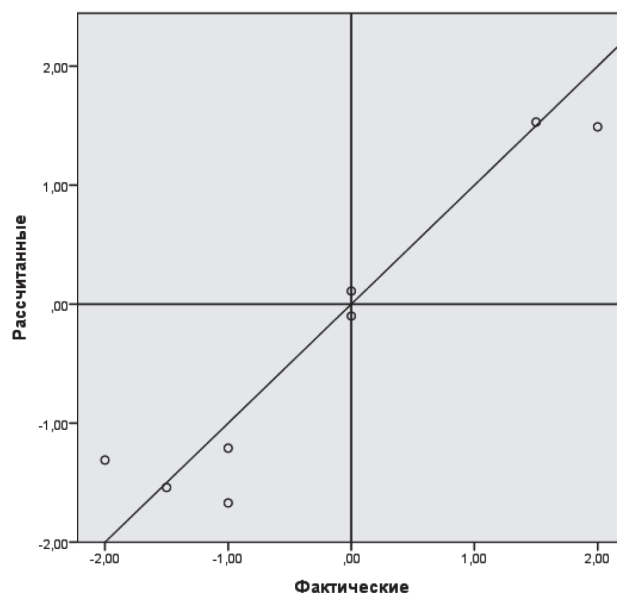


Рис. 3. Корреляция между фактическими данными и расчетными значениями по формуле (2)

Обсуждение (Discussion)

Проведенные исследования показали принципиальную возможность использования экспертных знаний для исследования процесса переформирования береговой зоны Финского залива. При этом высокая степень адекватности расчетных значений фактическим наблюдениям (коэффициент корреляции 0,957) позволяет с высокой достоверной вероятностью считать полиномиальное выражение (2) математической моделью изучаемого явления. Такой результат проведенного исследования позволяет использовать модель не только для мониторинга состояния берегов [12], но и прогнозирования их переформирования в условиях изменения внешней среды [13], например, при возведении сооружений или дамб в акватории залива.

Следует отметить особенности применения метода построения логико-лингвистических моделей, состоящие в том, что, во-первых, используются знания высококвалифицированных специалистов вместо накопления необходимого количества исходной информации, во-вторых, вся существующая статистика по конкретному вопросу служит для проверки адекватности модели, в-третьих, экономические затраты и сроки создания таких моделей на порядки ниже построения математических моделей при традиционном подходе, и, в-четвертых, логико-лингвистические модели позволяют сохранять и тиражировать знания и опыт высококвалифицированных специалистов, которые обычно выступают в качестве экспертов.

Заключение (Conclusion)

Разработанная методика определения переформирования береговой зоны под влиянием внешних действующих факторов позволила построить логико-лингвистическую модель для количественной оценки как отдельных факторов, так и их совокупного воздействия в береговой зоне Финского залива. Это дает огромные возможности для использования данной модели не только с целью анализа локальных участков территории, но и прогнозирования переформирования участка береговой зоны в целом.

Метод построения логико-лингвистических моделей обладает универсальностью и может быть рекомендован для решения многих классов экологических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pinder D. Seaport decline and cultural heritage sustainability issues in the UK coastal zone / D. Pinder // *Journal of Cultural Heritage*. — 2003. — Vol. 4. — Is. 1. — Pp. 35–47. DOI: 10.1016/S1296-2074(03)00006-2.
2. Белов Д. М. Основы методики управления морфодинамикой береговой зоны / Д. М. Белов, Н. И. Дорошенко // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2015. — № 6 (34). — С. 99–110. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-6-99-110.
3. Спесивцев А. В. Управление рисками чрезвычайных ситуаций на основе формализации экспертной информации / А. В. Спесивцев; под ред. проф. В. С. Артамонова. — СПб.: Изд-во СПбПТехУ, 2004. — 238 с.
4. Спесивцев А. В. Логико-лингвистическая модель оценивания вероятности возникновения нештатных ситуаций при эксплуатации насосных агрегатов заправочного оборудования РКК / А. В. Спесивцев, А. М. Астанков // *Фундаментальные исследования*. — 2016. — № 11–4. — С. 728–732.
5. Седова Н. А. Логико-лингвистическая модель оценки уровня аварийных ситуаций / Н. А. Седова, В. А. Седов // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Естественные и технические науки*. — 2016. — № 2. — С. 65–69.
6. Седова Н. А. Логико-лингвистическая модель определения степени опасности столкновения судов в зоне чрезмерного сближения / Н. А. Седова, Д. Ю. Сясин // *Бюллетень транспортной информации*. — 2014. — № 12 (234). — С. 23–26.
7. Александров Е. Ю. Моделирование оценки устойчивости сетевой информационной системы к негативным внешним воздействиям в условиях неполноты априорных сведений / Е. Ю. Александров, В. М. Тюнник // *Глобальный научный потенциал*. — 2015. — № 9 (54). — С. 102–106.
8. Wani S. Question Answering System for English Translation of Al-qur'an Based on the Logico-linguistic Representational Model: diss. / S. Wani. — Kulliyah of Information and Communication Technology, International Islamic University Malaysia, 2016.

9. Брюханов А. Ю. Логико-лингвистическое моделирование для решения агроэкологических проблем / А. Ю. Брюханов, А. В. Спесивцев, А. В. Трифанов, И. А. Субботин // Сб. докладов XIX Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2016). — Т. 1. — СПб.: Изд-во ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина), 2016. — С. 236–239.

10. Брюханов А. Ю. Оценка экологической безопасности на основе логико-лингвистического моделирования процессов утилизации жидкого навоза / А. Ю. Брюханов, А. В. Спесивцев, И. А. Субботин // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. — 2015. — № 86. — С. 129–139.

11. Лукьянова Л. М. Задача автоматизированного анализа и полагания целей рыбохозяйственного комплекса и средства ее решения / Л. М. Лукьянова // Балтийский экономический журнал. — 2015. — № 1 (13). — С. 195–200.

12. Nicholls R. J. Coastline degradation as an indicator of global change / R. J. Nicholls, C. Woodroffe, V. Burkett // *Climate Change (Second Edition)*. — 2016. — Pp. 309–324. DOI: 10.1016/B978-0-444-63524-2.00020-8.

13. Brooks K. Managing the NSW coastal zone: restructuring governance for inclusive development / K. Brooks, S. Fairfull // *Ocean & Coastal Management*. — 2017. — Vol. 150. — Pp. 62–72. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2016.10.009.

REFERENCES

1. Pinder, David. “Seaport decline and cultural heritage sustainability issues in the UK coastal zone.” *Journal of Cultural Heritage* 4.1 (2003): 35–47. DOI: 10.1016/S1296-2074(03)00006-2.

2. Belov, Daniil Mihajlovich, and Nadezhda Ivanovna Doroshenko. “The basic methodology morphodynamical of the coastal zone management.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O. Makarova* 6(34) (2015): 99–110. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-6-99-110.

3. Spesivtsev, A.V. *Upravlenie riskami chrezvychaynykh situatsii na osnove formalizatsii ekspertnoi informatsii*. Edited by V.S. Artamonov. SPb: Izd-vo SPbPTekhU, 2004.

4. Spesivtsev, A.V., and A.M. Astankov. “A logical-linguistic evaluation model of the probability of occurrence of emergency situations while operating pump units of RSC filling equipment.” *Fundamental research* 11-4 (2016): 728–732.

5. Sedova, N., and V. Sedov. “The logical - linguistic model for assessing of the emergency level.” *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* 2 (2016): 65–69.

6. Sedova, N.A., and D.Jy. Syasin. “The logical-linguistic model of the ships collision risk rating in a heavy traffic zone.” *The Bulletin of Transport Information (BTI)* 12(234) (2014): 23–26.

7. Aleksandrov, E.Yu., and V.M. Tyutyunnik. “Simulation of Assessing Network Information System Sustainability to Negative External Influences under Incomplete a Priori Information.” *Global Scientific Potential* 9(54) (2015): 102–106.

8. Wani, S. Question Answering System for English Translation of Al-qur'an Based on the Logico-linguistic Representational Model. Diss. Kulliyyah of Information and Communication Technology, International Islamic University Malaysia, 2016.

9. Bryukhanov, A.Yu., A.V. Spesivtsev, A.V. Trifanov, and I.A. Subbotin. “Logiko-lingvisticheskoe modelirovanie dlya resheniya agroekologicheskikh problem.” *Sb. dokladov XIX Mezhdunarodnoi konferentsii po myagkim vychisleniyam i izmereniyam (SCM-2016)*. Vol. 1. SPb.: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi elektrotekhnicheskii universitet “LETI” im. V.I. Ul'yanova (Lenina), 2016. 236–239.

10. Briukhanov, A.Yu., A.V. Spesivtsev, and I.A. Subbotin. “Environmental safety assessment of liquid manure treatment processes by logical-linguistic modeling.” *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zivotnovodstva* 86 (2015): 129–139.

11. Luk'yanova, L.M. “Zadacha avtomatizirovannogo analiza i polaganiya tselei ryboozyaistvennogo kompleksa i sredstva ee resheniya.” *Baltiiskii ekonomicheskii zhurnal* 1(13) (2015): 195–200.

12. Nicholls, Robert J., Colin Woodroffe, and Virginia Burkett. “Coastline degradation as an indicator of global change.” *Climate Change (Second Edition)*. 2016. 309–324. DOI: 10.1016/B978-0-444-63524-2.00020-8.

13. Brooks, Kate, and Sarah Fairfull. “Managing the NSW coastal zone: restructuring governance for inclusive development.” *Ocean & Coastal Management* 150 (2017): 62–72. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2016.10.009.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дорошенко Надежда Ивановна — аспирант,
руководитель отдела экологического
сопровождения
Научный руководитель:
Белов Даниил Михайлович
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
ООО «Санкт-Петербург Экология»
198152, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Краснопутиловская, 8
e-mail: 132620@mail.ru

Белов Даниил Михайлович —
доктор географических наук, профессор,
заслуженный эколог РФ
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»
198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7
e-mail: olt_prts@inbox.ru

Спесивцев Александр Васильевич —
кандидат технических наук, старший научный
сотрудник
ФГБ ВОУ ВО «Военно-космическая академия
имени А. Ф. Можайского»
197198, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Ждановская, 13
e-mail: sav2050@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Doroshenko, Nadezhda I. — Postgraduate,
Head of Environmental Support
Department
Supervisor:
Belov, Daniil M.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
Ltd “Saint-Petersburg Ecology”
8 Krasnoutilovskaya Str., St. Petersburg, 198152,
Russian Federation
e-mail: 132620@mail.ru

Belov, Daniil M. —
Dr. of Geographical Sciences, professor, honored
ecologist of the Russian Federation
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation
e-mail: olt_prts@inbox.ru

Spesivtsev, Aleksandr V. —
PhD, senior researcher
Military space Academy named
after A.F. Mozhaysky
13 Zhdanovskaya Str., St. Petersburg, 197198,
Russian Federation
e-mail: sav2050@gmail.com

*Статья поступила в редакцию 16 марта 2018 г.
Received: March 16, 2018.*