

УДК 504:503.5(268.46)

## ANTHROPOGENIC IMPACT ON ECOLOGICAL CONDITION OF THE WHITE SEA

**Tolstikov Aleksey Vladimirovich.** Northern Water Problems Institute of Karelian Research Center of RAS, Nevskogo av., 50, Petrozavodsk, 185030 Russia, E-mail: [alexeytolstikov@mail.ru](mailto:alexeytolstikov@mail.ru)

**Chernov Илья Александрович.** Institute of Applied Mathematical Research of Karelian Research Center of RAS, Pushkinskaya str., 11, Petrozavodsk, 185910 Russia, E-mail: [IACHernov@yandex.ru](mailto:IACHernov@yandex.ru)

**Abstract.** The types of anthropogenic impacts on the White Sea, namely the entrance of pollutants from river runoff, man-made emissions of industrial centers, development of recreational activities are considered. It is shown the results of 3D numerical modeling of solid hypothetical particles distribution with a river runoff into the Dvina Bay.

**Keywords:** the White Sea, impact of rivers, ecological situation, numerical modeling

## АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БЕЛОГО МОРЯ

**Толстикова Алексей Владимирович.** Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, 185030 Россия, E-mail: [alexeytolstikov@mail.ru](mailto:alexeytolstikov@mail.ru)

**Чернов Илья Александрович.** Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН, ул. Пушкинская, д. 11, Петрозаводск, 185910 Россия, E-mail: [IACHernov@yandex.ru](mailto:IACHernov@yandex.ru)

**Аннотация.** Рассмотрены виды антропогенного воздействия на Белое море, а именно попадание загрязняющих веществ с речным стоком, техногенных выбросов в атмосферу промышленными центрами, при развитии рекреационной деятельности. Показаны результаты моделирования распространения твердых гипотетических частиц с речным стоком в Двинский залив на трехмерной численной модели.

**Ключевые слова:** Белое море, влияние речного стока, экологическая ситуация, численное моделирование

Воздействие человека на морскую среду может быть прямым и опосредованным: при разливах нефтепродуктов или оседании каких-либо техногенных частиц на поверхностный слой моря; посредством влияния речного стока с территории водосбора; вторичное заражение при активировании ранее пассивного загрязнителя в грунте. Последнее характерно, например, при разрушении емкостей захороненных отходов. Антропогенное воздействие на океаны и моря можно ранжировать

в зависимости от степени его интенсивности на очень слабое, слабое, умеренное, сильное и очень сильное [6].

Сегодня воздействие на океан постоянно усиливается и приводит к тому, что участки акваторий с очень слабым и слабым воздействием сокращаются, а с умеренным, сильным и очень сильным – возрастают [5].

Актуальность работы обусловлена тем, что Белое море – важный промысловый и стратегический объект Российской Федерации, в последние годы испытывает изменения в своем экологическом состоянии, в силу перестройки за последние годы структуры производства на водосборе. Возникают новые возможности для развития водного транспорта, прокладки газо- и нефтепроводов, выращивания марикультуры, добычи рыбных ресурсов, алмазов, золота, развития туристической деятельности, использования этого водоема в качестве полигона для новых судов.

Целью статьи является обобщение материала по воздействию на Белое море крупных рек; техногенного влияния (добычи полезных ископаемых, строительства и работы гидротехнических сооружений, деятельности морских портов); рекреационного воздействия.

Исследование основано на анализе современных данных по состоянию экологической обстановки в Белом море, содержащейся в актуальных литературных источниках и работах, выполненных в предыдущие годы при участии авторов в проектах РФФИ, ФЦП «Мировой океан», INCO-Copernicus [2; 17; 23; 24]. В дополнение приведены результаты численного моделирования на трехмерной модели термогидродинамики Белого моря, с которой авторы работают в настоящее время [22; 29].

Объектом исследования является Белое море, расположенное на севере Восточно-Европейской платформы, занимая часть Фенноскандинавского щита и Русской плиты. Объем воды, занимающей котловину, около  $6000 \text{ км}^3$ , средняя глубина 67 м, максимальная 340 м [3]. Площадь водосбора 720 тыс.  $\text{км}^2$ , площадь акватории самого моря – немногим более 90 тыс.  $\text{км}^2$ . Берега, имеющие свои собственные названия [1], сильно изрезаны (рис. 1), общая протяженность береговой линии более 5 тыс. км. В Белое море впадает несколько больших рек, с площадью водосбора каждой реки более 50 тыс.  $\text{км}^2$  (Северная Двина, Онега, Мезень). Они впадают в одноименные заливы. Достаточно много средних рек (Кемь, Выг, Варзуга, Поной и др.) с площадью водосбора от 2 до 50 тыс.  $\text{км}^2$  и малых, с площадью водосбора менее 2 тыс.  $\text{км}^2$ .

В северо-западной части Белого моря расположен еще один крупный залив – Кандалакшский. Центральная часть – Бассейн – через относительно узкое Горло соединяется с Воронкой. Условная линия

мыс Святой Нос – мыс Канин Нос отделяет Белое море от Баренцева моря.

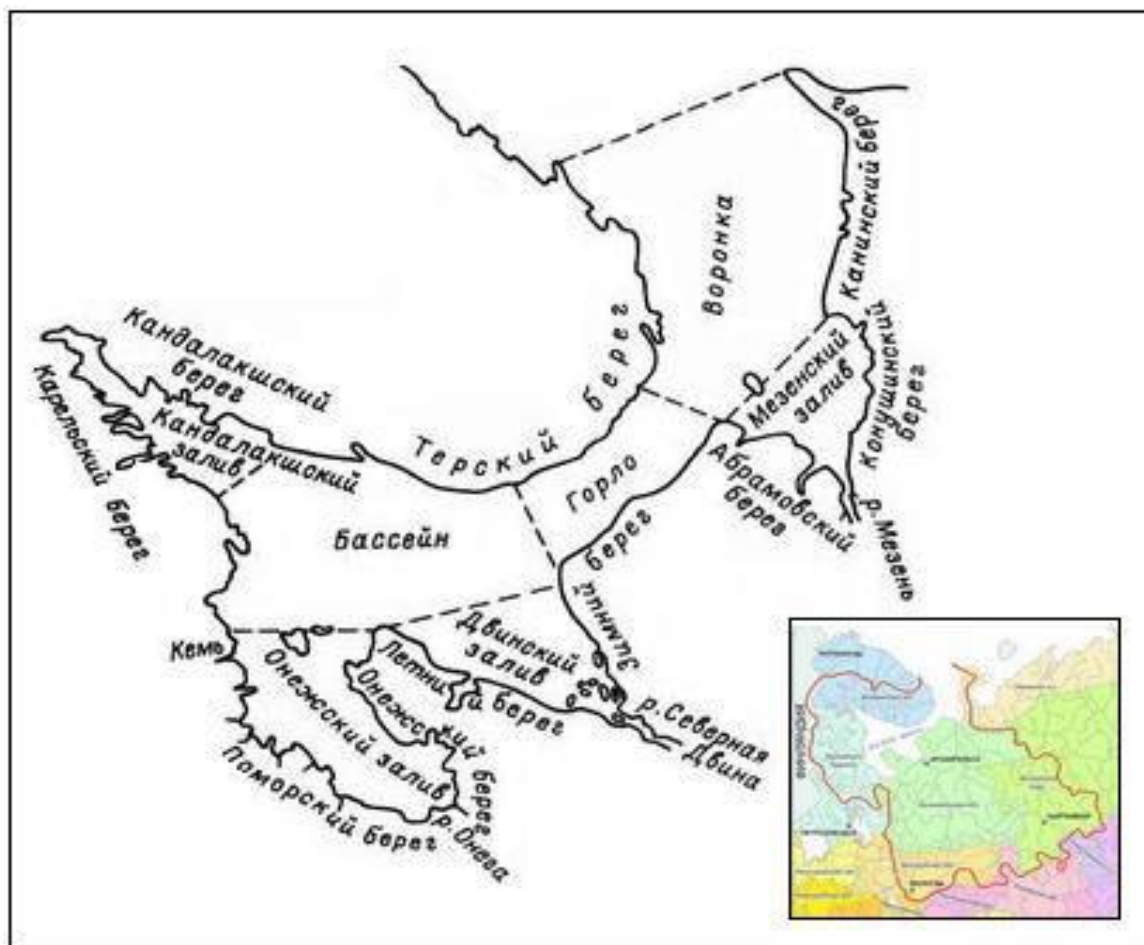


Рис. 1. Названия районов и берегов Белого моря [1]

Сток рек является интегральным показателем гидрофизических процессов на водосборе, обусловленных климатическими характеристиками и хозяйственной деятельностью [17]. Загрязнители с речным стоком распространяются в прибрежной зоне, постепенно испытывая разбавление и депонирование.

В первую очередь это представляет угрозу для гидробионтов, поскольку большинство водных организмов являются стенобионтами по отношению ко многим экологическим факторам среды (например, к температуре) в сравнении с наземными обитателями.

Результаты прямых измерений потоков вещества в устьях рек, оценки скорости и изменчивости накопления осадков на дне Белого моря приведены, например, в [9-12; 21; 23-27]. Распространение примеси в Белом море, в том числе содержащей загрязняющие вещества, с

помощью математического моделирования показано в работах [14; 13; 16; 18].

Согласно расчетам [13] скорость распространения примеси в первую очередь зависит от расхода реки, поэтому, например, в устье р. Онеги при максимальных значениях расхода за 3 сут. Примесь распространится почти на 20 км в сторону моря, а в р. Кереть (Карельский берег) за это же время лишь на 500 м. Естественно, воздействие загрязняющих веществ на экосистемы моря будет убывать в направлении открытой акватории, однако, существует процесс вторичного попадания в воду депонированных осадков, например, при их высвобождении из грунта во время сильного волнения.

Результаты математического моделирования на трехмерной численной модели термогидродинамики Белого моря [22, 29] показали, что распространение примеси, как и следовало ожидать, зависит от сезона года.

Так, если ко всему объему стока Северной Двины добавить гипотетическое твердое мелкодисперсное вещество в количестве 100 ед./см<sup>3</sup>, то эта примесь в течение месяца практически полностью разбавится в самом заливе, лишь незначительная ее часть достигнет Горла (рис. 2).

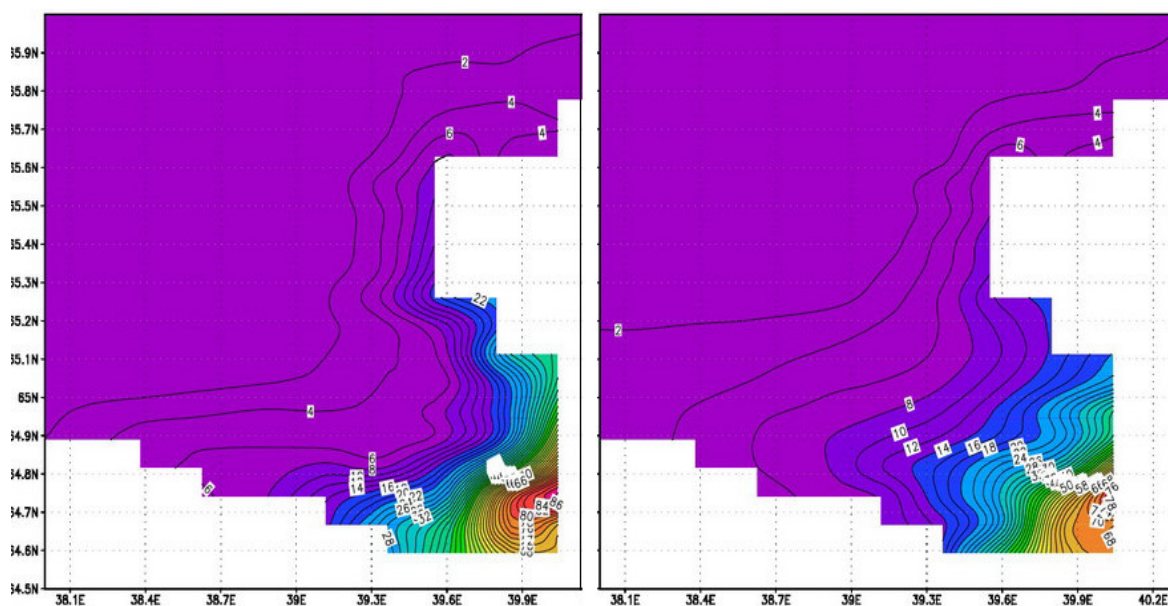


Рис. 2. Распространение примеси в Двинском заливе со стоком Северной Двины в июне (слева) и октябре (справа). Модельные данные, цифры – концентрация гипотетического твердого мелкодисперсного вещества, ед./см<sup>3</sup>

Использованы среднемесячные модельные данные за период климатической нормы 1960-1991 гг.

При максимальном объеме стока Северной Двины (май-июнь) примесь концентрируется вдоль берегов Двинского залива, при этом более высокие значения отмечаются у Зимнего берега.

В районе мыса Зимнегорский от 100 ед. остается только 4 ед., то есть вещество на таком расстоянии от источника уже практически полностью отсутствует.

В октябре картина несколько отличается: разбавление примеси происходит на меньшем удалении от устья и шлейф вещества вытянут в сторону Унской губы. Качественное распределение февраля похоже на картину июня. Здесь стоит учитывать, что показаны модельные расчеты гипотетического твердого вещества, а, например, нефтяные разливы могут вести себя иначе.

Полученные модельные результаты хорошо согласуются с данными из литературных источников [19; 24-27]. Надо учитывать, что в Двинском заливе наблюдается самое сильное разбавление загрязняющих веществ в силу значительного объема стока р. Северная Двина (среднегодовой расход в устье почти 3,5 тыс. м<sup>3</sup>/с) и морфометрических особенностей этого района моря. Поэтому сложно оценить реальное антропогенное влияние стоков на экосистемы Белого моря.

Для более корректной оценки может помочь анализ степени самоочищения рассматриваемых рек. От этого зависят концентрации загрязнителей в устьевых участках. Так как большая часть веществ попадает в море с речным стоком, в зоне маргинального фильтра [20; 21] оседает максимальное количество экологически опасных веществ и соединений. Поэтому устья рек, впадающих в Белое море, испытывают максимальное антропогенное воздействие (табл. 1).

Таблица 1

Река	БПК <sub>5</sub> (2.0)	Фенолы (0.001)	НУ (0.05)	СПАВ (0.10)	Медь (0.001)	Цинк (0.001)	Никель (0.01)
Поной	0.06-2.46	н.о.- 0.063	н.о.- 0.45	н.о.- 0.12	н.о.- 0.018	н.о.-0.035	н.о.-0.073
Сосновка	0.27-5.78	н.о.- 0.032	н.о.- 0.08	н.о.- 0.08	н.о.-0.011	н.о.-0.092	н.о.-0.037
Чапома	0.02-2.44	н.о.- 0.019	н.о.- 1.77	н.о.- 0.21	н.о.-0.013	н.о.-0.108	н.о.-0.054
Варзуга	0.02-8.52	н.о.- 0.021	н.о.- 1.94	н.о.- 0.12	н.о.-0.017	н.о.-0.080	н.о.-0.022
Умба	0.19-3.76	н.о.- 0.038	н.о.- 0.82	н.о.- 0.09	н.о.-0.022	н.о.-0.037	н.о.-0.029
Нива	0.02-0.35	н.о.- 0.380	н.о.- 6.90	н.о.- 0.94	н.о.-0.015	н.о.-0.065	н.о.-0.034
Кемь	0.28-4.05	Не определяли	н.о.- 1.12	н.о.- 0.05	Не определяли		
Онега	0.05-3.05	н.о.- 0.012	н.о.- 2.30	н.о.- 0.07	н.о.-0.061	н.о.-0.120	н.о.-0.045
Сев. Двина	0.65-7.45	н.о.- 0.028	н.о.- 0.52	н.о.- 0.17	н.о.-0.013	н.о.-0.248	н.о.-0.006
Мудьюга	0.60-5.73	н.о.- 0.009	н.о.- 2.40	н.о.- 0.07	н.о.-0.008	н.о.-0.090	н.о.-0.017
Золотица	0.61-5.44	н.о.- 0.006	н.о.- 1.77	н.о.- 0.37	н.о.-0.009	0.001-0.114	н.о.-0.016
Мезень	0.53-7.29	н.о.- 0.018	н.о.- 1.41	н.о.- 0.09	н.о.-0.039	н.о.-0.096	н.о.-0.039

Пределы колебаний концентраций приоритетных загрязняющих веществ (мг\*л<sup>-1</sup>) в воде устьевых участков рек бассейна Белого моря [из: 4]

В табл. 1 [4] в скобках указаны предельно-допустимые концентрации, в мг\*л<sup>-1</sup>; БПК<sub>5</sub> – биохимическая потребность в кислороде за 5 суток; н.о. обозначает – ниже предела обнаружения; СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества.

Для Белого моря можно выделить районы загрязнения аммонийным азотом (водосборы р. Кемь, р. Золотица); нитратным азотом (р. Сосновка, р. Варзуга); легко окисляемыми органическими веществами (р. Мезень, р. Мудьюга); нефтяными продуктами (р. Мудьюга, р. Золотица) [25].

По загрязнению тяжелыми металлами выделяются: р. Сосновка, р. Чапома, р. Нива, р. Умба (загрязнение медью); р. Мудьюга, р. Онега (цинк); р. Нива (никель).

Получается, что наибольший спектр загрязняющих веществ содержат водосборы р. Мудьюги и р. Золотицы, что может быть связано как с естественным повышенным содержанием в этих реках указанных веществ, так и с подготовкой территории к открытой разработке месторождений алмазов (там же). Все загрязняющие вещества с их водным стоком попадают в Двинский залив, и большая часть далее направляется в Горло из-за особенностей гидродинамики этого района моря [2; 3].

Для Карельского и Поморского берегов Белого моря нет выраженной тенденции изменения объема сбрасываемых сточных вод в поверхностные воды за последние годы: 54,47 млн. м<sup>3</sup> в 2013, 73,28 млн. м<sup>3</sup> в 2012, 64,80 млн. м<sup>3</sup> в 2011, 71,75 млн. м<sup>3</sup> в 2009, 83,45 млн. м<sup>3</sup> в 2006 г. [7; 8].

Основные загрязнители в этих водах сульфаты (9963 т), калий (3038 т), натрий (2439 т), взвешенные вещества (1000 т), магний (382,27 т), аммонийный азот (202,89 т), фосфаты (135,65 т), нитриты (100,91 т), нефтепродукты (21,6 т), СПАВ (7,66 т), марганец (1,15 т), фтор (0,91), алюминий (0,36 т), никель (0,08 т), медь (0,08 т) [7; 8].

Основными загрязнителями, рассчитанными за год в этих водах, как и раньше в Республике Карелия, остаются сульфаты (9963 т), натрий (2439 т), калий (3038 т), магний (382,27 т), аммонийный азот (205,17 т), СПАВ (7,66 т), марганец (1,15 т), алюминий (0,36 т), никель (0,08 т) [7; 8].

Поскольку реки с максимальным расходом на водосборе Белого моря имеют равнинный характер (Северная Двина, Онега, Мезень), их сток замедлен, что приводит к малому содержанию кислорода в воде. Кроме того, эти реки характеризуются достаточно низкой летней температурой. В результате, загрязняющие вещества в воде плохо окисляются, а самоочищение рек оценивается как «неблагоприятное» [28].

Таким образом, из всех районов Белого моря Двинский залив, в любом случае, испытывает максимальное антропогенное воздействие

посредствам влияния речного стока. По мере усиления нагрузки на реки бассейна Белого моря отмечается общая тенденция увеличения межгодовой и внутригодовой изменчивости концентраций в них соединений азота и фосфора [4].

Все загрязняющие вещества испытывают значительную внутригодовую изменчивость, связанную с режимом стока рек, впадающих в Белое море, и чем сильнее нагрузка на участок акватории, тем выше разброс значений концентраций веществ [25].

Помимо рек, антропогенное воздействие также идет за счет техногенных выбросов в атмосферу, способных оседать на поверхности Белого моря в виде пленок, что изменяет процессы поглощения и отражения солнечной радиации, нарушает процесс испарения. Это приводит к изменению температуры поверхностного слоя водоема.

Так, с речным стоком и воздушным переносом в Белое море попадает большое количество различных веществ, способных нанести ущерб экологической обстановке в зоне влияния.

Это актуально для территории Двинского залива с машиностроением, судостроением, лесной и целлюлозно-бумажной промышленностью, а также для района, расположенного вдоль берегов Кандалакшского залива, где, например, есть предприятия цветной металлургии [2].

Учитывая направление господствующих ветров, следует предположить, что предприятия окрестностей Кандалакшского залива лидируют по переносу загрязнителей над акваторией Белого моря, однако специального исследование этого вопроса нами не проводилось. Импактные зоны (территории максимального воздействия загрязняющих веществ) приведены в [4].

Дополнительно можно отметить рекреационную нагрузку на Соловецкий архипелаг и связанную с этим активность морского транспорта. Согласно [4], среди антропогенных факторов, влияющих на Белое море, можно выделить следующие:

1. Загрязнение подземных и поверхностных вод водосбора моря плохо очищенными или неочищенными сточными водами предприятий, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей, пищевой промышленности (включая рыбопереработку), содержащими взвешенные вещества (в том числе, угольные шламы), нефтяные углеводороды (НУ), токсичные неорганические и органические вещества, включая тяжелые металлы и некоторые радиоактивные элементы.

2. Выброс в атмосферу диоксида серы, сероводорода, сероуглерода, метилмеркаптана, соединений тяжелых металлов и других загрязняющих веществ промышленными предприятиями, расположенными на водосборе Белого моря и сопредельных территориях (западная часть

Кольского п-ва); загрязнение атмосферы за счет выброса автомобильным транспортом отработанных газов, содержащих диоксид углерода, соединения азота, углеводороды, полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ) и многие другие соединения. Дальний перенос воздушных масс является причиной воздействия источников загрязнения, расположенных за пределами водосборного бассейна Белого моря.

3. Загрязнение природной среды возле крупных тепловых электростанций (работающих на твердом топливе) оксидами серы и азота, тяжелыми металлами, сажей и ПАУ.

4. Механическое нарушение почвенного и растительного покрова преимущественно в районах многолетней мерзлоты.

Согласно [25], в Белом море выделяют зону воздействия в районе северо-западного побережья (преимущественно на Кольском п-ве); в юго-восточной части водосбора Белого моря (Двинский, Онежский, Мезенский заливы); буферные зоны; условно-фоновые участки.

Импактная зона Кольского п-ва оказывает воздействие в первую очередь на Кандалакшский залив.

Здесь расположены горнопромышленные производства, влияние которых проявляется в загрязнении воздуха, земель, подземных и поверхностных вод.

Юго-восточная часть водосбора Белого моря характеризуется наличием предприятий целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и лесной промышленности, предприятий транспорта (включая речной и морской), теплоэнергетики, объектов Минобороны РФ и ЖКХ. Буферные зоны представляют собой территорию, удаленную до 100 км от промышленных площадок, а условно-фоновые участки – это районы, сохранившие свои первоначальные природные характеристики. Условно-фоновые участки на водосборе Белого моря превалируют над всеми остальными.

Что касается добычи полезных ископаемых в непосредственной близости от акватории Белого моря, то здесь она развита относительно слабо, хотя на водосборе отмечается значительное разнообразие горных пород, содержащих, например, титановые и железные руды, цирконий, гранаты, алмазы и даже янтарь. Обломки янтаря находят на Конушинском берегу, в районе устьев рек Мезень, Чижа, Яжма, у мыса Святой Нос [15]. В Воронке, Горле, районе м. Святой Нос находятся гранаты, железо-марганцевые конкреции, кварц. Песчаные и песчано-гравийные образования расположены на Летнем и Терском берегах, восточнее мыса Святой Нос и в Воронке. Эти месторождения в настоящее время еще активно не разрабатываются. Алмазы добывают в районе кимберлитовой трубки «Ломоносовская». Например, в 2006 г. уровень добычи алмазоносной породы здесь превысил 800 тыс. тонн [2].



Добыча минеральных ресурсов вносит свой вклад в загрязнение водоема. Это актуально как при поиске, так и при разработке месторождений.

В [28] представлена комплексная карта районов антропогенного воздействия на водосбор Белого моря, в которой учитывается урбанизированность территории, плотность населения, распаханность земель и техногенное загрязнение. Выделяется территория загрязнения района Двинского и Онежского залива, Горла со стороны Зимнего берега. Наименьшее антропогенное воздействие испытывают Канинский и Терский берега.

Кадашова Н. А. [15] выделила главные экологические проблемы Белого моря, среди которых наиболее значимы: загрязнение нефтепродуктами, фенолами, тяжелыми металлами и лигносульфонатами; радиоактивные отходы; разрушение берегов вследствие антропогенного воздействия.

Из гидротехнических сооружений на Белое море самое большое воздействие оказывает Беломорско-Балтийский канал.

Во-первых, после введения канала в строй в 1933 г. возникли новые населенные пункты (например, Межвежьегорск, Сегежа, Беломорск) и укрупнились уже существующие (Повенец, Надвоицы); во-вторых, изменился режим стока р. Выг; в-третьих, увеличился сброс загрязняющих веществ в Белое море. Строительство гидротехнических сооружений в первую очередь изменяет режим рек водосбора Белого моря, а, следовательно, происходят изменения в их маргинальных фильтрах.

Немаловажное значение в ухудшении экологической обстановки Белого моря играет деятельность портов. Наиболее крупные из них: Архангельск, Северодвинск, Онега, Мезень, Беломорск, Кемь, Кандакша. Относительно новым является порт Витино (1995 г.), который как круглогодичный начал работать с 2001 г. В самих портах, а также соседних с ними участках происходят те же процессы, что и при загрязнении воды нефтепродуктами.

Еще одним антропогенным фактором, оказывающим влияние на экологическое состояние Белого моря, является рекреационная деятельность. Рекреация требует постоянного контроля и развития, поскольку является интенсивным видом природопользования.

На территории водосбора Белого моря существует как неконтролируемая туристическая деятельность, так и регламентированная статусами существующих особо охраняемых природных территорий (ООПТ), с морскими границами и морскими зонами различного охранного статуса.

Среди ООПТ наибольшее влияние оказывают Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник, Сорокский морской заказник, ландшафтные заказники Мудьюгский, Приморский, Полярный круг и Кузова, биологические заказники Ун-ский, Беломорский, Двинской, охотничьи заказники Керетский, Воньгомский, Шуйостровский и другие.

Расширение территорий, занимаемых особо охраняемыми природными территориями, препятствует бесконтрольной рекреационной деятельности, поэтому является важным сдерживающим фактором ухудшения экологической обстановки на Белом море.

Между тем, национальные парки, музеи-заповедники, заказники привлекают огромное число туристов, многие из которых не соблюдают правила посещения этих ООПТ, сюда же относится и возрастающая транспортная и инфраструктурная нагрузка на туристические объекты, что негативно отражается на экологической ситуации в регионе.

Значительная часть ООПТ расположена на водосборе и не имеет непосредственного выхода к морю. Например, национальный парк Паяанярви, Водлозерский национальный парк, Костомукшский заповедник и т.д. В настоящее время созданы или совсем скоро появятся новые ООПТ, например, национальный парк «Онежское Поморье» (2013 г.), заказник «Верхнеюловский», заказник «Гридино» и другие. В последние годы рекреационная деятельность в Белом море усиливается. В первую очередь это связано с деятельностью неорганизованного туризма.

Антропогенное воздействие на Белое море и его последствия для экологического состояния водоема значительны, однако экосистемы моря не претерпели катастрофических изменений за многолетний период. Наиболее сильное воздействие оказывается в устье р. Северная Двина, в вершине Кандалакшского залива, вдоль Поморского и Зимнего берега.

В карельских реках водосбора Белого моря количество техногенных сбросов за последние годы повысилось.

Что касается Карельского берега, то основными загрязнителями здесь, как и раньше, остаются сульфаты, калий, натрий, магний, аммонийный азот, фосфаты, нитриты, нефтепродукты, СПАВ, марганец, фтор, алюминий, никель, медь [7; 8]. Свой отрицательный вклад в экологическую ситуацию на Белом море вносят горные разработки, активность портов и усиливающаяся рекреационная нагрузка.

Численное моделирование с помощью трехмерной модели термогидродинамики [22, 29] может использоваться для расчетов распространения твердых частиц с речным стоком по поверхности Белого моря и в его толще за длительный период времени.

Вопросы образования различными загрязнителями сложных химических соединений, их разбавление, испарение и депонирование – задачи для отдельных исследований.

Безусловно, при сохранении существующих тенденций в антропогенном воздействии на Белое море экологическая ситуация здесь в ближайшее время заметно ухудшится.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 13-05-98802-р-север-а.*

### **Библиографический указатель:**

1. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. - (Исследование фауны морей. Вып. 42(50)), В 2-х ч. – СПб.: Изд. Зоол. ин-та РАН. 1995.

2. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов / Под ред. Н.Н. Филатова, А.Ю. Тержевика. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2007. 335 с.

3. Белое море. Справочник «Проект «Моря СССР». Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Вып.1. Гидрометеорологические условия. – Л.: Гидрометеоиздат. 1991. 240 с.

4. Брызгало В.А., Иванов В.В. Многолетняя и сезонная изменчивость химического стока рек Белого моря в условиях антропогенного воздействия // Экологическая химия. 2002. 11(2). С. 91–104.

5. Галышева Ю.А. Экологические факторы морской среды / Уч. пособие. – Владивосток: Изд. Дальневосточного ун-та. 2009. 99 с.

6. Гершанович Д.Е., Карпевич А.Ф. К проблеме антропогенного воздействия на морские экосистемы // Антропогенное воздействие на прибрежно-морские экосистемы. Сб. науч. тр. М.: ВНИРО. 1986. С. 5-12.

7. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2011 году. – Петрозаводск: Мин-во по природопользованию и экологии РК. 2012. 294 с.

8. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2013 году. – Петрозаводск: Мин-во по природопользованию и экологии РК. 2014. 300 с.

9. Долотов Ю.С. Процессы рельефообразования и осадконакопления на приливных побережьях Мирового океана. – М.: Научный мир. 2010. 180 с.

10. Долотов Ю.С., Римский-Корсаков Н.А., Теликовский А.А., Пронин А.А., Новигатский А.Н., Филиппов А.С., Петров М.П., Толстикова А.В., Дунчевский А.С. Особенности рельефа,

поверхностный донных осадков и строения осадочной толщи в различных зонах эстуария реки Кемь (Белое море) // Океанология, 2005. Т.45. № 6. С. 927-935.

11. Долотов Ю.С., Филатов Н.Н., Петров М.П., Платонов А.В., Толстиков А.В., Шевченко В.П., Политова Н.В., Филиппов А.С., Кутчева И.П. О характере природных процессов в фазы прилива и отлива в эстуариях Карельского побережья Белого моря // Океанология, 2004. Т. 44. № 5. С. 1-9.

12. Долотов Ю.С., Филатов Н.Н., Шевченко В.П., Петров М.П., Здоровеннов Р.Э., Платонов А.В., Толстиков А.В., Филиппов А.С., Бушуев К.Л., Кутчева И.П., Денисенко Н.В., Штайн Р., Заукель К. Комплексные исследования в Онежском заливе Белого моря и эстуарии реки Онега в летний период // Океанология, 2008. Т. 48. № 2. С. 276-289.

13. Здоровеннов Р.Э. Приливной перенос примеси в прибрежных районах Белого моря // Автореф. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. – Мурманск. 2004. 26 с.

14. Здоровеннов Р.Э., Лифшиц В.Х., Фукс В.Р. Приливные движения и перенос примеси в эстуарии реки Онеги // Океанология, 2001. Т. 41. № 5. С. 680-685.

15. Кадашова Н.А. Физико-географические аспекты природопользования в Белом море // Дисс. ...канд. геогр. наук. – М. 2011. 175 с.

16. Клеванный К.А. Моделирование длинноволновых процессов в геофизической гидродинамике: Дисс. ...докт. физ.-мат. наук. – Спб. 1999. 314 с.

17. Климат Карелии: изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы / Отв. ред. Н.Н. Филатов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2004. 224 с.

18. Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Вып. 2. – Апатиты: Изд. ММБИ. 2007. 636 с.

19. Кравчишина М.Д. Взвешенное вещество Белого моря и его гранулометрический состав. – М.: Научный мир. 2009. 264 с.

20. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология, 1994. Т. 34. № 5. С. 735-747.

21. Скибинский Л.Э. Роль геохимических барьеров в переносе и накоплении загрязняющих веществ в устьевых и прибрежных биотопах Белого моря // Тез. докл. VIII Региональной научно-практической конференции «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». 16-18 апреля 2001. – Беломорск. С. 51-53.

22. Чернов И.А., Толстиков А.В. Численное моделирование крупномасштабной динамики Белого моря // Труды КарНЦ РАН. No 4. Сер.

Математическое моделирование и информационные технологии. – Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2014. С. 137-142.

23. Шевченко В.П., Ананьев Р.А., Гусакова А.И., Дмитриевский Н.Н., Кравчишина М.Д., Мишин А.В., Политова Н.В., Потахин М.С., Толстикова А.В., Филиппов А.С., Чульцова А.Л. Исследование системы Белого моря в июле в рейсе научно-исследовательского судна «Эколог» // Океанология. 2011. Т. 51. № 6. С. 1137-1140.

24. Шевченко В.П., Здоровеннов Р.Э., Кравчишина М.Д., Кутчева И.П., Новигатский А.Н., Политова Н.В., Потапова И.Ю., Приходько Д.И., Сластина Ю.Л., Теканова Е.В., Толстикова А.В., Филиппов А.С., Чульцова А.Л., Щербаков К.А. Системные исследования Белого моря в период летней межени 2009 г. в рейсе научно-исследовательского судна «Эколог» // Океанология, 2010. Т. 50. № 4. С. 666-670.

25. Система Белого моря. Природная среда водосбора Белого моря. – М.: Научный мир, 2010. Т. 1. 480 с.

26. Система Белого моря. Водная толща и взаимодействующие с ней атмосфера, криосфера, речной сток и биосфера. – М.: Научный мир, 2012. Т. 2. 784 с.

27. Система Белого моря. Рассеянный осадочный материал гидросферы, микробные процессы и загрязнения. – М.: Научный мир, 2013. Т. 3. 668 с.

28. Экологический атлас России. – М.: Карта, 2002. 128 с.

29. Chernov I. Numerical Modelling of large-scale Dynamics of the White Sea // Universal Journal of Geoscience. Vol. 1(3). 2013. P. 150-153.

*Статья поступила в редакцию 21.11.2014*