

© БОГДАНОВ Н.А., 2018
УДК 614.777:502.56

Богданов Н.А.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕНЕЗА НА АКВАТОРИИ И МОРСКОМ БЕРЕГУ

ФГБУН Институт Географии РАН, 119017, Москва

Введение. Статья содержит результаты исследования экологической опасности последствий многолетней (XVII – XXI вв.) человеческой деятельности на берегу и акватории Юго-Восточной Балтики.

Материал и методы. Рассмотрены: 1) территориальные потери и разрушения антропогенных объектов; 2) естественная радиоактивность потенциального источника минерального сырья – титано-циркониевые концентраты в пляжевых песках и содержание в них ^{137}Cs («Чернобыльский след»); 3) отголоски Великой Отечественной войны (ВОВ) – боеприпасы на берегу и захоронения на морском дне трофейных боевых отравляющих веществ (ТБОУВ) из арсенала фашистской Германии.

Результаты. Экологическая катастрофа предотвращена своевременной берегозащитой (1988–1991 гг.). Размыв берега стал причиной скоплений на пляже промышленно значимых титано-циркониевых концентратов ($> 1,5 \text{ т/м}^3$). Тяжёлые минералы (циркон, монацит и др.) содержат естественные радионуклиды (торий, уран и др.), активность которых (5668,6 Бк/кг) превысила гигиенический норматив (1500 Бк/кг) в ~4 раза. Минеральное сырьё такого качества относится к IV классу опасности. По количеству ^{137}Cs , с учётом прошедшего после Чернобыля (апрель 1986 г.) времени до момента анализа образца (весна 2015 г., ~период полураспада изотопа), концентрация его могла достигать в песках – 110 Бк/кг, в органике почв и торфяниках – до 500 Бк/кг. Загрязнение соответствовало радиационному состоянию ряда территорий СССР, испытавших воздействие катастрофы, но было выше, чем на Алтае («Семипалатинский след», 41–43 Бк/кг). В глубоководных (92–208 м) впадинах (Борнхольмская, Готландская) и в других местах Балтики сосредоточено около 60 подводных захоронений ТБОУВ. Возникла угроза экологической катастрофы при массовом механическом их повреждении (траление, бурение, трубопроводы и т. п.). Неопределённость сведений о числе свалок ТБОУВ сохраняет опасность их нахождения на взморье и выброса волнами на берег. Доразведка и мониторинг состояния захоронений особенно актуальны в связи с прокладкой магистрального газопровода «Северный поток-2».

Ключевые слова: техногенез; экология; берег; море; абразия; тяжёлые минералы; радионуклиды; загрязнение; здоровье.

Для цитирования: Богданов Н.А. Экологическая опасность последствий техногенеза на акватории и морском берегу. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(5): 411–417. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-5-411-417>

Для корреспонденции: Богданов Николай Александрович, доктор геогр. наук, вед. науч. сотр. лаб. Геоморфологии ФГБУН Института Географии РАН. E-mail: nabog@inbox.ru

Bogdanov N.A.

ENVIRONMENTAL HAZARD OF THE CONSEQUENCES OF TECHNOGENESIS ON THE AQUATORIA AND THE SEA BANK

Institute of Geography of the Russian Academy of Science, Moscow, 119017, Russian Federation

The article contains the results of a study of the ecological hazards of long-term consequences (XVII–XXI centuries) of human activities on the shores and waters of the South-Eastern Baltic Sea. The following issues have been considered: 1) territorial losses and the destruction of man-made objects; 2) natural radioactivity of the potential source of mineral raw materials – titanium-zirconium concentrates in beach sands and their content of ^{137}Cs (the “Chernobyl trace”); 3) echoes of the Great Patriotic War (WWII) – ammunition on the shore and dumping on the seabed of captured chemical warfare agents from the arsenal of Nazi Germany. The study has determined the following. Coast in Courland, after Peter the Great built the port of Libava (the end of XVII century) and after malls were extended in the nineteenth century, had been stable. Modernization of the military avantport of Emperor Alexander III at the beginning of the XX century with the removal of the sea piers on 2123m caused the obstruction of sands along the coast and its grassroots catastrophic erosion to the North of the port. By the 1930s, the bottom sands have been eroded to Cape Akmenrags (along with the coast to ~40 km, the volume of >70 million m^3). By the 1990s, at 4–6 km closest to port, the shore has receded up to 200 meters. Houses, landfills, fragments of the sewer were destroyed. There was a threat of collapse of toxic objects of municipal wastewater treatment facilities into the sea (sludge beds, chlorination station, town Schedes). An environmental disaster was prevented by the timely constructed shore protection facilities (1988–1991). The erosion of the shore caused the accumulations on the beach of industrially important titanium-zirconium concentrates ($>1,5 \text{ т/м}^3$). Heavy minerals (zircon, monazite, etc.) contain natural radionuclides (thorium, uranium etc.), their activity (5668,6 Bq/kg) exceeded the hygienic standard (1500 Bq/kg) by ~4 times. Mineral raw materials of this quality refer to the IV class of hazard. As for ^{137}Cs , considering the period from the Chernobyl disaster (April 1986) to the analysis of the specimens (spring 2015 – the half-life of the isotope), the concentration could reach, in sands – 110 Bq/kg, in organic soils and peatlands – up to 500 Bq/kg. The contamination was consistent with the radiation condition of the several territories of the USSR, which have experienced the impact of the disaster, but was higher than in the Altai (“Semipalatinsk trace”, 41–43 Bq/kg). Echoes of the War resulted in storms bringing ashore ammunition, which caused injuries and deaths of adolescents, who found such “waste” of World War II (the town Schedes, the elimination of the Nazis in “Liepaja port”, 1945). In the deep (92–208 m) basins (Bornholm, Gotland) and in other areas of the Baltic Sea there are about 60 underwater dumpings of chemical warfare agents. The threat of environmental disaster may appear in the case of their large-scale mechanical damage (trawling, drilling, pipelines,

etc.). The uncertainty of the information about the number of dumpings of chemical warfare agents keeps a danger of their location on the coast and bringing by waves to the beach. Further exploration and monitoring of dumpings are particularly relevant in connection with the laying of the gas pipeline "Nord stream – 2".

Key words: technogenesis; ecology; coast; sea; abrasion; heavy minerals; radionuclides; pollution; health.

For citation: Bogdanov N.A. Environmental hazard of the consequences of technogenesis on the aquatoria and the sea bank. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(5): 411-417. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-5-411-417>

For correspondence: Nikolay A. Bogdanov, MD, Ph.D., DSci., leading researcher of the Laboratory of Geomorphology resources of the Institute of Geography of the Russian Academy of Science, Moscow, 119017, Russian Federation. E-mail: nabog@inbox.ru

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The work was carried out within the framework of the theme of the state assignment (Reg. No. 01201352491 (0148-2014-0016).

Received: 14 February 2017

Accepted: 05 July 2017

Введение

Прибрежная зона моря оказывает на человека не только оздоровительный эффект. В случае техногенного вмешательства последствия для её состояния зачастую трудно предсказуемы. Они снижают эколого-гигиеническую комфортность геосистем побережий, таят угрозу качеству жизни и здоровью людей. В полной мере это относится к морям Европы, акватории и густозаселённым берегам, которые с давних пор используются в разных целях. Показательным примером является юго-восточный сектор Балтийского моря и участок берега в районе порта Либава (Либава – до 1917 г., в Курляндии, на северо-западной периферии Российской Империи – и после 1991 г.).

Среди угроз рассмотрены:

1) территориальные потери и снижение качества среды жизни из-за разрушения морских берегов волнами (абразия) и антропогенных объектов, включая токсичные фрагменты городской канализации;

2) активность естественных радионуклидов (ЕРН) пляжевых титано-циркониевых концентратов (потенциальное минеральное сырьё) и «Чернобыльский след» (по техногенному изотопу ^{137}Cs в почвогрунте);

3) отголоски Великой Отечественной Войны (ВОВ) на берегу и на дне Балтики – неразорвавшиеся боеприпасы и подводные захоронения трюфенных боевых отравляющих химических веществ (ТБОУХВ).

Цель работы – оценка экологической опасности, угроз качеству жизни, здоровью людей на берегу и состоянию акватории моря в данном ракурсе событий, спровоцированных многовековой человеческой деятельностью (XVII–XXI вв.).

Материал и методы

В полевых работах использовались плавсредства, вибробурение, эхолотирование, топо-геодезическое оборудование, а также были проведены водолазные обследования и др. Пробы (~1 кг) кварц-полевошпатовых современных и древних (4000–6000 лет) морских песков и природных концентратов (шлих) тяжёлых минералов отобраны в тыловой части пляжа и в уступе размыва берега (местечко Шкедес, Либава, ЛатвССР (1988-1989 гг.)). Гранулометрический и минералогический анализы образцов исследовали в лаборатории минералогического и трюфенового анализа Геологического института РАН. ЕРН и ^{137}Cs (период полураспада – 30,2 года), расчёты содержания радионуклидов осуществлены в ОАО НТЦ «Амплитуда» (А.П. Ермилов, г. Зеленоград). Направления и мощности вдольберегового переноса песков и потоков волновой энергии рассчитаны ветроэнергетической методикой [1, 2].

Важно отметить: пески до момента отбора (лето 1988 г., спустя 2 года после катастрофы на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС)) переработаны экзогенными процессами (промы-

ты морскими и атмосферными водами, перевеяны ветрами, пополнены материалом осыпей гумусированных прибрежных песчаных почв). Образцы до проведения анализа летом 2015 г. хранились в плотно упакованной стеклянной банке (в течение промежутка времени, почти равного периоду полураспада изотопа ^{137}Cs).

Результаты

В итоге проведённых исследований диагностирован ряд моментов:

– определён масштаб угроз прибрежным территориям от катастрофической абразии берега;

– выявлена радиационная опасность от присутствия в прибрежных отложениях природных и техногенных радионуклидов;

– оценены угрозы на акватории и берегу от последствий ВОВ 1941–1945 гг.

Обсуждение

Угрозы от катастрофической абразии. Вдоль берегов региона ≥ 3000 лет существует однонаправленный перенос волновой энергии и песков к северу (от мыса Миетрагс, что на границе Латвии с Литвой, до мыса Колкасрагс у входа в Рижский залив) [1]. В местечке «Портас Ливас» (Курляндия) торговые суда принимались в XVII в. на открытом рейде (рис. 1, а). Указом Петра Великого на рубеже XVIII в. заложен цивилизованный порт Либава (парные ряжевые молы из каменной наброски). Благополучное состояние прибрежной геосистемы не нарушило удлинение молв в XIX в. (рис. 1, б).

В начале XX в. военный аванпорт Его Императорского Величества Государя Императора Александра III Александровича расширен и укреплен крепостью. Форты возводились в 70–100 м от уреза воды. Длина молв увеличилась до 2123 м, создав непропуск прибрежных наносов. На 5–7 км севернее порта возник и до сих пор развивается катастрофический низовой размыв (рис. 2, а). Ситуация ухудшалась ремонтным дночерпанием в борьбе с заносимостью подходов к порту. Ежегодная аккумуляция песков в прорези судового хода у южных ворот составляла 130–150 тыс. м³/год, до ~200 тыс. м³/год (годы усиления штормовой активности). Эти объёмы до 1991 г. регулярно изымались силами ВМФ СССР из бюджета наносов и складировались на подводной свалке грунта (дампинг, глубина моря Н = 10–15 м, рис. 2, б).

На участке берега (> 40 км) севернее (до мыса Акменьрагс) к 1930-м годам размыва призма донных песков (> 70 млн м³, интенсивность 1,4 млн м³/год). К 1970-м годам развалины фортов «вышли» на урез воды. Темпы абразии берега увеличились от 0,7–1,7 м/год (первые 70 лет) до 3–4 м/год (последующие годы). В XX – XXI вв. на

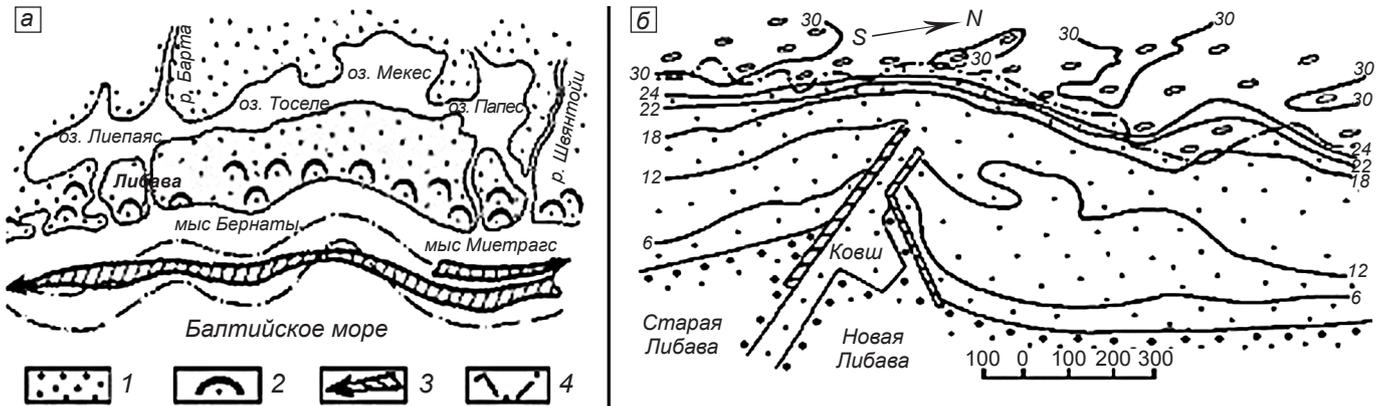


Рис. 1. Состояние и техногенное освоение морского берега. Район Либава, XVII–XIX вв.: а – 1637 г., картосхема, Лиепайский Краеведческий музей: 1 – пески; 2 – массивные древних береговых дюн; 3–4 – элементы реконструкции динамики и морфологии; 3 – вдольбереговая составляющая среднемноголетнего прибрежного потока волновой энергии; 4 – изобаты; б – бесконфликтное состояние, аккумулятивный берег, 1879 г. Штрих-пунктир – граница песков с валунно-глибовым бенчем. Глубины моря – фута (по В.Е. Тимонову: Последний проект МПС, № 1, 1888 г. Лиепайский Краеведческий музей).

участке протяжённостью 5 км берег отступил до ~200 м (порт – местечко Шкедес); разрушались жильё, приусадебные участки, скопления бытовых отходов, фрагменты городского коллектора сточных вод (рис. 3, б).

За период с 1905 по 1990 г. бровка уступа размыва (средней высотой 3 м) отступала в среднем на 0,8–2,5 м/год (потери песков составили 12–38 тыс. м³/год). Однако по несколько штормовых дней она может деградировать на 4–9 м (0,5 м/сут, 500 м³/сут, 5–10 тыс. м³, одноразовая вдольбереговая подвижка пляжевых наносов – до ~23 тыс. м³), что и произошло в январе 1989 г. напротив Городских очистных сооружений (ГОС возведены на удалении 88 – 90 м от уреза воды в 1970 г.). Возник аварийный риск разрушения токсичных объектов ГОС – иловые карты, хлораторная станция (рис. 2, б; 3, а; 4, а).

Катастрофическая ситуация усугублялась вероятностью подрывов артиллерийских снарядов и авиабомб

времен весны 1945 г. (штормовые выбросы и «гнезда» на пляже и дне). Угроза экологической катастрофы ликвидирована своевременными изысканиями и организацией берегозащиты автором этих строк по заказу администрации города Либава. Потери тяжёлых минералов за счёт их рассеивания вдоль берега при его размыве за период эксплуатации порта (с учётом дночерпания) составили > 33 000 тонн.

Антропогенный фактор сказался на качестве среды и в более драматичном плане. Балтика издавна являлась ареной активной человеческой деятельности, в т. ч. и военной. Это одно из наиболее загрязнённых внутренних морей (химическими веществами, радионуклидами и т.п.). Регион Советской Прибалтики в советское время испытал и последствия аварии на ЧАЭС (26 апреля 1986 г., 01 час. 23 мин., 50 с. Первой об аварии сообщила шведская станция мониторинга на о. Готланд) [3, 4].

Рис. 2. Современная техногенная динамическая аномалия: непропуск наносов у порта и низовой размыв берега. Лиепая, конец XX в.: а – панорама катастрофической абразии севернее бетонных развалин Батарей № 3 крепости Либава; б – подводная свалка грунта от ремонтного дночерпания. Тип берега: 1 – абразионный; 2 – абразионно-аккумулятивный, со следами эпизодического размыва; 3 – то же, с эоловой «подушкой» в тыловой части пляжа, закреплённой овсом песчаным; 4 – аккумулятивный; 5 – перевеваемые пески авантюна на пляже и быстро возобновляющиеся отмели аванпорта; 6 – донные пески; 7 – каменное дно; 8, 9, 10 – косвенные индикаторы динамики прибрежной зоны: микролагуна в горле разрывного течения, концентраты тяжёлых минералов и бакены, сорванные с подходов к порту, соответственно; 11 – среднемноголетняя тенденция переноса вещества и энергии; 12 – зоны преимущественного выноса пляжевых песков на взморье; 13 – прибрежные циркуляционные ячейки; 14, 15 – бетонные развалины и номера батарей крепости Либава, соответственно; 16 – изобаты, м; 17 – условные границы звеньев литодинамической подсистемы; 18 – устья малых рек и ручьев. ГОС – городские очистные сооружения. Штриховые линии между звездочками – границы полигона дампинга грунта.

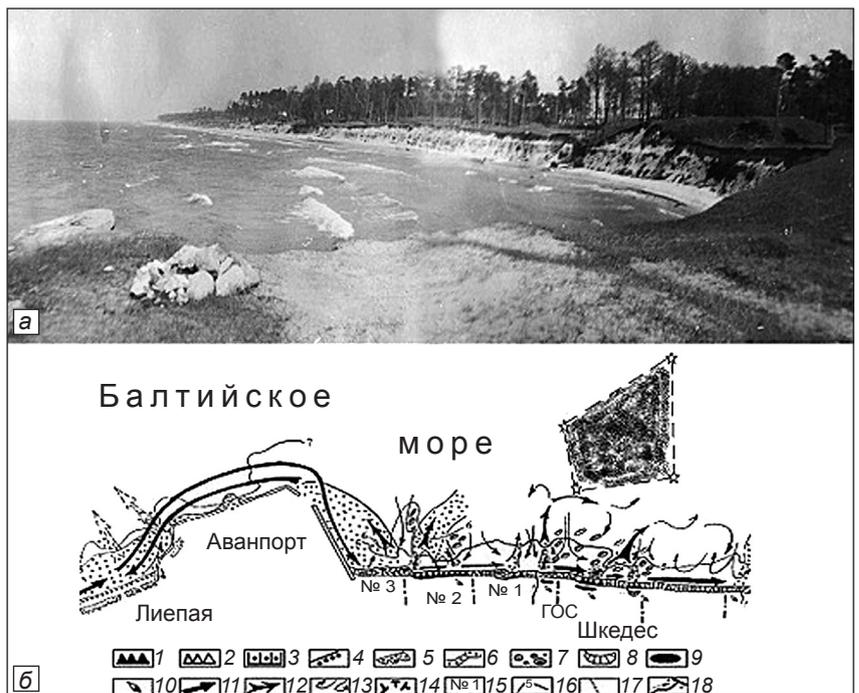




Рис. 3. Угрозы и разрушения штормовой абразией токсичных объектов системы городской канализации Лиепай: а – объекты городских очистных сооружений, местечко Шкедес. Стрелки – прибрежные течения. Изолинии и цифры – концентрации взвесей, г; б – фрагменты магистрали коллектора стоков: 1 – обрушение на пляж труб магистрали.

Радиационная опасность. В этом отношении существуют разные концепции: 1) линейная зависимость биологического эффекта от дозы облучения: утверждается отсутствие порога безопасного действия ионизирующего излучения, которое предполагает уровень приемлемого риска, ниже которого действием облучения можно пренебречь; 2) существование практического порога дозы облучения; 3) акад. А.Д. Сахаров оценивал радиационную опасность по непороговым эффектам, но биогенное воздействие малых доз излучения слабо изучено; 4) в американской системе нормативов относительной опасности видов антропогенного воздействия на здоровье человека первые два места отведены тяжёлым металлам и другим химическим токсикантам. Радиация в этом списке стоит на 26-м месте [3, 4].

Природные радионуклиды. Активность ЕРН определяется наличием в песках полевых шпатов и тяжёлых минералов (монацит, циркон, апатит), содержащих торий, уран, церий, лантан, лютеций, самарий [5]. Размыв берегового откоса с древними титано-циркониевыми концен-

трами стал причиной формирования во многих местах у подножий уступов, на пляже современных редкометалльных россыпей – потенциальных источников минерального сырья. Шлих содержит ~100% тяжёлых минералов (99,42%, > 300 фонов). Сумма полезных рудных зерен составила 1,5 т/м³ (табл. 1), (см. рис. 4). Продуктивность сопоставима с аналогичными россыпями на берегах Белого и Серного морей, Индийского океана и Австралии, но залежи существенно уступают им по мощности продуктивного пласта и эфемерности (периодические штормовые подвижки, обрушения берега). В Польше и Германии ведётся добыча такого редкометалльного сырья [6]. По активности ЕРН оно относится к IV классу опасности. Обращение с ним в случае добычи требует соблюдения определённых правил радиационной безопасности [5] (табл. 2).

Отголоски катастрофы на ЧАЭС. После аварии на ЧАЭС в окружающую среду попало 3% ядерного топлива вместе с радионуклидами реактора. Оцененная активность выбросов радионуклидов составила > 300 МККи или $1,1 \cdot 10^{19}$ Бк. Загрязнению подверглось более 145 тыс. км² территории СССР. Плотность загрязнения изотопами ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr составила более 37 кБк/м² (или >1 Ки/км²). Пострадало порядка 5 млн человек. В Белоруссии, на Украине и в России было загрязнено около 5000 населённых пунктов. В настоящее время опасность представляют трансурановые элементы и долгоживущие токсичные изотопы ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr [7]. Техногенный ¹³⁷Cs прочно удерживается почвенной органикой, поглощается тонкодисперсной частью грунта и внедряется в кристаллические решётки глинистых минералов. Известны факты проникновения ¹³⁷Cs и в коренные породы (базальты) на глубину 3–5 см. Суммарная активность, вынесенная на Балтику, составила $3,9 \cdot 10^8$ Ки [4]. В 1987 г. слой (0–5 см) донных осадков здесь содержал 3400 Бк/кг ¹³⁷Cs. Проникновение изотопа в толщу осадка – до 15 см. Для сравнения: донные осадки южных внутренних морей в 1997–1998 гг. содержали ¹³⁷Cs, Бк/кг: Азовское – до 100, Чёрное (Анапа – Сочи) – 0,19 (в среднем – фон) [4, 8].

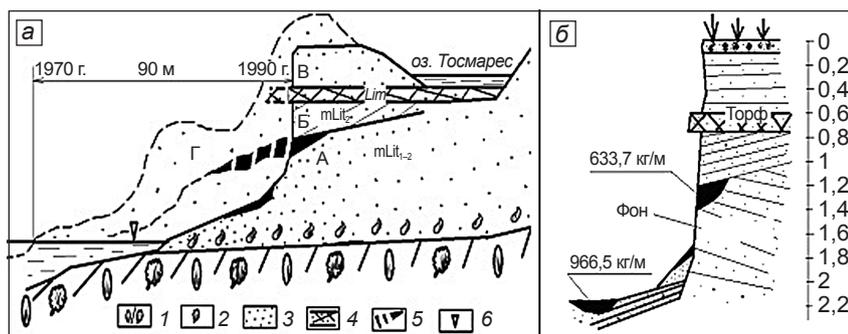


Рис. 4. Современное пляжевое россыпеобразование, местечко Шкедес: а – реконструкция развития: А–Г–события: А – формирование линзы концентрата тяжёлых минералов на прибрежном мелководье в период регрессии моря 4000–6000 лет назад (mLit₁₋₂); Б – древние колебания уровня моря: погребение кварцевыми песками линзы концентрата тяжёлых минералов, отчленение лагун, дюнообразование, формирование горизонта торфа (lim) лагун (mLit₁₋₂); В – современные низкоамплитудные колебания уровня моря, смещение дюнных гряд в сторону суши (eol), частичное погребение древних лагун (оз. Тосмарес, Лиепаяс, Мекес, Папес); Г – предполагаемое строение берега до 1970 г. (начало строительства ГОС Лиепай); 1 – валунно-моренные суглинки, 2 – гравий, галька; 3 – пески, 4 – опесчаненные глины и торф, 5 – линзы концентрата тяжёлых минералов, 6 – современный уровень моря. Границы, линии: сплошные – современное состояние, штриховые – предполагаемые. б – Валовое содержание тяжёлой фракции: древняя россыпь – погребённая линза концентрата в уступе размыва берега; фон – вмещающие древние пески; современная пляжевая россыпь.

Современная пляжевая редкометалльная россыпь (местечко Шкедес, Лиепая)

Минералы (крупность 0,20–0,25 мм)	Содержание, кг/м ³
Лёгкие, 2,2–2,8 г/см ³ :	
Кварц + полевые шпаты	42
Глауконит	+
Тяжёлые, 2,9–5,5 г/см ³ :	
Ильменит	1130,4
Гранат	498,8
Магнетит	292,5
Циркон*	54,2
Шпинель	24,6
Рутил	22,9
Монацит*	22,5
Апатит*	4,2
Ставролит	4,2
Эпидот	1,7
Кианит	1,05
Лейкоксен	0,6
Амфиболы + пироксен	0,4
Турмалин	0,2
Гематит	+
Лимонит	+
Сумма тяжёлой фракции, в пробе	2058
Сумма полезных рудных минералов, в пробе	1523

Примечание. Полезные рудные минералы – полужирный шрифт; * – содержащие ЕРН; «+» – отдельные зёрна минералов.

В Лиепе источники изотопа ¹³⁷Cs отсутствовали (энергетика, ядерное оружие, атомоходы и т. п.). В порту – только дизельные подлодки. После катастрофы на ЧАЭС доступ на городской пляж некоторое время был закрыт; погранзона прилегающих берегов была недоступна для посторонних. Наследие аварии выразилось в концентрации токсичного изотопа ¹³⁷Cs = 32 ± 23 Бк/кг в образце пляжевых песков (табл. 2).

Во время катастрофы, с учётом прошедшего периода полураспада, она была приблизительно в 2 раза выше (до 110 Бк/кг). Предполагаемая плотность выпадения радионуклида на данной территории – 2–3 Ки/км². Органическая часть почв береговых дюн могла содержать ¹³⁷Cs >200 Бк/кг, а торфяники междюнных лагунных понижений – в 5–8 раз больше (до 500 Бк/кг). Уровень загрязнения в Латвии соответствовал таковому в Тульской и Смоленской областях, но был выше, чем в пределах «Семипалатинского следа» на Алтае [9, 10] (табл. 2–4). Абразия и золотой разнос токсичного изотопа на частицах грунта и в растворённом виде могли усугубить загрязнение прибрежной полосы.

«Семипалатинский след» в Алтайском крае [9, 10]

Регион	Тип почв	Изотопы, Бк/кг			
		¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Алтайско-Красногорская лесостепная зона	Дерново-подзолистые	41,5 + 2,1	33,9 + 2,4	31,4 + 2,5	217,5 + 3,8

Техногенный Цезий-137 и естественные радионуклиды (ЕРН) в тяжёломинеральном шлихе современной редкометалльной пляжевой россыпи: Балтийское море (местечко Шкедес, Лиепая)

Радионуклид, характеристика	Образцы, результаты измерений, Бк/кг	
	№ 1	№ 2
¹³⁷ Cs	Не определяется	32 ± 23
ЕРН:		
⁴⁰ K	Отсутствует	Отсутствует
²³² Th	2811 ± 252	3302 ± 290
²³⁸ U	1451 ± 557	1366 ± 457
Остаточный в пробе радон: ²²² Rn = ²¹⁴ Pb = ²¹⁴ Bi	805 ± 91	934 ± 102
Активная доля ²²² Rn, частично эманулирующая из образца: ²²² Rn _{активный} = ²³⁸ U – ²²² Rn _{остаточный}	646	432
Эффективная удельная активность ЕРН: А _{эфф} = ²³⁸ U + 1,3 · ²³² Th (при отсутствии ⁴⁰ K)	5105,3	5658,6
Превышение допустимого безопасного уровня: А _{эфф} = 1500 Бк/кг [5], кратность	3,4	3,8
Класс опасности минерального сырья [5]	IV	IV

Примечание. Доступ посторонних лиц в складские помещения исключён. Обращение с концентратом (сбор, хранение, транспортировка) – с ограничениями, обеспечивающими радиационную безопасность населения, работников и состояние окружающей среды [5].

Медико-биологический аспект. При относительном благополучии современного радиационно-экологического состояния региона следует помнить об отдалённых последствиях такого воздействия для здоровья людей. Стабильный цезий входит в состав мягких тканей человека и животных (0,002–0,6 мкг/г). Всасывание ¹³⁷Cs в желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) достигает 100%. ¹³⁷Cs накапливается в тощей, двенадцатиперстной и подвздошной кишках (76–78%), но больше всего в мышцах. При респираторном поступлении токсичный изотоп секретируется в кишечник и реабсорбируется в нисходящих его отделах. Поступив в кровь, он равномерно распределяется по органам и тканям. В радиационно загрязнённых районах Российской Арктики среди местного населения преобладал характерный комплекс заболеваний: иммунодефицит, злокачественные новообразования (лёгких, ЖКТ и др.), эндокринные нарушения; болезни кроветворных органов, верхних дыхательных путей, пищеварения, мочеполовой системы; нозологии генетической, цитомегаловирусной и хламидиозной этиологии и др. Цитомегаловирусная инфекция (возбудитель – ДНК-содержащий вирус) долго латентно персистирует в организме, но в итоге приводит к развитию мукоэпидермоидной карциномы и других злокачественных новообразований [3, 11].

Однако однозначного мнения о связи радиационного фактора с негативными изменениями здоровья людей нет.

Таблица 4

«Чернобыльский след» в лесах областных Управлений лесами, 137С

Область	Почва: минеральная часть, слой 0–15 см, Бк/кг	Лесная подстилка, Бк/кг	Подстилка/почва, раз
Брянская	до 5000	до 10 000	до 2
Калужская	350	21 100	60,3
Тульская (в зонах с разной плотностью загрязнения)	110 420 (215–750)	3820 1300 (770–1853)	34,7 3,1
Пензенская	310 (до 925)	2600 (до 5860)	8,4
Воронежская	404 (722 в слое 0–5 см, 289 – 5–10 см, 200 – 10–15 см)	2146	5,3
Смоленская	194–492	414–2927	до 15,1

Примечание. Обстановка по состоянию стационарных участков контроля на 01.01.1996 г. «Руководство по ведению лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения от аварии на Чернобыльской АЭС (на период с 1997 по 2000 гг.)».

В Арктике высокий уровень радиоактивности в пищевой цепи «лишайник – олень – человек» объясняется воздействием глобальных выпадений от «международных» испытаний ядерного оружия в трёх средах. У жителей Японии не обнаружено генетических эффектов действия радиации. В зоне аварии на ЧАЭС не выявлено статистически значимое превышение контрольного уровня заболеваемости лейкемией. Имеются доказанные случаи онкологии щитовидной железы от мощного воздействия изотопа йода [3].

Угрозы от последствий ВОВ. В море сосредоточены подводные захоронения ТБОХВ из арсенала фашистской Германии (накоплено 65 000 тонн боевых химических средств и > 300 000 тонн химических запасов (применить не удалось)). Союзники затопили контейнеры на конфи-

скованных плавсредствах (проливы Каттегат, Скагеррак, о-ва Борнхольм и Готланд, глубины Н = 92–208 м) (рис. 5).

Всего на Балтике зафиксировано около 60 подводных химических свалок (значит, некоторые из них не задокументированы). Предполагаются захоронения и в Гданьском заливе у берегов России. С 1976 г. в Дании зафиксировано > 400 случаев нахождения ТБОХВ, а также 13 случаев химических ожогов у рыбаков от соприкосновения с рыбой. В Скандинавских странах об этом не принято говорить, дабы не повредить экономике, во многом базирующейся на рыбном промысле [3, 4, 12, 13]. В 1946–1948 гг. силами ВМФ СССР затоплено 35 000 тонн ТБОХВ в Борнхольмской и Готландской впадинах Балтики (захоронения компактного локализованного и россыпного типов). Типы оружия:

артиллерийские снаряды, авиабомбы, мины, баллоны, контейнеры, гранаты, бочки, резервуары, банки (ОХВ – кожно-нарывного, нервно-паралитического, раздражающего, удушающего и общеядовитого действия: иприт, адамсит, «Циклон-В» и т. п.). Коррозия, разрушение оболочек ёмкостей ТБОХВ с попаданием их в морскую среду от единичных токсических объектов безвредны. Угрозу экологической катастрофы таит залповый выброс большой массы ТБОХВ [12, 13].

Свалки перекрываются грунтом при дампинге. Лиепайское глубоководное захоронение перекрыто рыхлыми отложениями мощностью 2–7 м. Однако, упоминая о неучтённых свалках ТБОХВ и возможном их местоположении у берегов РФ в Гданьском заливе [12], следует обратить внимание на достаточно мелководный (глубины Н = 10–20 м), доступный воздействию штормовых волн, участок дампинга грунта у Лиепай (см. рис. 2, б). Трудно сказать, является ли он одним из неучтённых ранее захоронений ТБОХВ. Однако ближе к берегу от него после сильных осенних штормов на дне у опор подводного исследовательского оборудования фиксировались водлазками боеприпасы крупного калибра. При штормах эти «свидетели» ВОВ появляются и на пляже (артиллерийские снаряды, авиабомбы, патроны в разрушенном и «рабочем» состояниях, останки скелетов бойцов и их обмундирования т. п.). В период изысканий (1987–1991 гг.) случались летальные исходы с подростками при неудачном «обращении» с такого рода смертоносными «отходами» ВОВ. Неоднократно вызывались сапёры из Клайпеды.

Некоторые из боеприпасов могут иметь и химически отравляющую природу. Опасность возрастает при:

- тралении с рыболовецких судов,
- повреждениях в процессе инженерно-технических, геолого- и горно-морских работ,
- штормовых выбросах боеприпасов на берег. Поиски и контроль такого рода захоронений особенно актуальны в связи с прокладкой магистрального трубопровода «Северный поток – 2».

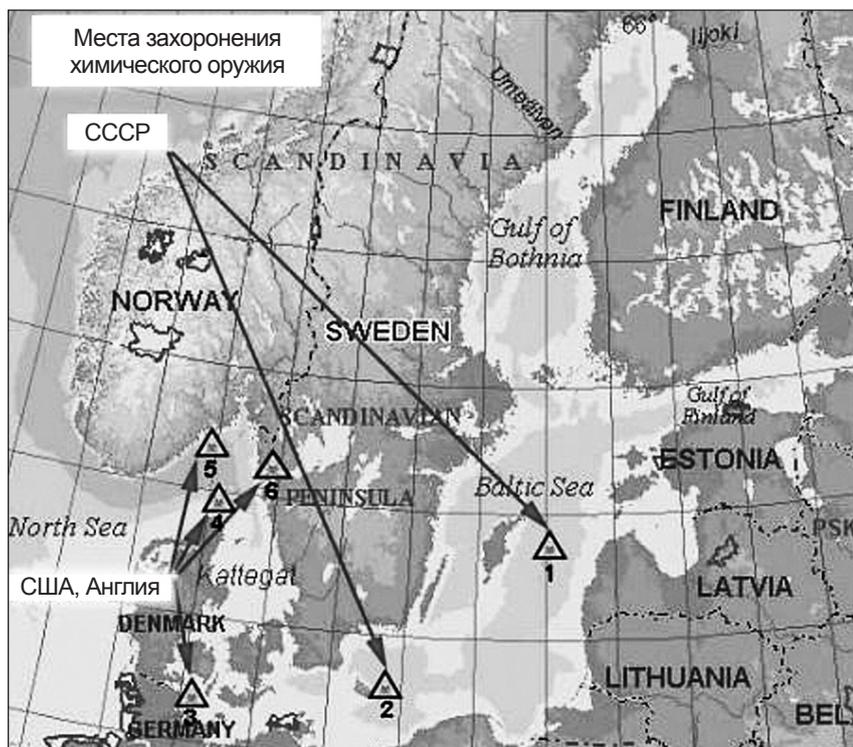


Рис. 5. Подводные захоронения, сделанные странами антигитлеровской коалиции, трофейного боевого химического оружия из арсенала фашистской Германии: проливы и Балтийское море [12, 13]: захоронения (глубоководные впадины) – 1 и 2: Лиепайское, россыпного типа (Готландская) и Борнхольмское (одноимённая), соответственно.

Выводы

Комплекс экологических угроз от последствий многолетней человеческой деятельности в рассмотренном секторе Балтики включает ряд аспектов:

- разрушения жилья и токсичных объектов инфраструктуры морской абразией севернее порта Лиепая;
- соблюдение правил радиационной безопасности при обращении с пляжевым концентратом тяжёлых минералов в случае его использования в качестве минерального сырья;
- санация и рекультивация берега для ликвидации грозного наследия ВОВ;
- мониторинг состояния и доразведка неучтённых подводных захоронений ТБОХВ; координация усилий с сопредельными странами Прибалтики.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы госзадания (Рег. № 01201352491 (0148-2014-0016)).

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Богданов Н.А. Морфолитодинамический аспект экологии побережья Балтийского моря. *Геоморфология*. 1993; 3: 56-63.
2. Богданов Н.А. Динамика берегов Темрюкского залива и опасность загрязнения Азовского и Черного морей. *Геоморфология*. 2012; 4: 40а-5а.
3. Айбулатов Н.А. *Экологическое эхо холодной войны в морях Российской Арктики*. М.: ГЕОС; 2000.
4. Айбулатов Н.А. *Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии*. М.: Наука; 2005.
5. СанПиН 2.6.1.2800-10. *Требования радиационной безопасности при облучении населения за счет источников ионизирующего облучения*. М.: Минздрав РФ; 2011.
6. Богданов Н.А. Модели развития берегов и закономерности локализации морских редкометалльных россыпей Юго-Восточной Балтики в голоцене. В кн.: *Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы IX Всероссийского Совециания по изучению четвертичного периода. Иркутск, 15-20 сентября 2015 г.* Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН; 2015: 57-9.
7. Бондаренко О.А., Мовчан Я.И., Тарасова О.Г., Балашов Л.С., Драпалюк А.Н., Парчук Г.В., Василюк А.В., Гулевец Д.В., Болот К.А. Чернобыльская катастрофа: 29 лет спустя. *Астраханский вестник экологического образования*. 2015; 2(32): 90-104.
8. Бударков В.А., Киришин В.А., Антоненко А.Е. *Радиобиологический справочник*. Минск: Ураджай; 1992.
9. Винокуров Ю.И., Мальгин М.А., Пузанов А.В. Цезий-137 в почвах сопряженных ландшафтов Присалаирья. В кн.: *Экология и безопасность жизнедеятельности человека в условиях Сибири*. Барнаул: Алтайский государственный университет; 1997: 45-51.
10. Санаров Е.М., Баландович Б.А., Кузьмин Э.Ф., Корниенко М.Г., Алтынников В.В. Экологическая оценка радионуклидного загрязнения лекарственного сырья в Алтайском крае и проблема регламентирования. *Химия растительного сырья*. 1998; 1: 19-24.
11. Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Иванов С.И., Пузанов А.В. *Радиоэкологические и медико-биологические последствия радиационного воздействия*. СПб.: Наука; 2012.
12. Рябушев А. Химические свалки на Балтике угрожают всей Европе. Независимая газета. 14.01.2002. Доступно по: http://www.ng.ru/ecology/2002-01-14/11_baltic.html?id_user=Y

13. Холмянский М.А., Владимиров М.В., Григорьев А.Г. Сорельная характеристика подводных потенциально опасных объектов северо-западных морей Европы. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2011; 1: 74-7.

References

1. Bogdanov N.A. Morfolitodinamichesky aspect of ecology of the coast of the Baltic Sea. *Geomorfologiya*. 1993; (3): 56-63. (in Russian)
2. Bogdanov N.A. Dynamics of the coast of Temryuk Bay and danger of pollution of the Azov and Black seas. *Geomorfologiya*. 2012; (4): 40a-5a. (in Russian)
3. Aybulatov N.A. *Ecological echo of the Cold War in the seas of the Russian Arctic [Ekologicheskoe ekho kholodnoy voyny v moryakh Rossiyskoy Arktiki]*. Moscow: GEOS; 2000. (in Russian)
4. Aybulatov N.A. *Activity of Russia in a coastal zone of the sea and an environmental problem [Deyatel'nost' Rossii v pribrezhnoy zone morya i problemy ekologii]*. Moscow: Nauka; 2005. (in Russian)
5. SanPiN 2.6.1.2800-10. *Trebovaniya radiatsionnoy bezopasnosti pri obluchenii naseleniya za schet istochnikov ioniziruyushchego oblucheniya*. Moscow: Minzdrav RF; 2011. (in Russian)
6. Bogdanov N.A. Models of coast development and patterns of localization of marine rare metal alluvial deposits of the South-Eastern Baltic in the Holocene. In: *Fundamental problems of quarter, results of studying and main directions of further researches [Fundamental'nye problemy kvartera, itogi izucheniya i osnovnye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Materialy IX Vserossiyskogo Soveshchaniya po izucheniyu chetvertichnogo perioda. Irkutsk, September 15-20, 2015]*. Irkutsk: Institut geografii im. V.B. Sochavy SO RAN; 2015: 57-9. (in Russian)
7. Bondarenko O.A., Movchan Ya.I., Tarasova O.G., Balashov L.S., Drapalyuk A.N., Parchuk G.V., Vasilyuk A.V., Gulevets D.V., Bolot K.A. Chernobyl accident: 29 years later. *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*. 2015; 2(32): 90-104. (in Russian)
8. Budarkov V.K., Kirshin V.A., Antonenko A.E. *Radiobiological reference book [Radiobiologicheskij spravochnik]*. Minsk: Uradzhay; 1992. (in Russian)
9. Vinokurov Yu.I., Mal'gin M.A., Puzanov A.V. Caesium-137 in soils of the interfaced landscapes of Prislalairya. In: *Ecology and health and safety of the person in the conditions of Siberia [Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti cheloveka v usloviyakh Sibiri]*. Barnaul: Altayskiy gosudarstvennyy universitet; 1997: 45-51. (in Russian)
10. Sanarov E.M., Balandovich B.A., Kuz'min E.F., Kornienko M.G., Altnnikov V.V. Ecological assessment of radionuclide pollution of medicinal raw materials in the Altai territory and a regulation problem. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 1998; (1): 19-24. (in Russian)
11. Meshkov N.A., Val'tseva E.A., Ivanov S.I., Puzanov A.V. *Radioecological and medicobiological consequences of radiative effects [Radioekologicheskie i medikobiologicheskie posledstviya radiatsionnogo vozdeystviya]*. St. Petersburg: Nauka; 2012. (in Russian)
12. Ryabushev A. Chemical dumps in the Baltic area threaten all Europe. *Nezavisimaya gazeta*. 14.01.2002. Available at: http://www.ng.ru/ecology/2002-01-14/11_baltic.html?id_user=Y (in Russian)
13. Kholmyanskiy M.A., Vladimirov M.V., Grigor'ev A.G. Correlative characteristic of underwater potentially dangerous objects of the northwest seas of Europe. *Mediko-biologicheskiye i sotsial'no-psikhologicheskiye problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2011; (1): 74-7. (in Russian)

Поступила 14.02.2017

Принята к печати 05.07.2017