

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЗОНИРОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ ПО СТЕПЕНИ УЯЗВИМОСТИ

канд. геогр. наук И.В. ФЕДОРОВА^{1,2,3}, канд. геогр. наук И.Е. СИДОРИНА²,
студентка М.А. РОДИЧЕНКО², инженер Т.В. СКОРОСПЕХОВА¹,
науч. сотр. А.А. ЧЕТВЕРОВА^{2,1}, д-р геогр. наук В.В. ДМИТРИЕВ²,
канд. мед. наук В.Н. ШЕПОВАЛЬНИКОВ¹, вед. инженер Н.К. ШУМСКАЯ¹,
аспирант О.Н. БОБРОВА², ассистент Т.В. ПАРШИНА², науч. сотр. Р.Е. ВЛАСЕНКОВ¹

¹ — ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: Achetverova@otto.nw.ru, cpm@aari.ru, vre@aari.ru

² — Санкт-Петербургский государственный университет, e-mail: vasiliiy-dmitriev@rambler.ru, tat_shurik@mail.ru, helga.castor@gmail.com

³ — Казанский (Приволжский) федеральный университет, e-mail: ifedorova@otto.nw.ru

ВВЕДЕНИЕ

Современные направления региональной политики и устойчивого развития регионов России предполагают переход от концепции «реагировать на угрозы и исправлять» к концепции «предвидеть и предупреждать». Реализация такого подхода к управлению требует выявления опасностей (угроз) для развития арктических природных систем, оценки риска управленческих решений и формирования системы геоинформационного управления рисками для систем различного масштаба и сложности. Кроме этого, немаловажным является умение выявлять способность геосистем сохранять свои свойства и параметры режимов в условиях внешних и внутренних воздействий на них (Отчет о научно-исследовательской работе, фонды СПбГУ, 2011).

Если анализировать количество видов и биоразнообразие в различных зонах мира (Arctic Biodiversity Assessment, 2013), можно заметить, что в Российской Арктике произрастает всего до 200 видов высших сосудистых растений на 10 тыс. км², а в Субарктике — уже до 500. То есть арктический регион, в силу своих природных условий, имеет узкие рамки биоразнообразия и является довольно чувствительным к техногенным воздействиям, особенно в связи с возрастающей хозяйственной нагрузкой на него.

Наиболее уязвимыми и чувствительными к климатическим флуктуациям и антропогенному воздействию являются прибрежные геосистемы. В связи с этим важной задачей является выделение зон повышенной устойчивости или уязвимости на основе определения главных критериев изменения устойчивости геосистем. В работе представлен один из подходов к выделению зон уязвимости прибрежных арктических геосистем. Развитие подхода применительно к водным объектам, по-

чвам и ландшафтам в целом приводится в серии наших работ (Дмитриев и др., 2012; Дмитриев и др., 2013; Дмитриев и др., 2014). Был создан первоначальный вариант геоинформационной системы (ГИС), что позволило разнородные и разрозненные исходные данные объединить в одной базе данных. В разработанной ГИС учтены разномасштабность и пространственная неоднородность значимых процессов в прибрежной зоне. В итоге появилась не только возможность разноаспектного представления разрозненных и разнородных данных на покомпонентной основе, но и возможность их учета при оценке эмерджентных (устойчивых, благополучных) свойств геосистем и визуализации результатов зонирования геосистем прибрежных районов Российской Арктики по степени их уязвимости к техногенным и климатическим воздействиям.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН УЯЗВИМОСТИ ГЕОСИСТЕМ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Под «геосистемой» нами понимается фундаментальная структурная единица географического ландшафта, объединяющая в себе геоморфологические, климатические, гидрологические природные компоненты и живые организмы на определенном участке поверхности Земли. Геосистемы прибрежных районов Российской Арктики представлены приморскими территориями и прибрежными акваториями. Именно эти районы наиболее плотно используются человеком, как для обеспечения жизнедеятельности местными жителями, так и для добычи полезных ископаемых в промышленных масштабах. Поэтому данные геосистемы наиболее чувствительны к антропогенному воздействию. Оценка этого воздействия и выделение наиболее уязвимых зон могут быть основаны на нескольких принципах — био-, эко-, гео- и антропоцентрическом. Критериями оценивания в первом и втором случаях могут выступать биоразнообразие экосистем, совокупность абиотических факторов, их изменение под влиянием антропогенных факторов. В последнем случае наиболее показательными, на наш взгляд, являются качество жизни и здоровье населения — критерии, имеющие важные социальную, экономическую и экологическую составляющие (Боблакова и др., 2014; Осипова и др., 2014).

Немаловажным фактором при оценивании прибрежных геосистем выступает и гидрометеорологическая обстановка. На пограничных территориях, каковой и является прибрежная зона Арктики, активизируется циклоническая деятельность, возрастают волновая, а значит, и эрозионная активность, происходят сложные процессы в зоне смешения пресных и морских вод (устьевые зоны рек). Наличие трансграничного переноса способствует распространению различных летучих веществ, в том числе аэрозолей, на довольно большие расстояния в глубь континента.

Зонирование — территориальное обобщение каких-то групп сходных явлений или объектов и пространственное их отчленение от других подобных групп. Зонирование может выражаться в дифференциации процесса, в построении карт и схем районов с отличительными признаками. Выделение зон — весьма сложная и неоднозначная задача, т.к. границы природных процессов или природных объектов нечеткие и часто принимаются с какими-либо условностями. Например, трудно выделить границу между морскими и речными водами, т.к. перемешивание происходит постепенно и постоянно, иногда без наличия четко выраженного галоклина, граница плавающая, т.к. приливо-отливные и сгоно-нагонные явления все время меняют ее местоположение.

Для проведения зонирования территорий необходимо выделить критерии, по которым будет проводиться выборка. Это могут быть границы объектов (например, граница моря или граница природной зоны), сфера влияния того или иного воздействия (например, трансграничный перенос может резко увеличить пространственную неоднородность территории), ареал распространения (того или иного вида растений или животных), промышленная дифференциация территорий, политическая граница государства и пр. Наиболее сложными для зонирования являются морские объекты с «виртуальной» морской границей.

Гидрометеорологические условия для зонирования акватории морей Северного Ледовитого океана (СЛО) и прибрежных территорий по степени уязвимости к различным техногенным воздействиям играют двоякую роль. С одной стороны, сильные ветры и волнение могут стать причиной техногенных аварий на море, что в конечном счете может привести к распространению загрязняющих веществ (ЗВ) на большие расстояния. Например, разливы нефти в морской части часто оказываются причинами гибели множества рыб и млекопитающих даже в прибрежной части, т.к. волновой перенос транспортирует нефтеуглеводороды (НУ). Аварии на атомных подводных лодках могут привести к радиационному заражению большей части моря ввиду наличия течений. С другой стороны, гидрометеорологические факторы могут ослаблять воздействие или рассеивать его, что часто для крупных точечных выбросов бывает необходимо; действие ветра определенного направления в данный момент может не привести к аварии, т.к. выброс газа, к примеру, пойдет в другую сторону от возможного места возгорания.

Отдельно стоит выделять внутренние части морей и прибрежные территории из-за различных параметров среды, ледовой обстановки и иногда даже разнонаправленности геопроцессов. Стоит упомянуть также о береговых зонах и различных типах берегов, подверженных и не подверженных волновым процессам; берегах с узкими заливами, термоабразионных и др. Особенно важен тип берегового процесса для строительства и эксплуатации портовых сооружений, наливных емкостей и пр. Часто отмечаются термоабразионные процессы, приводящие к разрушению берега, его отступанию. Также существуют и противоположные процессы, например аккумуляция наносов в устьевых областях рек и заиление русловых каналов.

Для арктического региона важным компонентом для зонирования территорий по уязвимости к техногенным воздействиям является учет месторасположения особо охраняемых территорий. Выделяются природные заповедники, национальные парки и заказники. Самой большой заповедник в Российской Арктике находится на северо-западном побережье Таймыра и в Карском море. Стоит отметить также заповедники дельты р. Лены и о. Врангеля. Из приморских охраняемых территорий выделяют заказники, памятники природы, природные парки и ресурсные резерваты (Атлас, 2014).

Источниками загрязнений морской среды могут служить непосредственно нефтяные вышки и платформы при добыче полезных ископаемых на шельфе, трубопроводы, морской транспорт, перевозящий различные грузы, места захоронения радиоактивных отходов, поселки, расположенные по берегам морей, а также все поселки и месторождения, сток с которых может по рекам или плоскостным смывом попадать в море. Также стоит отметить наличие воздушного переноса для транспорта загрязняющих веществ, в том числе аэрозолей, гари, копоти и пыли. Эти загрязнения могут улавливаться растениями на довольно больших расстояниях. Например, на-

личие горнодобывающей промышленности на Кольском полуострове сказывается в содержании тяжелых металлов не только во мхах и лишайниках (Шевченко, 2006), но и в биосубстратах (волосах, крови, плаценте) людей (Колесников и др., 1986).

Немаловажным фактором для зонирования с биоцентрической точки зрения является видовое разнообразие животных и растений, т.к. существует масса стенобионтных видов, которые имеют крайне малый ареал распространения, в отличие, к примеру, от белых медведей, которые могут мигрировать по всей Арктике. Поэтому в данном случае стоит задача выбора наиболее верного индикационного вида для зонирования уязвимости геосистем.

Зонирование территорий с учетом условий проживания и деятельности людей представляет еще большую сложность. Следует выделять коренное и пришлое население, т.к. их образ жизни и ведения хозяйства абсолютно различен и, соответственно, должны быть использованы разные подходы к зонированию территории. Так, коренное население, занимающееся пастбищным оленеводством, имеет больший ареал распространения и больший вес при учете характерных параметров среды для ведения хозяйства на определенной территории, чем пришлое, которое проживает по большей части в поселках и городах. В ряде случаев именно точечные объекты являются основными факторами, смещающими границы зон уязвимости.

Разработка системы показателей качества жизни населения является одним из важнейших направлений исследований, нацеленных на совершенствование инструментов управления развитием общества. Повышение уровня жизни населения является главной целью любого прогрессивного общества. Государство обязано создавать благоприятные условия для долгой, безопасной, здоровой и благополучной жизни людей, обеспечивая экономический рост и социальную стабильность в обществе.

Термин «качество жизни» был введен Дж. Гэлбрейтом в 1960-е гг. при решении проблемы охраны окружающей среды и обновления городов, оценки здоровья городского населения. Ряд авторов трактуют качество жизни как сложное, комплексное многокомпонентное понятие, но эта сложность рассматривается ими в различных аспектах. Одни авторы определяют качество жизни через систему качеств (духовных, материальных, социокультурных, экологических и демографических компонентов жизни). Другие представляют качество жизни как комплексную, интегральную характеристику экономических и неэкономических факторов, определяющих положение человека в современном обществе. Третьи говорят о качестве жизни как об интегральном понятии, всесторонне характеризующем степень (уровень) комфортности общественной и природной среды для жизни и деятельности (труда) человека, уровень благосостояния, социального, духовного и физического здоровья человека. Категория «образ жизни» подразумевает в общем виде формы жизнедеятельности людей, типичные для исторически определенных социальных отношений. Категория «стиль жизни» конкретизирует образ жизни, раскрывает его особенности, выражающиеся в общении, поведении людей. Категория «уровень жизни» предусматривает еще один важнейший параметр любой социальной системы — жизнеобеспеченность. Уровень жизни характеризует количественную сторону жизни, сопоставимую с качественной, степень удовлетворения материальных и культурных потребностей людей. Существующие трактовки понятия «качество жизни» весьма многочисленны и неоднозначны, следовательно, и подходы к его измерению у разных исследователей различны.

Наиболее известно определение «качества жизни», данное ВОЗ. По этому определению качество жизни — это восприятие людьми своего положения в жизни в зависимости от культурных особенностей и системы ценностей и в связи с их целями, ожиданиями, стандартами и заботами.

Это определение, на наш взгляд, не полностью отражает суть данного термина, поскольку восприятие людьми своего положения зависит от социальных, экономических и экологических особенностей и системы ценностей, принятых в обществе, в связи с их целями, ожиданиями, стандартами и нормами.

В наши дни *качество жизни* — термин, широко применяемый в экологии человека, в социальной экологии и выражающий качество удовлетворения материальных и культурных потребностей людей — качество питания, комфорт жилища, качество образования, здравоохранения, сферы обслуживания, окружающей природной среды, структуры рекреации; модность одежды, степень удовлетворения потребностей в объективной информации, уровень стрессовых состояний и т.д. Кроме того, под качеством жизни может пониматься соответствие среды жизни социально-психологическим установкам личности. Исходя из определений качества жизни, основной задачей оценки может считаться определение совокупности природных, социальных и экономических условий, обеспечивающих в той или иной степени *здоровье человека* — личного и общественного и его потребности, т.е. соответствия среды жизни здорового человека его потребностям (Боблакова и др., 2014).

По-видимому, качество жизни на современном этапе — главный критерий развития научно-технического и человеческого потенциала региона, достижения его социально-экономической безопасности и определения уровня социально-экономического развития.

Экономические и социальные компоненты качества жизни — здоровье населения, размещение промышленности, перспективы экономического развития — весьма важны при проведении границ зон при антропоцентрическом подходе. При анализе данных по здоровью населения четко прослеживаются границы более уязвимых участков Арктики. Как правило, основным фактором при этом является размещение источников загрязнений и тип этих загрязнений. По всем данным, одним из неблагоприятных районов Российской Арктики по заболеваемости является ЯНАО и по некоторым видам заболеваний Чукотка.

Если говорить о зонировании по степени уязвимости к техногенным воздействиям, то необходимо выделять отдельные компоненты геосистем, т.к. одни из них могут быть более уязвимы к определенным параметрам, а другие — совершенно к иным. Так, бентос не так сильно будет зависеть от поверхностных разливов нефти, как сообщества водоплавающих птиц и морских млекопитающих. С другой стороны, бентос окажется значимым индикатором при образовании подводных карьеров или дноуглубительных работах. Однако жизнеспособность бентоса заливов, губ и эстуариев во многом определяется именно речным стоком, стоком наносов, которые осаждаются на границе с морем, тем самым создавая вероятность поступления загрязняющих веществ на дно. Трубопроводы, проложенные по дну морей, составляют большую потенциальную угрозу всей водной толще, всем живым организмам и трофической цепи в целом. Например, результаты гидрохимических анализов, выполненные во время экспедиции «Ямал – Арктика» летом 2012 г. в Байдарацкой губе, показали загрязнение нефтеуглеводородами (НУ) как в придонном, так и в поверхностном слоях

(Научный отчет экспедиции «Ямал – Арктика», фонды ААНИИ, 2013). Превышение ПДК по НУ были обнаружены также и в озерах на самом побережье Обской губы (п. Тамбей), причиной этого может являться либо поступление с наземной техникой, либо с морской водой во время весеннего половодья, когда затапливаются обширные участки побережий (лайды).

Таким образом, уязвимость геосистем прибрежных районов Российской Арктики характеризуется совокупностью многих разновесомых параметров, наиболее значимыми из которых, на наш взгляд, являются индикаторы, объединенные в группы: гидрометеорологические, заболеваемость населения и биоразнообразие экосистем. Именно изменение этих индикаторов свидетельствует об уязвимости геосистем. Однако задача состоит не только в том, чтобы оценить уязвимость геосистем прибрежных районов Российской Арктики, но и выделить зоны уязвимости и получить их пространственное отображение на карте, для более наглядной характеристики тех или иных территорий, а также для возможности прогноза ситуаций изменения геосистем при усилении антропогенного воздействия или смене гидрометеорологических условий. Для этого был разработан первоначальный вариант ГИС зон уязвимости геосистем прибрежных районов Российской Арктики.

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЗОН УЯЗВИМОСТИ ГЕОСИСТЕМ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Геоинформационная система зон уязвимости геосистем прибрежных районов Российской Арктики создавалась на базе программных продуктов ArcGis 9.3 и Microsoft Access. Система состоит из трех основных блоков: база данных, блок визуализации и аналитический блок. В исходных данных, которые были использованы для работы, можно выделить две главные составляющие: данные наблюдений и исследований геосистем и картографические материалы. Все исходные данные, а также обработанные файлы в табличном виде вошли в базу данных ГИС. Визуализация данных проводилась как для предварительной информации, которая использована в дальнейшем для выделения зон уязвимости, так и для непосредственного составления итоговых карт. Аналитические функции системы применялись для анализа пересечений полигонов и для выделения буферных зон.

Описание исходных данных, их визуализация. Основной блок в ГИС — база данных (БД). Главные задачи, которые он выполняет, — хранение и структурирование данных, возможность получения оперативной информации и связь базы данных с блоком визуализации. Имеющиеся данные по различным параметрам представлены в виде таблиц Microsoft Excel, такое хранение данных облегчает их использование при визуализации информации с помощью программы ArcGis. В качестве картографической основы в ГИС была использована Электронная карта России М 1:1000000. В исходные данные наблюдений и исследований БД вошли: гидрометеорологические данные, экологические данные, сведения о загрязнении окружающей среды и данные по заболеваемости населения арктических районов.

Гидрометеорологические данные представляют собой именно критические значения, которые в большей степени могут влиять на последствия в геосистемах прибрежных территорий. Были использованы справочные данные за многолетний период по режиму ветра и волнения морей Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского, Японского и Охотского (Справочные данные, 2009; Справочные данные, 2013) — карты ветров максимальной силы более 26 м/с и

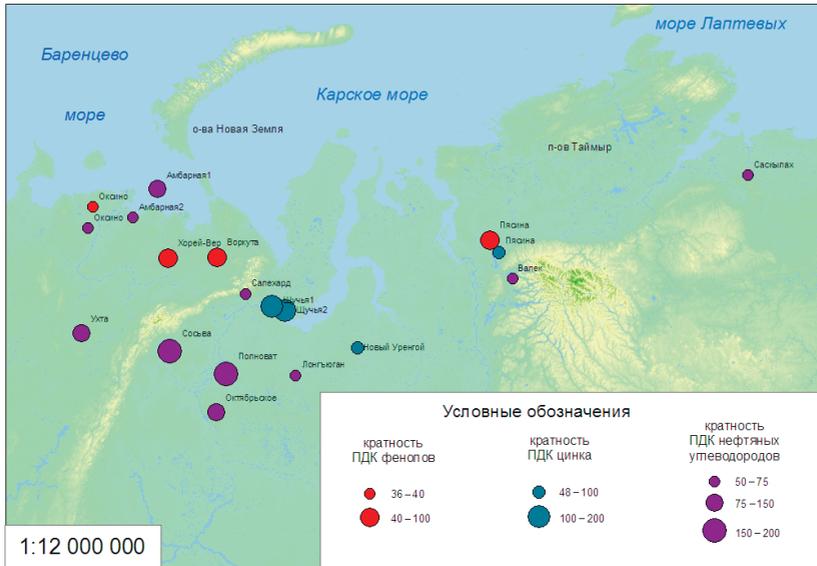


Рис. 1. Пространственное распределение максимальных уровней загрязненности водной среды фенолами, цинком и нефтеуглеводородами рек бассейнов Баренцева и Карского морей.

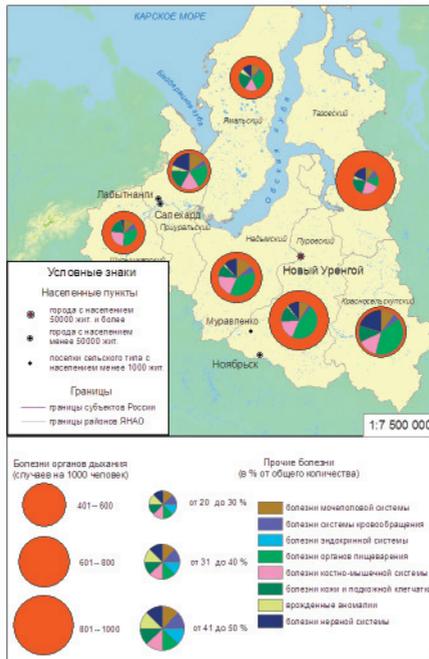


Рис. 2. Карта заболеваний подростков (15–17 лет) в поселках и районах Ямало-Ненецкого автономного округа.

К статье И.В. Федоровой, И.Е. Сидориной, М.А. Родиченко и др.

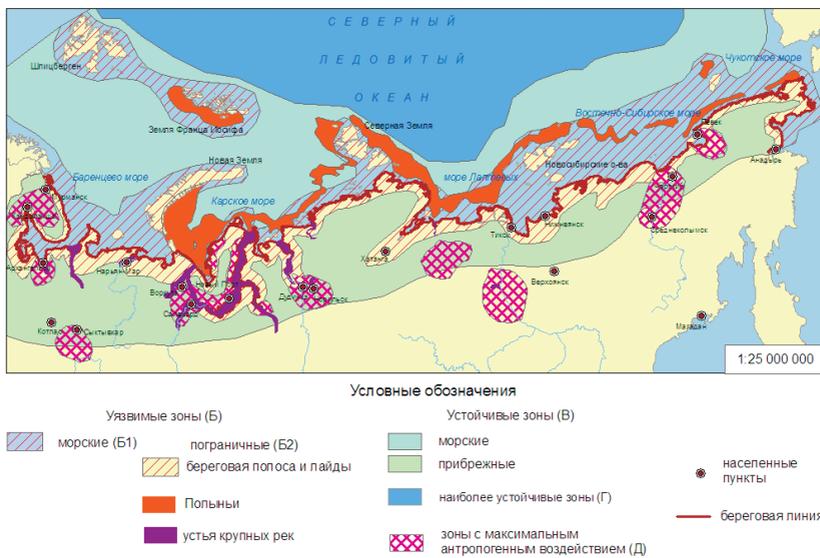


Рис. 3. Зоны уязвимости российской акватории морей Северного Ледовитого океана и прибрежных территорий к техногенному и гидрометеорологическому воздействию.

максимального волнения более 5 баллов. Учитывались следующие характеристики волнения и ветрового режима: а) экстремальные скорости ветра (в м/с) с осреднением 10 мин, 2 мин и 5 с (порывы), возможные 1 раз в год, 5, 10, 25, 50 и 100 лет, по направлениям (8 румбов) и без учета направлений (макс.); б) длительность штормов (в сут.) для скоростей ветра; в) экстремальные высоты волн (в м), средние, 13, 3, 1 и 0,1 %-ной обеспеченности, возможные 1 раз в год, 5, 10, 25, 50 и 100 лет, по направлениям (8 румбов) и без учета направлений (макс.); в) характеристики опасных природных явлений и аномалий за 40-летний период 1973–2012 гг. по данным на 12 метеорологических станциях, расположенных в прибрежной зоне арктических морей (<http://www.ncdc.noaa.gov>; <http://www.rp5.ru>). Все характеристики были внесены в БД, в созданной ГИС построены карты повторяемости ветров со скоростью более 26 м/с и карты вероятности появления волнения более 5 баллов в морях Российской Арктики.

Анализ данных показал, что для Баренцева и Карского морей опасные гидрометеорологические явления имеют большую вероятность и силу, а также довольно ровный внутригодовой ход. Только летние месяцы являются более стабильными и не такими опасными для судоходства. Лаптевых и Чукотское моря характеризуются меньшими силами ветра и меньшим количеством штормов. Только май может оказаться довольно опасным для мореходства в море Лаптевых, когда отмечается наибольшая вероятность штормов.

Для анализа *экологических* характеристик прибрежных районов и оценки их уязвимости были использованы различные источники картографического материала и данные, в первую очередь — Атлас биологического разнообразия морей и побережий Российской Арктики (Атлас, 2011). Для анализа были выбраны: карта физико-географического районирования морей, районирование основных групп макрозообентоса, провинции Арктической флористической области и число обитающих в них видов приморских маршевых сосудистых растений, распространение морских льдов в СЛО, районы расположения основных заприпайных полыней, морфогенетические типы берегов, ключевые орнитологические территории в береговой зоне и морях, а также расположение и границы федеральных морских и приморских особо охраняемых природных территорий, региональных приморских особо охраняемых природных территорий.

Сведения о загрязнении окружающей среды представлены в БД информацией по загрязнению рек, впадающих в СЛО (Отчет о научно-исследовательской работе, фонды СПбГУ, 2011), перечнем экологических последствий антропогенного воздействия на арктическую морскую среду Арктики (Отчет о научно-исследовательской работе, фонды СПбГУ, 2011) и загрязнению лишайников (Шевченко, 2006). Арктические реки, впадающие в СЛО, часто приносят уже сильно загрязненные воды. Наиболее опасными ЗВ, которые поступают в СЛО с речным стоком, являются нефтеуглеводороды, фенолы, соединения меди и цинка, употребление которых в течение длительного времени может сказываться на здоровье местного населения. Наиболее загрязненными из арктических рек являются реки Щучья, Обь и Норилка. По этим данным было создано более двадцати карт загрязнения лишайников (отдельно по химическим элементам: Al, Zn, Cd, K, Ca, Co, La, Mg и т.д.). На рис. 1 на цв. вклейке можно увидеть сводную карту пространственного распределения максимальных уровней загрязненности водной среды фенолами, цинком и нефтеуглеводородами, на которой отражена кратность превышения рыбохозяйственных ПДК этих веществ в наиболее загрязненных реках бассейнов Баренцева и Карского морей.

Данные по заболеваемости населения были взяты из материалов проекта «Дети Севера», реализованного в 2000–2005 гг., из Отчета о научно-исследовательской работе (Фонды ААНИИ, 2014), а также материалов государственной статистической отчетности МПГ 2007/08. По результатам исследований была создана серия карт, куда вошли карты: «Динамика заболеваемости детей от 0 до 14 лет болезнями системы кровообращения за период 2002–2005 гг.», «Карта заболеваемости подростков 15–17 лет в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) по районам» (см. рис. 2 на цв. вклейке), «"Горячая точка" природной территории Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) Обская губа и загрязняющие ее вещества».

Сравнение заболеваемости взрослого населения двух поселков Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) — п. Харп и п. Аксарка (Отчет о научно-исследовательской работе, фонды ААНИИ, 2014) — показало, что наиболее значимыми заболеваниями являются: жировая дистрофия печени, хронический гастродуоденит, хронический холецистит, желчекаменная болезнь, миомы матки, киста яичников, гипертоническая болезнь, остеохондроз, энцефалопатии различного генеза, заболевания артрозами различной этиологии, хронический пиелонефрит, доброкачественная гиперплазия предстательной железы, мочекаменная болезнь, аутоиммунный тиреоидит, заболевание ожирением. В целом для п. Харп уровень заболеваемости в 2 раза выше, чем в п. Аксарка. Возможно, это связано с поступлением в организм жителей п. Харп тяжелых металлов (никеля и хрома), содержание которых в употребляемой в пищу рыбе из реки Сось, а также в дикорастущих грибах и ягодах существенно выше ПДК. Известно, что тяжелые металлы, особенно кадмий и хром, могут способствовать развитию патологических процессов предстательной железы, вплоть до развития онкологических заболеваний. Однако явных проявлений болезней, вызванных интоксикацией тяжелыми металлами, за исключением энцефалопатий, выделить не удалось. Необходимо отметить другой важный факт, влияющий на здоровье взрослого населения данного района, — хроническая интоксикация алкоголем.

На рис. 2 на цв. вклейке приведена карта заболеваний подростков (15–17 лет) для Ямало-Ненецкого автономного округа. Анализ полученных картматериалов показал, что наиболее значимыми из заболеваний детей и подростков являются болезни органов дыхания, органов пищеварения и кровеносной системы.

ОПИСАНИЕ ЗОН УЯЗВИМОСТИ ГЕОСИСТЕМ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

С учетом всех описанных выше параметров было выделено 5 зон (А–Д) и 2 подзоны уязвимости геосистем прибрежных районов Российской Арктики (Отчет о научно-исследовательской работе, фонды ААНИИ, 2013). Уязвимость геосистем рассматривалась по отношению к техногенному и гидрометеорологическому воздействию:

- А — наиболее уязвимые зоны особо охраняемых природных территорий;
- Б — уязвимые зоны;
- Б1 — уязвимые морские подзоны;
- Б2 — уязвимые пограничные подзоны: береговая полоса и лайды, устья крупных рек, полыньи;
- В — устойчивые морские и наземные зоны;
- В1 — устойчивые морские;
- В2 — устойчивые наземные;

Г — наиболее устойчивые зоны;

Д — зона с максимальным антропогенным воздействием.

Ниже приведена более детальная характеристика зон уязвимости.

А. Наиболее уязвимые зоны особо охраняемых природных территорий соответствуют месторасположению природных заповедников, заказников и национальных парков. К ним также можно отнести места гнездования птиц редких видов.

Б. Уязвимые зоны — наиболее распространенный вариант для Российской Арктики. Они делятся на уязвимые морские и уязвимые пограничные подзоны. К морским уязвимым подзонам относятся морские губы, заливы, бухты, а также шельфовая часть побережья. Уязвимые пограничные подзоны включают устья крупных арктических рек, полыньи, лайды и береговую линию побережья. Все эти объекты весьма чувствительны к техногенным воздействиям, т.к. подвержены наибольшему антропогенному влиянию: все порты основной транспортной артерии Арктики находятся в прибрежной полосе, основная часть поселений людей тоже тяготеет к устьям рек, для промышленности часто бывает необходим большой расход водных ресурсов и др. Лайды — осушаемые во время отливов участки литорали с маршевой растительностью, которая хорошо переносит избыток солей. Ввиду низкого положения прибрежных арктических территорий к уровню моря, лайды могут занимать довольно обширные пространства во время затопления в приливы, а особенно во время совпадения приливов и нагонов. Лайды обладают особыми экосистемами циклического типа, поддерживают поступление углерода в атмосферу, обладают особыми биотопами и др. Лайды включают в себя лагуны, марши, дюны и краевые участки тундры (Атлас, 2011), которые при нагонах оказываются под влиянием моря. Полыньи — обширные пространства без льда, возникающие в зимний период между неподвижным припаем и сплоченными дрейфующими льдами. Процессы, происходящие в полыньях, сильно отличаются от других частей моря в зимний период. Полыньи выделяются немного особняком в плане загрязнений, они более чистые по сравнению с устьями рек и прибрежной полосой, однако в них концентрируется жизнь морских обитателей в зимний период, что является лимитирующим фактором для выделения этих районов в самостоятельную подзону. Необходимо отметить также, что именно в прибрежной полосе больше всего сказывается влияние гидрометеорологических факторов: волнение, сгоно-нагонные и приливо-отливные колебания, привнос веществ с морской части и осаждение речных наносов, концентрация морских и пресных видов растений и животных, особого их типа для маршей и лайд.

В. Устойчивые морские и наземные зоны граничат с предыдущей зоной и охватывают центральные части морей и зоны наибольшего размещения городов и поселков. Эти зоны обладают лучшим восстановительным потенциалом экосистем, лучше обеспечены транспортом и инфраструктурой, что вызывает более благоприятные условия для жизни людей и существования биотопов. В этой зоне лучше выделять две подзоны — устойчивые морские и устойчивые наземные, обладающие более специфичными характеристиками.

Г. Наиболее устойчивая зона охватывает центральную часть СЛО, т.к. на нее меньше всего оказывается техногенное воздействие, постоянная покрытость льдом не вносит значительных изменений в гомеостаз экосистем.

Д. Отдельно можно выделить зону с максимальным антропогенным воздействием. Она имеет мозаичную пространственную структуру, т.к. в Арктике выделяются

отдельные районы с максимальной концентрацией промышленности и городской агломерацией. Сюда можно отнести центральную часть Кольского п-ва, Архангельскую область, Нарьян-Мар, Сыктывкар, Салехард и большую часть Ямальского п-ва, особенно западное побережье, побережье Тазовской губы и Енисейского залива (Норильск, Дудинка), р-н п.Тикси и Черский, центральную часть Якутии, район Певека и Анадыря.

Для визуализации и анализа работы по зонированию геосистем в Арктике с помощью ГИС была создана итоговая карта зон уязвимости геосистем прибрежных районов Российской Арктики к техногенному и гидрометеорологическому воздействию (см. рис. 3 на цв. вклейке) в масштабе 1 : 25000000. Карта состоит из следующих слоев: суша, океан, водоемы суши, политико-административные границы (береговая линия), города, наиболее устойчивая зона, устойчивая прибрежная (наземная) зона, устойчивая морская зона, антропогенные районы — слой содержит районы с максимальным хозяйственным освоением и воздействием, неустойчивая зона — содержит уязвимые морские и пограничные зоны, полярные — содержит заприпайные полярные СЛО, устья — уязвимые зоны, содержит наиболее загрязненные устья арктических рек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ многолетних данных гидрометеорологических параметров, заболеваемости населения и биоразнообразия прибрежных районов Российской Арктики, а также использование геоинформационных технологий позволили выделить уязвимые и устойчивые зоны. Использование сведений по направлению ветра и характеру смешения речных и морских вод дало возможность отображения ареалов более возможных и значимых районов загрязнений природной среды, что, в свою очередь, не может в дальнейшем не сказаться на здоровье местного населения и биоразнообразии данных районов.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», поисковые научно-исследовательские работы по лоту с шифром «2013-1.5-14-515-0037» «Рациональное природопользование и обеспечение экологической безопасности в Арктической зоне Российской Федерации», по теме: «Гидрометеорологическое обеспечение рационального природопользования и экологической безопасности Арктической зоны Российской Федерации» (шифр заявки «2013-1.5-14-515-0037-006»), а также инициативного гранта РФФИ № 14-05-00787 «Эмерджентность прибрежных арктических водных экосистем как результат изменения палеоэкологических и современных воздействий».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики / Под редакцией В.А. Спиридонова, М.В. Гаврило, Е.Д. Красновой, Н.Г. Николаевой. М.: WWF России, 2011. 64 с. URL: <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/500> (дата обращения 15.05.2013).

Боблакова Л.М., Дмитриев В.В. Интегральная оценка качества жизни населения г. Санкт-Петербурга и г. Москвы // Научный журнал Российской академии естествознания «Международный журнал экспериментального образования». 2014. № 3. Ч. 1. С. 91–95.

Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. I. Интегральная оценка устойчивости наземных и водных геосистем // Вестник СПбГУ. Сер. 7 (геология, география). 2012. Вып. 3. С. 65–78.

Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. II. Методы интегральной оценки

устойчивости наземных и водных геосистем // Вестник СПбГУ. Сер. 7 (геология, география). 2013. Вып. 3. С. 88–103.

Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем». III. Интегральная оценка устойчивости почвы и наземных геосистем // Вестник СПбГУ. Сер. 7 (геология, география). 2014. Вып. 4. С. 114–113.

Колесников С.И., Иванов В.В., Семенюк А.В., Колесникова Л.И., Файбушевич А.А., Беляев Л.Л. Беременность и токсиканты. Новосибирск: Наука, 1986. 159 с.

Осипова А.А., Дмитриев В.В. Интегральные оценки качества жизни населения и качества городской среды г. Санкт-Петербурга // Научный журнал Российской академии естествознания «Международный журнал экспериментального образования». 2014. № 3. Ч. 1. С. 96–102.

Расписание погоды. URL: <http://www.rp5.ru> (дата обращения 20.08.2014).

Справочные данные по режиму ветра и волнения Баренцева, Охотского и Каспийского морей. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2003. 213 с.

Справочные данные по режиму ветра и волнения Японского и Карского морей. НД № 2-029901-007. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2009. 355 с.

Шевченко В.П. Влияние аэрозолей на среду и морское осадконакопление в Арктике. М.: Наука, 2006. 225 с.

Arctic Biodiversity Assessment. Status and trends in Arctic biodiversity: Synthesis. First print for the Arctic Council ministerial meeting, Kiruna, Sweden, May 2013. URL: <http://www.arcticbiodiversity.is/> (дата обращения 18.06.2014).

National Climatic Data Center. URL: <http://www.ncdc.noaa.gov> (дата обращения 21.08.2014).