

- [8] Sapelko T. V., Gusencova T. M., Kuznetsov D. D., Ludikova A. V. Paleolimnologic-heskie issledovanija v Podporozhskom raione Leningradskoi oblasti // Tihvinskaja sistema. Kollektivnaja monografija / Pod red. E. M. Nesterova, V. A. Shirokovo, SPb.: Izd-vo RGPU im. A. I. Gercena, 2012. S. 176—186.
- [9] Sapelko T. V., Plotnikova E. V. Subrecentnye sporovo-pylcevyje spektry ozer Podporozhskogo raiona Leningradskoi oblasti // Geografija: problemy nauki i obrazovanija. SPb.: Asterion, 2012. S. 92—94.
- [10] Cvelev N. N. Opredelitel' bsoosudistyh rastenii Severo-Zapadnoi Rossii (Leningradska-ja, Pskovskaja i Novgorodskaja oblasti) SPb.: Izd-vo SPHFA, 2000. 781s.
- [11] Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa M. Pollen analysis and pollen diagrams // Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. 1986. P. 455—484.
- [12] Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. N 51 (1). C. 337—360.
- [13] Grimm E. C. CONISS: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares // Computers and Geosciences. 1987. 13. P. 13—35.
- [14] Grimm E. Tilia 1.12, Tilia Graph 1.18. Illinois State Museum, Springfield, 1991.
- [15] Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Grottes P. M., Guilderson T. P., Hafflidason H., Hajdas I., Hatte C., Heaton T. J., Hoffmann D. L., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., Manning S. W., Niu M., Reimer R. W., Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Staff R. A., Turney C. S. M., J. van der Plicht. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0—50.000 Years cal BP // Radiocarbon. 2013. N 55(4). P. 1869—1887.

Изв. РГО. 2016. Т. 148, вып. 2

РЕЛЬЕФ ДНА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И ЕГО СВЯЗЬ С ДИЗЬЮНКТИВАМИ

© В. М. АНОХИН,¹ М. А. НАУМЕНКО,² Н. А. НЕСТЕРОВ³

Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург

E-mail: ¹ vladanokhin@yandex.ru

² naumenko@mail.ru

³ NNesterovmail@yandex.ru

Новая цифровая батиметрическая модель Ладожского озера позволила провести исследование закономерностей направлений протяженных форм рельефа (линеamentный анализ) дна озера на высококачественной основе.

В результате проведенного исследования выяснено, что несмотря на существенную разницу в типах рельефа в пределах северо-западной и юго-восточной геоморфологических зон дна Ладожского озера общие направления линейных форм рельефа одинаковы для всего дна озера. Отмечается преобладание следующих систем направлений: 140°, 0°, 90°, 40°, что в общем соответствуют направлениям сети планетарной трещиноватости Земли.

Выделенная на дне озера сеть линеаментов совпадает с известными дизъюнктивами, и, следовательно, сеть разломов предположительно может быть прослежена вдоль линий линеamentной сети.

Ключевые слова: Ладожское озеро, дно, рельеф, направление, линеament, разлом.

Введение. Ладожское озеро — крупнейший пресноводный водоем Европы. Это не только главный источник пресной воды для Санкт-Петербурга,

районов Ленинградской области и Республики Карелия, но и уникальный природный объект, содержащий серьезные потенциальные возможности развития региона.

Изучение геологических особенностей дна Ладожского озера представляется задачей важной и актуальной. Это определяется тем, что тектоническое строение, сеть разрывных нарушений дна Ладоги известны лишь схематично и сейсмическая опасность, связанная с ними, не учитывается должным образом; поступающие по разломам в воду глубинные эманации почти не изучены. Исследованиями рельефа дна Ладожского озера в разное время занимались многие организации: Севзапгеология, ВСЕГЕИ, ВНИИОкеангеология, ИНОЗ РАН [2, 7, 8] и другие, однако дно Ладожского озера изучено все еще недостаточно.

С появлением компьютерных технологий разработаны новые методические подходы, позволяющие по-новому взглянуть на геоморфологическое и тектоническое строение дна озера.

Первая цифровая батиметрическая модель Ладожского озера с пространственным разрешением 0.6×0.6 км была сгенерирована в 1993 г. и представлена на Первом Международном симпозиуме по Ладожскому озеру [12]. Координаты береговой линии, островов, измеренных глубин были сняты с карт масштаба 1:100 000.

В Институте озероведения РАН накопился определенный объем информации о рельефе дна Ладожского озера. В частности, создана цифровая батиметрическая модель с пространственным разрешением 500 м; на ее основе можно корректировать первичные морфометрические характеристики озера, составлять батиметрические карты в широком диапазоне сечений изобат [9, 10]. Авторы полагают данную модель рельефа наиболее полно обоснованной фактическим материалом из всех существующих.

Эта модель позволяет провести исследование закономерностей направлений протяженных форм рельефа дна озера на наиболее высококачественной основе.

Краткое описание объекта. Геоморфологически дно Ладожского озера в первом приближении можно разделить на две крупные зоны — северо-западную и юго-восточную, с некоторой переходной подзоной между ними. Северо-западная зона располагается в пределах Балтийского кристаллического щита, ее рельеф обусловлен тектоническими особенностями строения его юго-восточной окраины, сложенной в существенной степени обнаженными кристаллическими породами архейско-протерозойского возраста (в основном гнейсо-граниты и гнейсы), а также терригенными и эффузивными породами рифея. Образования кристаллического щита разбиты многочисленными разрывными нарушениями. Рельеф дна в основном грядовый. Протяженные гряды имеют относительную высоту, достигающую 100—150 м, длину до 5—10 км, ширину до 1—5 км по основанию. Гряды возвышаются над всхолмленной поверхностью с высотами вытянутых холмов до 20—50 м, имеющих общий наклон на северо-запад. Заметна преобладающая направленность как гряд, так и холмов в северо-западном направлении. Перепады глубин, характеризующие расчлененность рельефа в северо-западной зоне колеблются от 5 м в понижениях между грядами до 30—50 и более метров на километр на склонах гряд (рис. 1).

Примерно от широты Приозерска на юго-восток склон кристаллического щита все более перекрывается четвертичными отложениями, включающими

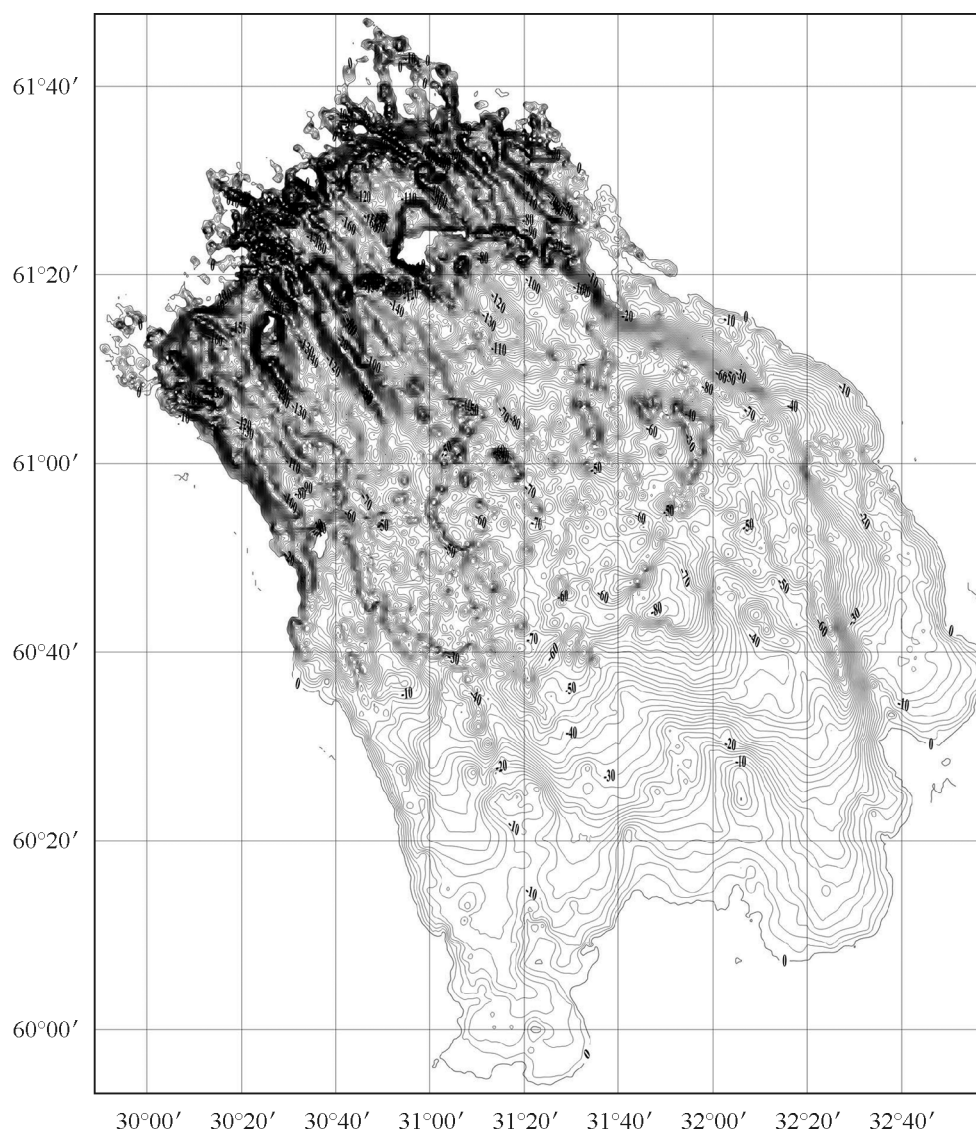


Рис. 1. Батиметрическая карта Ладожского озера.

Изобаты проведены через 2 м.

озерные, озерно-ледниковые и прочие отложения. Южнее широты о-ва Коневец по всей ширине дна озера кристаллические породы щита перекрываются вендско-фанерозойскими отложениями, входящими в плитный комплекс. Далее простирается юго-восточная зона сглаженного рельефа, распространенного на все более мощном осадочном чехле вендских и фанерозойских отложений Русской платформы. Рельеф юго-восточной зоны можно назвать равнинным. Расчлененность рельефа в юго-восточной зоне крайне низкая, перепады глубин составляют 1—3 м на км. Дно здесь так же, как и в северо-западной зоне, имеет слабый наклон на северо-запад (рис. 1).

Имеются варианты более дробного геоморфологического районирования котловины Ладожского озера, чем простое деление на две зоны [8], но в рамках данной работы их использование не потребовалось.

Деление дна озера на две зоны обосновывается, в частности, применением к модели рельефа двумерной пространственной автокорреляционной функции [9]. В результате выявленные радиусы корреляции для распределения глубин и уклонов в юго-восточной части озера оказались примерно в 2 раза больше, чем в северо-западной части, что указывает на принципиальное различие в размерностях форм рельефа в этих двух зонах.

Методика исследования. Цифровая батиметрическая основа позволяет провести линеаментный анализ рельефа дна Ладожского озера по методике, применявшейся авторами ранее [3, 5] с довольно высоким качеством. Эта методика сводится к выделению первичных линий по осям протяженных элементов рельефа (в данном случае — по осям гряд, холмов, долин) с последующим объединением первичных линий в более крупные протяженные линеаменты. Выделение производится в векторной программной среде MapInfo с привязкой к системе координат СК-42. Затем данные переводились в среду ArcView, в которой строились розы-диаграммы.

При любых действиях с изобатами следует учитывать, что проведение изобат «является в известном смысле гипотетическим, поскольку зависит от гипотезы, что значения параметра в промежутках между точками измерений соответствуют той или иной интерполяционной формуле» [11]. Для уменьшения этого элемента гипотетичности и повышения достоверности изображения изобат при построении использовались все существующие данные о глубинах по району съемки.

Проблема выбора оптимального шага изобат решалась, в частности, привлечением таких статистических показателей рельефа дна, как показатели вертикальной (σ_z) и горизонтальной (σ_r) расчлененности поля рельефа дна [11].

Для юго-восточной зоны, где дно имеет сглаженный рельеф, оптимальным признан шаг сечения изобат 1—2 м. Такой шаг дает возможность выявить ранее неизвестные детали рельефа. Для северо-западной зоны с весьма расчлененным рельефом возможно и достаточно выбрать шаг сечения 5—10 и более метров, что позволяет получить качественные растровые карты этого района без наложения изобат друг на друга.

Результаты исследования. В результате цифровой обработки с использованием вышеупомянутых методических приемов была построена батиметрическая карта Ладожского озера (рис. 1). На карте видна высокая степень структурированности рельефа в северо-западной зоне озера — линейность большинства форм рельефа, их упорядоченность и подчиненность нескольким главным направлениям, среди которых наиболее значимым представляется северо-западное.

При движении от северо-западной зоны на юго-восток формы рельефа постепенно теряют линейность и тенденцию к северо-западному направлению, что несомненно связано с перекрытием блочных структур щита осадочными породами платформенного чехла.

На рис. 2 показаны выделенные на батиметрической основе оси протяженных форм рельефа (первичные линии), проявляющие его общую структуру. В рисунке первичных линий гораздо более четко, чем на батиметрической карте, видны направления и общие закономерности расположения вытянутых

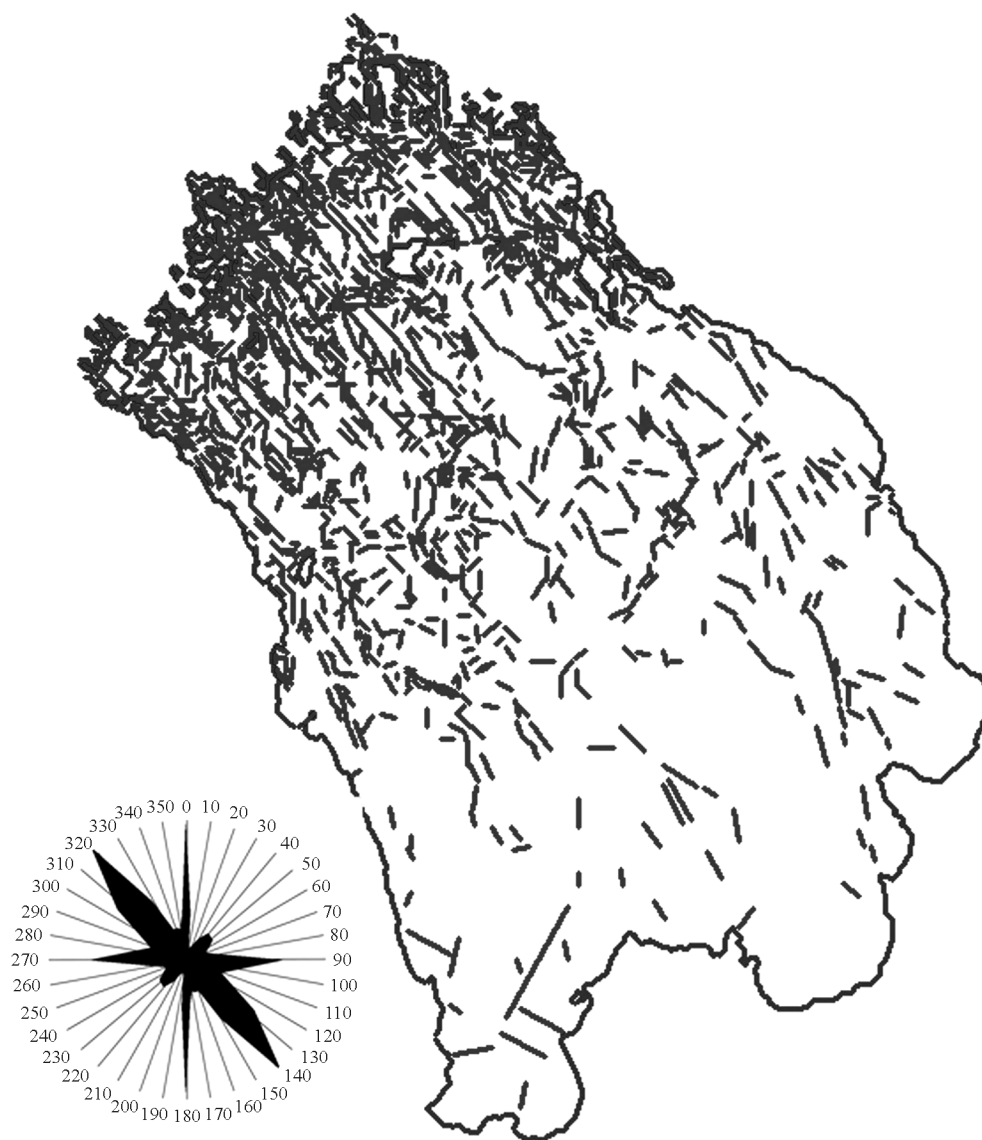


Рис. 2. Оси линейных форм рельефа дна Ладожского озера.

форм рельефа: доминирующее северо-западное простирание, заметное регулярное чередование однонаправленных первичных линий.

В ориентации этих линий (см. розу-диаграмму на рис. 2) явно видно наличие трех главных и одной второстепенной систем направлений рельефа, которые имеют направления 140° , 0° , 90° , $40\text{—}50^\circ$ (в порядке убывания значимости).

Путем объединения цепочек первичных линий рельефа, имеющих сходные устойчивые направления, выделяются линеаменты — полигенные линейные объекты поверхности, предположительно являющиеся поверхностными выражениями разрывных нарушений [3, 4].



Рис. 3. Схема линеаментов дна Ладожского озера.

Серые отрезки — линеаменты; тонкие черные отрезки — известные разломы. Роза-диаграмма направленности построена для линеаментов.

На рис. 3 приводится схема выделенных линеаментов, на которой видны следующие особенности структурного плана дна Ладожского озера: подчиненность направлений подавляющего большинства линеаментов нескольким главным взаимно ортогональным направлениям, тенденция к чередованию диагональных систем с определенной протяженностью (около 20—30 км), что указывает на наличие регулярной взаимно ортогональной сети.

В направленности линеаментов, показанной на розе-диаграмме на рис. 3, так же как и в направленности первичных линий, заметно преобладание следующих систем: 140°, 0°, 90°, 40°, т. е. при укрупнении линеаментов эти системы сохранили свое направление. При этом общие закономерности на-

правлений сохраняются, хоть и менее выражено, и в юго-восточной, платформенной части дна, что иллюстрирует существенную общность тектонического плана всей площади дна озера.

На рис. 3 нанесены также уже известные разломы, выделяемые на суше В. А. Рудником, Б. Г. Дверницким, на акватории — А. В. Амантовым [1], Б. А. Ассиновской [6]. Очевидно, что известные разломы хорошо вписываются в систему выделенных авторами линеаментов, что подтверждает ее достоверность. Выделенная сеть линеаментов может служить основой для уточнения и дополнения сети разрывных нарушений.

По-видимому, рисунок линеаментов дна Ладожского озера показывает блоковую расчлененность фундамента, подчиняющуюся четырем главным направлениям — меридиональному, широтному, диагональному СВ (40—50°) и диагональному ЮВ (140°), т. е. направлениям планетарной трещиноватости, или регматической сети [3, 4] с преобладанием СЗ-ЮВ систем направлений.

Заключение. В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

— несмотря на существенную разницу в типах рельефа в пределах северо-западной и юго-восточной геоморфологических зон дна Ладожского озера, общие направления линейных форм рельефа одинаковы для всего дна озера и в основном соответствуют направлениям сети планетарной трещиноватости Земли;

— выделенная на дне озера сеть линеаментов совпадает с известными дизъюнктивами, и, следовательно, с некоторой долей условности сеть разломов может быть прослежена вдоль линий линеаментной сети;

— для повышения степени достоверности результатов геоморфологических исследований целесообразно учитывать определенные статистические показатели, позволяющие проводить оценку соответствия качества и полноты батиметрических данных цели и задачам проводимых исследований.

Уточнение расположения дизъюнктивов в районе Ладоги выявляет новые особенности тектонического строения района, что позволяет более обоснованно оценивать сейсмическую опасность, перспективы поисков эндогенных полезных ископаемых, геоэкологическую обстановку района.

Список литературы

- [1] Амантов А. В. Геология дочетвертичных образований и тектоника Ладожского озера // Региональная геология и металлогения. 2014. № 58. С. 22—32.
- [2] Амантов А. В., Амантова М. Г. Развитие котловины Ладожского озера с позиций ледниковой теории // Региональная геология и металлогения. 2014. № 59. С. 5—14.
- [3] Анохин В. М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб.: Недра, 2006. 161 с.
- [4] Анохин В. М. Строение планетарной линеаментной сети. LAP LAMBERT Academic Publishing, GmbH & Co. KG. Saarbrücken, Germany, 2011. 247 с.
- [5] Анохин В. М., Маслов Л. А. Закономерности направленности линеаментов и разломов дна Российской части Японского моря // Тихоокеанская геология. 2009. № 2. С. 3—16.
- [6] Ассиновская Б. А. Сейсмические события на Ладоге в XX веке // Изв. РГО. 2005. Т. 137, вып. 4. С. 70—76.

- [7] Геоэкология Ладожского озера / Под ред. В. И. Иванова, В. И. Гуревича. СПб., 1995. 209 с.
- [8] Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. Атлас / Под ред. В. А. Румянцева. СПб.: Нестор-История, 2015. 200 с.
- [9] *Науменко М. А.* Анализ морфометрических характеристик подводного рельефа Ладожского озера на основе цифровой модели // Изв. РАН. Сер. географическая. 2013. № 1. С. 62—72.
- [10] *Науменко М. А.* Новое определение морфометрических характеристик Ладожского озера // Докл. Академии наук. 1995. Т. 345, № 4. С. 514—517.
- [11] *Сорокин А. И.* Гидрографические исследования Мирового океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 288 с.
- [12] *Sorokin A., Naumenko M., Veselova M.* New morphometrical data of Lake Ladoga. Hydrobiologia. 1996. V. 322. P. 65—67.

Поступило в редакцию
15 октября 2015 г.

Relief of the bottom of Lake Ladoga and its relationship with disjunctives

© V. M. Anokhin,¹ M. A. Naumenko, N. A. Nesterov²

Institute of Limnology RAS, St. Petersburg

E-mail: ¹ vladanokhin@yandex.ru

² mna@mnsspb.ru

The new digital bathymetric model of Lake Ladoga made it possible to study the regularities of direction of extensive landforms (lineament analysis) on the bottom of the lake with use of high-quality basis.

The study found that despite the significant differences in the types of relief within the north-western and south-eastern areas of bottom of Lake Ladoga the general direction of the linear forms of relief are the same for the entire bottom of the lake. The predominance of following direction systems is noted: 140°, 0°, 90°, 40°, which generally correspond to directions of the planetary network of Earth fracturing.

Lineaments of the bottom of the lake coincide with known disjunctives and therefore presumably faults network can be extended along the lines of the lineament network.

Key words: Lake Ladoga, bottom, topography, direction, lineament, fault.

References

- [1] *Amantov A. V.* Geologiya dochetvertichnykh obrazovaniy i tektonika Ladozhskogo ozera // Regional'naya geologiya i metallogeniya. 2014. N 58. S. 22—32.
- [2] *Amantov A. V., Amantova M. G.* Razvitie kotloviny Ladozhskogo ozera s pozicij lednikovoj teorii // Regional'naya geologiya i metallogeniya. 2014. N 59. S. 5—14.
- [3] *Anoxin V. M.* Global'naya diz'yunktivnaya set' Zemli: stroenie, proisxozhdenie i geologicheskoe znachenie. SPb.: Nedra, 2006. 161 s.
- [4] *Anoxin V. M.* Stroenie planetarnoj lineamentnoj seti. LAP LAMBERT Academic Publishing, GmbH & Co. KG. Saarbrücken, Germany, 2011. 247 s.
- [5] *Anoxin V. M., Maslov L. A.* Zakonomernosti napravlenosti lineamentov i razlomov dna Rossijskoj chasti Yaponskogo morya // Tixookeanskaya geologiya. 2009. N 2. S. 3—16.
- [6] *Assinovskaya B. A.* Sejsmicheskie sobytiya na Ladoge v XX veke // Izvestiya RGO. 2005. T. 137, vyp. 4. S. 70—76.

- [7] Geoe'kologiya Ladozhskogo ozera / Pod red. V. I. Ivanova, V. I. Gurevicha. SPb., 1995. 209 s.
- [8] Ladozhskoe ozero i dostoprimechatel'nosti ego poberezh'ya. Atlas / Pod red. V. A. Rumyantseva. SPb.: Nestor-Istoriya, 2015. 200 s.
- [9] Naumenko M. A. Analiz morfometricheskixarakteristik podvodnogo rel'efa Ladozhskogo ozera na osnove cifrovoj modeli // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2013. N 1. S. 62—72.
- [10] Naumenko M. A. Novoe opredelenie morfometricheskix karakteristik Ladozhskogo ozera // Doklady Akademii nauk. 1995. T. 345, N 4. S. 514—517.
- [11] Sorokin A. I. Gidrograficheskie issledovaniya Mirovogo okeana. L.: Gidrometeoizdat, 1980. 288 s.

Изв. РГО. 2016. Т. 148, вып. 2

ГЕОЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ФОРМИРОВАНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ПРИМОРСКОГО РЕГИОНА

© С. С. ЛАЧИННИНСКИЙ*,¹ А. С. ЛАЧИННИНСКИЙ**,² И. В. СЕМЕНОВА*,³

* Санкт-Петербургский государственный университет

** Издательство ЗАО «Карта» Лтд, Санкт-Петербург

E-mail: ¹ lachininsky@gmail.com

² al_latch@mail.ru

³ inessa.semenova@gmail.com

В статье исследована роль геоэкономического фактора в пространственной структуре Санкт-Петербургского приморского региона. Влияние фактора прослеживается на глобальном уровне — встраивание Санкт-Петербурга и его окружения в глобальные цепочки добавленной стоимости и транспортно-логистические схемы; на макрорегиональном уровне — развитие ведущих портово-промышленных комплексов на Балтике и расширение трубопроводных проектов; на локальном уровне — появление трансграничных кластеров и пр. Особое значение здесь имеет то, что в Санкт-Петербургский приморский регион попадает новая пространственная единица — «глобальная городская область Санкт-Петербурга», покрываемая границами агломерации. Это тем более важно, что выводит город из национального в глобальный контекст.

С учетом пространственных параметров выделены границы Санкт-Петербургского приморского региона, в который включены Санкт-Петербург, а также отдельные муниципальные районы Ленинградской, Новгородской, Псковской областей, Карелии. Всего, помимо города Санкт-Петербурга, рассматриваемый регион включает тридцать семь административных единиц, его население составляет около 7.5 млн чел., а площадь — 110.5 тыс. км².

Предложена типология геоэкономических элементов с учетом пространственной конфигурации, локализации и масштаба их деятельности. Выделены геоэкономические узлы, комплексы, регионы. На примере Санкт-Петербургского приморского региона проведен анализ элементов геоэкономики, расположенных в прибрежной зоне (до 50 км) и в приморской полосе от 50 до 200 км, дана их характеристика. Особое внимание уделено элементам, несущим основную геоэкономическую «нагрузку» в регионе — морским портам. Определены формирующиеся элементы геоэкономики, которые располагаются в пределах Санкт-Петербургского приморского региона — контактные пограничные зоны с Финляндией, Латвией и Эстонией. Вместе с тем отмечено отсутствие совместных промышленных кластеров. В статье отражены перспективы развития Санкт-Петербурга как мирового города и его влияние на экономику рассматриваемого приморского региона. Посредством одного из геоинформационных продуктов визуализированы полученные в ходе исследования результаты.

Ключевые слова: Санкт-Петербургский приморский регион, границы приморского региона, элементы геоэкономики, геоэкономический фактор, морской порт, мировой город.