

УДК 628.394

СТРУКТУРА ПОДВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ И ИХ ДИНАМИКА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОЕКТА “СЕВЕРНЫЙ ПОТОК”

© 2011 г. Н.Н. Митина, М.А. Харина

Институт водных проблем РАН, Москва

Поступила в редакцию 16.10.2009 г.

Разработана классификация и построена картосхема донных природных комплексов (ДПК) Балтийского моря в масштабе 1: 250 000 с ранжированием от физико-географической страны до ландшафта. В пределах Балтийского моря, являющегося физико-географической страной, выделены три подводные физико-географические области, шесть подобластей, 72 ландшафта. Рассмотрена динамика подводных ландшафтов за последние 75 лет, через которые будет проложена трасса газопровода “Северный Поток” и даны прогнозы их преобразований после завершения строительства газопровода.

Балтийское море – внутреннее море международного значения, которое обладает значительными биологическими и минерально-сырьевыми ресурсами. В его водах девять стран осуществляет навигацию, рыболовство, добычу природных ископаемых. В настоящее время ускоренными темпами ведутся изыскательские работы и начато строительство морского газопровода “Северный поток”, который пройдет от бухты Портовая в России до г. Грайфсвальд (Германия), по дну Балтийского моря [17], поэтому изучение структуры подводных ландшафтов Балтийского моря и их динамики при возрастающих антропогенных нагрузках весьма актуально.

Цель настоящей статьи – представить результаты изучения структуры, функционирования и динамики подводных ландшафтов Балтийского моря, их классификации и оценки последствий при строительстве газопровода “Северный поток”. Достижение этой цели потребовало постановки и решения следующих **задач**:

– анализ литературных и фондовых материалов по основным компонентам донных природных комплексов (ДПК) Балтийского моря (геолого-геоморфологическое строение берегов и дна, донные грунт – климат, гидрология и гидродинамика, донные сообщества) и антропогенному воздействию на их водные экосистемы.

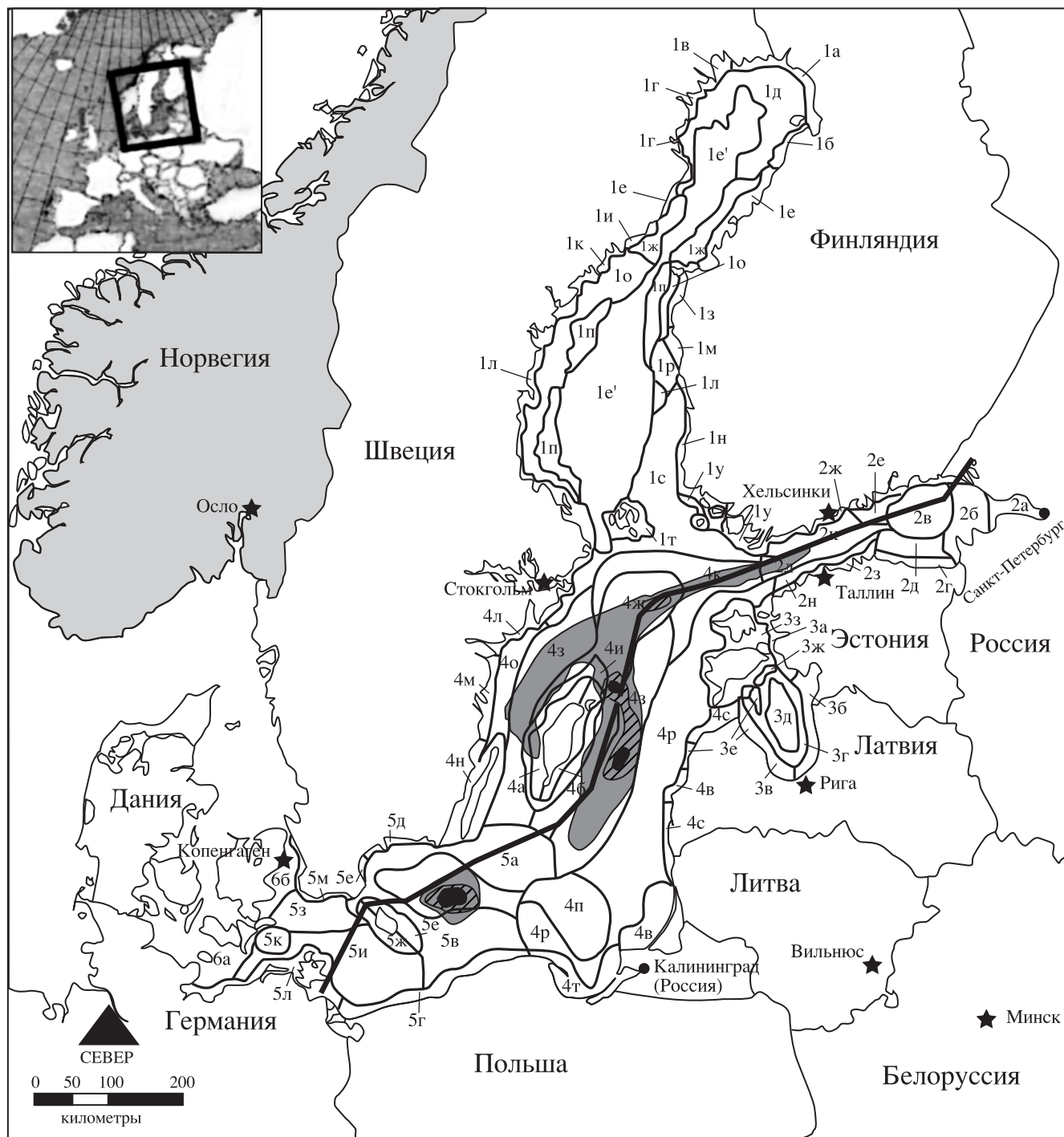
– физико-географическая классификация ДПК, районирование Балтийского моря от физико-географической страны до ландшафта.

– оценка возможного воздействия газопровода “Северный поток” на ДПК Балтийского моря.

Балтийское море как единица физико-географического районирования является физико-географической страной, так как, согласно определению И.С. Щукина [12] – физико-географическая страна – это часть материка, характеризующаяся единством геоструктуры (плита, молодые орогенные области, и т.п.), общими чертами макрорельефа (обширные низменные равнины, плоскогорья, крупные горные сооружения), некоторыми общими особенностями атмосферных процессов и макроклимата, своеобразием широтной зональности или высотной поясности (напр. Русская равнина, Урал), а следовательно, по отношению к акваториальным ДПК – морской бассейн, так как представляет собой внутренне шельфовое море.

По особенностям геолого-геоморфологического строения, характеру подводного рельефа и физико-географическим условиям, в Балтийском море можно выделить три крупных части – северную (от широты Ирбенского пролива на север), среднюю (от широты Ирбенского пролива до Клайпеды) и южную (от широты Клайпеды до Датских проливов).

Северная часть, являющаяся подводным продолжением Балтийского щита, представляет собой крупное структурное поднятие северо-западной оконечности Восточно-Европейской платформы, где на поверхность выступает ее докембрийский складчатый фундамент, а породы более молодого



- распространение зоны сероводородного загрязнения в 1930 г.
- временного загрязнения в 2005 г.
- постоянного загрязнения в 2005 г.
- 5а
- индексы подводных ландшафтов
- границы подводных ландшафтов
- трассы газопровода "Северный Поток"

Рис. Схема ДПК Балтийского моря в зоне прокладки трубопровода “Северный Поток” и распространение зон сероводородного загрязнения

Легенда:

1. Ботнический залив (подобласть): **1а** глубина (гл.) 0–5 м, берега, формирующиеся преимущественно под действием неволновых процессов, с приливными или ветровыми осушками, илистые (типа ваттовых и маршевых) и песчаные, солёность (сол.) 2‰, температура поверхностных вод (t°): июль +12°, февраль (февр.) –2°, сообщество (сообщ.): *Chironomidae*, *Oligochaeta*, *Pontoporeia*, *Mesidothea*, *Membranipora*, *Gammarus zaddachi*, *G. duebeni*, *Polysiphonia nigrescens*, *P. violacea*, *Furcellaria*, *Ruppia*; **1а'** гл. 5–20 м, сообщ.: *Pontoporeia*, *Mesidothea*; **1б** гл. 0–5 м, берега, формирующиеся преимущественно под действием неволновых процессов, с приливными или ветровыми осушками, илистые (типа ваттовых и маршевых) и песчаные, t°: июль +12°, февр. –2°, сол. 2.5‰, сообщ.: *Chironomidae*, *Oligochaeta*, *Corophium*, *Corda ceramium*; **1в** гл. 0–5 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало изменённые морем, первично расчленённые экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), сол. <2‰, t°: июль +13°, февр. –2°, сообщ.: *Neomysis*, *Chironomidae*, *Oligochaeta*; **1в'** гл. 5–20 м, сообщ.: *Pontoporeia*, *Mesidothea*, *Chironomidae*, *Oligochaeta*; **1г** формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выравнивающиеся абразивно-аккумулятивные берега, t°: июль +13°, февр. –2°, сол. 2–3‰, сообщ.: *Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*, *Mesidothea*, *Chironomidae*, *Oligochaeta*, *Sphacelaria*, *Polysiphonia nigrescens*, *P. violacea*, *Furcellaria*, *Ruppia*; **1ж** гл. 20–50 м, t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. 3–3.5‰, сообщ.: *Monoporeia affinis*, *Mesidotea entomon*, *Oligochaeta*, *Dictyosiphon*; **1д** гл. 20–50 м, t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. 3–3.5‰, сообщ.: *Monoporeia affinis*, *Mesidotea entomon*, *Oligochaeta*, *Dictyosiphon*; **1д'** гл. до 100 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами, мало изменённые морем, первично расчленённые экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. ≤3.5‰, сообщ.: *Monoporeia affinis*, *Mesidotea entomon*; **1е** гл. 0–5 м, берега абразивно-аккумулятивные, грунт – ил, песок, t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. 3.5–4‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Phyllophora*; **1е'** гл. 5–50 м, грунт – илы, алевролиты, сообщ.: *Scirpus*, *Ruppia*, *Phyllophora*, *Polysiphonia nigrescens*, *P. violacea*, *Furcellaria*, *Ruppia*; **1ж** гл. 20–50 м, t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. 3.5–4‰, сообщ.: *M. baltica*, *Monoporeia affinis*, *Chironomidae*, *Oligochaeta*, *Mesidotea entomon*; **1з** формирующиеся преимущественно волновыми процессами выравнивающиеся берега: абразивно-аккумулятивные, абразивно-аккумулятивные бухтовые, гл. 0–20 м, t°: июль +11–12°, февр. –2°, сол. 4–5‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Balanus imperialis*; **1и** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало изменённые морем, первично расчленённые экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), июль +11–12°, февр. –2°, сол. 4–5‰, сообщ.: *Mytilus edulis*, *Macoma baltica*, *Corophium*, *Phyllophora*; **1к** берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало изменённые морем, первично расчленённые, ледниково-тектонического (фиордовые), гл. 0–20 м, t°: июль +11–12°, февр. –2°, сол. 5–5.5‰, сообщ.: *M. baltica*, *M. edulis*, *Balanus imperialis*, *Cardium*, *Scirpus*, *Ruppia*; **1л** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами выравнивающиеся абразивно-аккумулятивные берега, t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. 5–5.5‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Laomedea*, *Furcellaria*, *Chara*, *Ruppia*; **1м** гл. 0–20 м, абразивно-аккумулятивные берега, t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. 5–5.5‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*; **1н** выравнивающиеся абразивно-аккумулятивные берега, гл. 0–20 м, t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. 5–5.5‰, сообщ.: *M. arenaria*, *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Nereis*, *Cardium*, *Idotea baltica*, *Leander adpersus*, *Gammarus lacustris*; **1о** гл. 20–30 м, t°: июль +12–13°, февр. 0–1°, сол. 5–5.5‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Id. baltica*; **1п** гл. 30–40 м, t°: июль +12–13°, февр. –1°, сол. 5–5.5‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Monoporeia affinis*; **1р** гл. 20–50 м, t°: июль +11–12°, февр. –1°, сол. 5.5–6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*; **1с** гл. 20–50 м, t°: июль +11–12°, февр. –1°, сол. 5.5–6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mya arenaria*, *Cardium*, *Aurelia*, *Halicryptus*, *Harmothoe*, *Calliopis*; **1т** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало изменённые морем, первично расчленённые берега, экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), t°: июль +11–12°, февр. –1°, сол. 5.5–6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Cardium*, *Halicryptus*, *Harmothoe*, *Nereis*, *Pygospio*; **1у** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало изменённые морем, первично расчленённые экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), t°: июль +14°, февр. –1°, сол. 5–6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Halicryptus*, *Harmothoe*, *Fucus vesiculosus*. **2. Финский залив (подобласть):** **2а** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами выравнивающиеся абразивно-аккумулятивные берега, t°: июль +12°, февр. –2°, сол. ≤2‰, сообщ.: *Membranipora*, *Neomysis*, *Oligochaeta*, личинки *Pylaiella*, *Ceramium*, *Sphacelaria*, *Scirpus*, *Ruppia*; **2а'** сообщ.: *Mesidotea entomon*, *Pallasea quadrispinosa*, *Pontoporeia affinis*, *Mysis oculata*, *Gammarus zaddachi*, *G. lacustris*, *G. duebeni*, *Neomysis vulgaris*, *Zoarcis viviparus*, *Chironomidae*; **2б** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало изменённые морем, первично расчленённые берега экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), t°: июль +12°, февр. –2°, сол. 2–3‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Corophium*, *Gammarus duebeni*, *G. zaddachi*, *Balanus imperialis*, *Mesidotea entomon*, *Pallasea quadrispinosa*, *Monoporeia affinis*, *Mysis oculata*, *G. zaddachi*, *G. lacustris*, *G. duebeni*, *Neomysis vulgaris* f. *Baltica*, *Zoarcis viviparus*, *Chironomidae*, *Polysiphonia nigra*, *Dictyosiphon*; **2в** гл. 30–50 м, мягкие илистые грунты, богатые органическим веществом (гиттия или сапропель), t°: июль +12°, февр. –2°, сол. 3–4‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Idotea baltica*, *Halie*; **2г** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выровненные абразивные берега, t°: июль +12°, февр. –2°, сол. 4–5‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mesidotea entomon*, *Pallasea quadrispinosa*, *Pontoporeia affinis*, *Mysis oculata*, *G. zaddachi*, *G. lacustris*, *G. duebeni*, *Neomysis vulgaris*, *Zoarcis viviparus*, *Chironomidae*, *Polysiphonia nigra*, *Dictyosiphon*; **2д** гл. 20–30 м, t°: июль +12°, февр. –2°, сол. 4–5‰, сообщ.: *Macoma baltica*; **2е** гл. 20–50 м, t°: июль +12°, февр. –2°, сол. 4–5‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Idotea baltica*, *Balanus imperialis*; **2ж** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало изменённые морем, первично расчленённые экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), грунт гиттия, мягкие илы, t°: июль +13°, февр. –1°, сол. 5–6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Aurelia*, *Harmothoe*, *Pygospio*, *Mesidotea entomon*, *Monoporeia affinis*, *Chironomidae*, *Cardium edule*, *Polysiphonia nigra*, *Ruppia* sp.; **2з** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выравнивающиеся абразивно-аккумулятивные берега, t°: июль +13°, февр. –1°, сол. 5–6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Cardium*, *Harmothoe*, *Nereis*, *Pygospio*, *Calliopis*; **2л** гл. 50–100 м, t°: июль +13°, февр. –1°, сол. 5–6‰, сообщ.: *Pontoporeia femorata*, *Fritillaria*; **2и** гл. 20–50 м, грунт илы или гиттия, t°: июль +13°, февр. –1°, сол. 5–6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Pontoporeia*, *Halicryptus*; **2к** гл. 10–20 м, сол. 4–5‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Idotea viridis*, *Cardium*, *Manayunkia*, *Fucus vesiculosus*; **2к'** гл. 0–10 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами выравнивающиеся абразивно-аккумулятивные берега, t°: июль +12°, февр. –1°, сол. 6–7‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Corophium volutator*, *Cardium edule*, *Mesidotea entomon*, *Nereis diversicolor*, *Chironomidae*. В зарослях *Fucus vesiculosus*: *Gammarus zaddachi oceanicus*, *G. zaddachi salinus*, *G. zaddachi zaddachi*, *Idotea granulosa*, *Id. baltica*, *Id. viridis*, *Jaera albifrons (marina)*, *Praunus flexuosus*, *P. inermis*, *Leander adpersus* var. *fabricii*. К водорослям прикрепляются *Mytilus edulis*, *Cardium edule*, *Balanus improvisus*, *Obelia loveni*, *Membranipora crustulenta*, *Pelmatohydra oligactis*, *Theodoxus fluviatilis*, *Limnaea peregra (ovata)*, личинки хирономид. В более закрытых местах добавляются *Planaria* sp. sp., *Polycelis nigra*, *Stylaria lacustris*, *Nais elinguis*, *Ephydatia fluviatilis*, личинки ручейников. **3. Рижский залив (подобласть):** **3а** гл. 0–20 м, берега, формирующиеся преимущественно под действием неволновых процессов, с приливными или ветровыми осушками, илистые (типа ваттовых и маршевых) и песчаные, t°: июль +15°, февр. –2°, сол. 6–7‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Cardium*; **3б** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами выровненные абразивно-аккумулятивные берега, t°: июль +15°, февр. –2°, сол. 5–6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mya arenaria*, *Cardium*, *Orchestia*, *Gammarus lacustris*, макрофиты; **3в** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выровненные аккумулятивные берега, t°: июль +15°, февр. –2°.

сол. 6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mya arenaria*, *Cardium*, *Gammarus lacustris*, *Praunus inermis*, *P. flesuosus*, макрофиты; **3г** гл. 20–40 м, грунт глинисто-алевритовые илы и алевриты, t° июль +16°, февр. –1°, сообщ.: *Mesidotea entomon*, *Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*, *Halicryptus spinulosus*, *Mysis mixta*, *Macoma baltica*; **3д** гл. 40–60 м, грунт алеврито-глинистые илы, t° июль +16°, февр. –1°, сообщ.: *Mesidotea entomon*, *Monoporeia affinis*, *Pontoporeia femorata*, *Mysis mixta*, *Monoporeia oculata*; **3е** гл. 20 м, грунт песок, t° июль +16°, февр. –1°, сообщ.: *Macoma baltica*, *Mesidotea entomon*; **3ж** гл. 20 м, грунт гравий и галька, t° июль +16°, февр. –1°, сол., сообщ.: *Macoma baltica*, *Pontoporeia femorata*, *Diastylis rathkei*, ракообразные, макрофиты. **4. Центральная впадина (подобласть):** **4а** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэральными и тектоническими процессами мало измененные морем, первично расчлененные тектонического расчленения (далматинские, сбросовые, бухтовые), t° июль +16°, февр. 0°, сол. 6–7‰, сообщ.: *Priapulus*, *Harveyella*; **4б** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выравнивающие абразионно-бухтовые берега, сол. 6–7‰ сообщ.: *Gammarus*, *Fucus serratus*, *Harveyella*; **4в** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами выравнивающие абразионно-аккумулятивные берега, грунт гравийно-галечный, t° июль +16°, февр. 0°, сол. 7–8‰, сообщ.: *M. baltica*, *Talitrus saltator*; **4ж** гл. ≥ 180 м, грунт – илы, заражение H₂S, сол. 10‰ сообщ.: *Scoloplos armiger*; **4з** гл. 50–180 м, грунт илистый, сол. 8–9‰ сообщ.: *Scoloplos armiger*, *Pontoporeia femorata*, *Terebellides stroemi*, *Mesidotea entomon*, *Polychaeta*, *Crustacea*, *Priapulus*; **4и** гл. 20–50 м, сол. 7–8‰ сообщ.: *Macoma baltica*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Cardium*, *Priapulus*, *Talorchestia deshayesi*, *Orchestia*; **4к** гл. 50–100 м, сол. 7‰ сообщ.: *Pontoporeia femorata*, *Mesidotea entomon*, *Nereis diversicolor*, *Terebellides stroemi*, *Harmothoe sarsi*, *Halicryptus spinulosus*, *Idotea granulosa*, *Id. viridis*; **4л** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало измененные морем, первично расчлененные экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), t° июль +13°, февр. 0°, сол. 6–7‰, сообщ.: *M. baltica*, *Pontoporeia femorata*, *Mesidotea entomon*, *Chironomidae*, *Mya arenaria*; **4м** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами выравнивающие абразионно-аккумулятивные берега, t° июль +13°, февр. 0°, сол. 6–7‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Pontoporeia femorata*, *Mesidotea entomon*, *Chironomidae*, *Heterotanais*, *Orchestia*, *Gammarus*; **4н** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало измененные морем, первично расчлененные экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные), грунт песок, t° июль +14°, февр. 0°, сол. 6–7‰, сообщ.: *M. baltica*, *Pontoporeia femorata*, *Mesidotea entomon*, *Chironomidae*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Cardium*, *Laomedea*, *Sphaeroma*, *Alyconidolus*, *Bowerbankia*; **4о** гл. 20–50 м, грунт – глинисто-алевритовые илы и алевриты, t° июль +15°, февр. +1°, сол. 6‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Pontoporeia femorata*, *Mesidotea entomon*; **4п** гл. 50–100 м, грунт алеврито-глинистые илы, t° июль +16°, февр. +2°, сол. 7–10‰, сообщ.: *Macoma calcarea*; **4р** гл. 20–50 м, грунт пески, t° июль +16°, февр. +1°, сол. 7–8‰, сообщ.: *M. baltica*; **4с** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выровненные аккумулятивные берега, грунт – песок, t° июль +15°, февр. 0°, сол. 6–7‰, сообщ.: *M. baltica*; **4д** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выровненные абразионно-аккумулятивные берега, t° июль +15°, февр. 0°, грунт – песок, сол. 6–7‰, сообщ.: *M. baltica*, *Spirorbis*, *Leander*, *Cyathura*, *Sphaeroma*, *Heterotanais*; **5 Борнхольмская впадина (подобласть):** **5а** гл. 20–50 м, грунт – песок, глина, t° июль +16°, февр. +3°, сол. 8–9‰, сообщ.: *Astarte borealis*, *Mytilus edulis*, *Mesidotea entomon*, *Pontoporeia femorata*, *Diastylis*; **5б** гл. 50–100 м, грунт – ил, t° июль +16°, февр. +2°, сол. 10–15‰, сообщ.: *Scoloplos armiger*, *Diastylis*, *Nemertini*, *Harmothoe sarsi*, *Halicryptus*, *Astarte borealis*; **5в** гл. 20–50 м, грунт – глина, песок, t° июль +16°, февр. +2°, сол. 7–9‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Monoporeia*, *Pontoporeia femorata*, *Mesidotea entomon*, *Terebellides*, *Harmothoe*, *Pygospia*, *Diastylis*, *Halicryptus*; **5г** гл. 0–20 м, берега, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выровненные абразионно-аккумулятивные, грунт – камни, песок, t° июль +16°, февр. +1°, сол. 7‰, сообщ.: *Terebellides*, *Macoma baltica*, *Mesidotea entomon*, *Nereis*, *Corohium*, *Cardium*, *Pygospia*, *Oligocheate*; **5д** гл. 0–20 м, берега, сформированные субаэробными и тектоническими процессами и мало измененные морем, первично расчлененные экзарационного и ледниково-аккумулятивного расчленения (шхерные) берега, t° июль +16°, февр. +1°, грунт – скалы, сол. 8–9‰, сообщ.: *M. baltica*, *Priapulus*, *Cyathura*; **5е** гл. 0–20 м, берега, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выравнивающие абразионно-аккумулятивные, грунт – песок, t° июль +16°, февр. +1°, сол. 10‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Talitrus saltator*; **5ж** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выровненные абразионно-аккумулятивные берега, грунт – гравий, галька, t° июль +16°, февр. +2°, сол. 8–9‰, сообщ.: *M. baltica*, *Astarte borealis*; **5и** гл. 20–50 м, t° июль +16°, февр. +2°, сол.: 9–10‰, сообщ.: *M. baltica*, *Scoloplos armiger*, *Halicryptus spinulosus*, *Priapulus caudatus*, *Pontoporeia femorata*, *Diastylis*; **5к** гл. 50–130 м, t° июль +16°, февр. +2°, сол.: 8–10‰, сообщ.: *M. baltica*, *Astarte borealis*, *Pontoporeia femorata*, *Diastylis rathkei*, *Harmothoe sarsi*, *Scoloplos armiger*, *Arctidea suecica*, *Terebellides stroemi*, *Priapulus caudatus*, *Halicryptus spinulosus*; **5л** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выравнивающие абразионно-аккумулятивные берега, грунт – песок, t° июль +16°, февр. +1°, сол. 7–9‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Cardium edule*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Macoma calcarea*, *Astarte borealis*, *Syndesmia alba*, *Nephtys ciliata*, *Scoloplos armiger*, *Nereis diversicolor*, *Pygospio elegans*, *Terebellides stroemi*, *Harmothoe sarsi*, *Halicryptus spinulosus*, *Diastylis rathkei*, *Pontoporeia femorata*, *Bathyporeia pilosa*, *Mesidotea entomon*; **5м** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами выравнивающие абразионно-аккумулятивные берега, t° июль +16°, февр. +1°, грунт гравийно-галечный, сол. 12‰, сообщ.: *Macoma baltica*, *Crenomytilus*; **6. Датский Бельт (подобласть):** **6а** гл. 0–20 м, формирующиеся преимущественно волновыми процессами, выравнивающие абразионно-аккумулятивные берега: t° июль +16°, февр. +1°, сол. 8–9‰, сообщ.: *Cyprina islandica*, *Astarte borealis*, *Nephtys ciliata*, *N. caeca*, *Terebellides stroemi*, *Pectinaria koreni*, *Scoloplos armiger*, *Rhodine loveni*; *Macoma calcarea*, *M. baltica*, *Syndesmia alba*, *Modiolaria nigra*, *Diastylis rathkei*, *Pontoporeia femorata*; *Ophiura albida*, *Asterias*, *Balanus*; **6б** гл. 0–20 м, сол. 12‰, сообщ.: *Syndesmia alba*, *Abra alba*, *Macoma baltica* [1–5; 7; 8; 11; 14–17].

осадочного чехла почти полностью отсутствуют. Средняя глубина составляет 20–50 м, максимальная – 295 м. Современные ДПК северной части Балтийского моря формируются под воздействием постоянного тектонического поднятия Балтийского щита, господствующих течений, поступления и распределения пресных вод с речным стоком, и, в значительной степени, определяются рельефом дна самого моря. Существенное влияние на формирование ДПК оказывает ледовый режим и распространение плавающих льдов. Рельеф сильно расчлененный, берега имеют шхерный и отчасти фьордовый характер.

Средняя часть морского дна также сложена породами Балтийского щита, перекрытыми чет-

вертичными отложениями высокой мощности. Для нее характерны максимальные глубины, приуроченные к впадинам тектонического происхождения, самая глубокая из которых – Ландсортская впадина – смещена к западному берегу. Рельеф впадин центральной части Балтийского моря представляет собой выровненную поверхность, так как седиментационный процесс на ранних этапах формирования морского дна представлял собой постепенное заполнение впадин и неотложение рыхлых осадков на возвышенностях. Средняя глубина составляет 100 м, наибольшая – 470 м.

Южная часть морского дна сложена породами северо-западной оконечности Русской плиты

Восточно-Европейской равнины. Дно в южной части моря равнинное, наиболее глубоководная часть Южнобалтийской котловины – 104 м, расположена севернее о-ва Борнхольм [3, 7].

Северную, Среднюю и Южную части Балтийского моря можно отнести к физико-географическим областям, так как, согласно И.С. Шукину [12] физико-географическая область – часть физико-географической страны, которая обособляется под влиянием новейших и современных движений земной коры, морских трансгрессий и регрессий, материковых оледенений, деятельности талых ледниковых вод и др. а зональных факторов. Физико-географическая область объединяет природные комплексы (ПК), близкие по возрасту и происхождению, хотя их территория может находиться в разных зонах и подзонах [12], а по отношению к акваториальным ПК, крупная, обособленная вследствие тектонических, в том числе трансгрессионно-регрессионных процессов, часть морского бассейна (рисунок).

Следующей единицей физико-географической районирования является подобласть. В условиях Балтийского моря подобласти строго ограничены пределами неритового пояса и имеют сложную геологическую историю, связанную с подъемом и опусканием уровня моря и движением ледников. Своеобразие подобластей определяется геолого-структурными элементами, продолжающимися с суши на морское дно [9, 10]. Обладая большим количеством островов и заливов и довольно пестрым рельефом дна, Балтийское море подразделяется на семь физико-географических подобластей: Ботнический залив, Финский залив, Рижский залив, Центральная впадина, Борнхольмская впадина, бухта Любекская и Датский Бельт. Западной границей собственно Балтийского моря служат южный пролив Эресунд и Дарсский гребень. Наиболее западная часть Балтийского моря – расположена западнее о-ва Борнхольм, а восточнее его – Борнхольмская подобласть с глубокой Борнхольмской впадиной. Далее на восток и на север располагается Центральная подобласть Балтийского моря, подразделенная о-вом Готландом на восточную и западную части (рисунок). Все они характеризуются особенностями геологического строения, мезоклимата, циркуляцией вод и как следствие, особенностями ландшафтной структуры.

Формирование **подводного ландшафта** мелководной зоны моря происходит не только под влиянием морской среды, но и берега, и даже части материка, к которому он примыкает. Действительно, своеобразие их в прибрежной зоне

моря обусловлено их положением на стыке основных природных сфер Земли. Это арена взаимодействия процессов, протекающих на суше, в атмосфере, в толще морских вод и на дне, поэтому ландшафты мелководной зоны моря имеют экотонную структуру, так как сформированы на границах суша-море, пресные воды – морские воды, вода-дно, вода-атмосфера, суша-атмосфера. Подводный ландшафт занимает генетически обособленную часть дна, характеризующуюся одинаковым геологическим строением, одним типом рельефа, относительно однородными гидрологическими условиями и донными грунтами, своеобразием состава населяющих его донных биоценозов. Каждый подводный ландшафт представляет собой сочетание свойственных только ему динамически сопряженных и закономерно повторяющихся в пространстве донных природных комплексов более низких иерархических уровней [11]. Краткое описание подводных ландшафтов Балтийского моря представлено в легенде к рисунку.

Динамика подводных ландшафтов в результате загрязнения вод. В прошедшем столетии в результате хозяйственной деятельности объемы фосфора в бассейне Балтийского моря возросли в восемь раз, а азота в четыре раза. Данное воздействие на подводные ландшафты Балтийского моря привело к тому, что выросла биомасса водорослей, которые, опускаясь на дно моря в больших количествах и разлагаясь там, приводят к сокращению кислорода, а затем в результате деятельности анаэробных бактерий начинает выделяться сероводород, который убивает все живое на дне. При цветении синезеленые водоросли, появляющиеся в открытом море в конце летнего сезона, связывают растворившийся молекулярный азот. Около половины азота, поступает в море из атмосферы, где он в свою очередь образуется вследствие сжигания ископаемого топлива, а также от аммиака, испаряемого сельскохозяйственными предприятиями, интенсивного транспорта и скотоводства, развитые в Центральной Европе. Циркуляция воздушных масс способствует тому, что наибольшее количество азотных осадков выпадает над акваторией Балтийского моря.

За прошедшие 75 лет увеличение площади постоянного загрязнения дна Балтийского моря в районе Борнхольмской впадины увеличилось в 2 раза, а в районе о-ва Эйланд – в 4 раза (рисунок). Кроме того, постоянно увеличивается площадь сезонного загрязнения прибрежных и поверхностных вод, что приводит, помимо деградации подводных ландшафтов, к уменьшению рекреационных возможностей Балтийского моря.

В результате “цветения” вод, вызванного усилением процесса эвтрофикации, происходит массовое развитие синезеленых водорослей, некоторые виды которых выделяют ядовитые вещества, что приводит к деградации экосистемы Балтийского моря; токсичны они и для людей [13]. Поэтому запрет на купание стал печальной реальностью на многих пляжах Швеции, Дании, Финляндии, а в 2008 г. и в Эстонии. В середине июля из-за водорослей для купания были закрыты морские побережья в Таллине, а также в гг. Тойла и Нарва-Йыэсуу на с-в Эстонии [18].

Прогноз изменений подводных ландшафтов Балтийского моря в результате строительства газопровода “Северный поток”. В геологическом отношении дно в зоне планируемого прохождения газопровода “Северный Поток” характеризуется типичным платформенным строением с преобладанием аккумулятивного типа рельефа. Наиболее представительной частью разреза рассматриваемой площади морского дна являются рыхлые грунты – песчаные отложения (прибрежные части) и илы (центральная часть морского участка). Литодинамическая система прибрежной зоны находится в относительно устойчивом состоянии [6]. На значительном протяжении трассы газопровода подводные ландшафты отличаются низким биологическим разнообразием, в частности, вдоль проектируемой трассы имеются участки с полным отсутствием бентоса. Поэтому с экологической точки зрения обоснованно размещение газопровода на поверхности дна и подсыпка свободных пролетов крупнообломочным материалом, что создаст уникальные местообитания по сравнению с окружающими водами и мягкими грунтами, на которых они размещаются. Данные конструкции представляют собой острова с типично рифовыми подводными ландшафтами, которые увеличивают продуктивность акватории, обеспечивая среду обитания для видов, которые встречаются только на жестких грунтах, и некоторые из этих видов имеют прямую коммерческую ценность. Сообщества обрастателей твердых грунтов имеют общую основную структуру, так как все они состоят преимущественно из организмов, имеющих раковины, которые, создавая мозаичное сплошное покровное поселение, тем самым обеспечивают дополнительную среду обитания для “прячущихся” видов, ведущих скрытый образ жизни. В приповерхностных водах в массе развиваются водоросли. Ценность таких сообществ состоит в том, что

– Водоросли в процессе жизнедеятельности выделяют многие вещества, служащие источником жизни для многих представителей фауны,

концентрируют тяжелые металлы, улучшая качество вод;

– Фауна обрастателей (моллюски, ракообразные и т.д.) является фильтраторами, а их сообщества природными биофильтрами, интенсивно очищая воду от вредных примесей;

– Флора и фауна сообществ обрастателей являются пищей для рыб. Искусственные сооружения с твердыми покрытиями привлекают многие виды рыб, включая и не имеющих от них трофической зависимости;

– Искусственные сооружения с твердыми покрытиями выполняют роль “островов” суть которых состоит в экспансии сообществ, изолированных друг от друга географическими барьерами. Планктонные личинки многих видов пребывают в толще воды ограниченное время, после чего они должны осесть на твердый субстрат и вести прикрепленный образ жизни. Искусственные рифы действуют как перевалочные базы, служа убежищами для таких организмов, которые, не будь искусственных подводных сооружений, не смогли бы выжить. Своевременное обнаружение соответствующей среды обитания является для этих организмов необходимым условием жизни.

На местоположение и видовой состав сообществ-обрастателей и привлекаемых ими рыб несомненно влияет множество взаимосвязанных экологических факторов, включая: (1) удаленность конструкций от берега; (2) глубину; (3) географическую широту; (4) возраст; (5) течения, формирующие мутьевые потоки; (6) сезонные экстремумы температуры, солености и растворенного кислорода; (7) первичную продукцию водных масс, поэтому изучение процесса обрастания конструкций газопровода представляет собой огромный научный интерес.

Поскольку первые поселенцы являются случайными и потому, что они могут монополизировать место, представляется беспрецедентная возможность для того, чтобы изучить этот процесс подводных ландшафтов Балтийского моря (в северных широтах), как это уже было исследовано в США в южных широтах на платформах добычи углеводородного сырья в Мексиканском заливе. В связи с вышеизложенным, при реализации проекта следует запланировать гидроэкологические исследования мониторингового характера, чтобы определить и оптимизировать использование биологических ресурсов проектируемого “газоопроводного рифа”, рассматривая и возможности рыбной ловли и экономические факторы. В проект мониторинга также следует включать исследование состава, биологического разнообра-

разия и репродуктивности сообществ-обрастателей и сообществ рыб, находящихся на разных стадиях развития. Большой научный интерес вызовут исследования, связанные с использованием “газопроводных рифов” в применении к теории “островов”.

Так как проект газопровода Норд-Стрим подвергается критике со стороны рыбопромышленников, следует иметь в виду следующие факты. Сильный вред на морские подводные ландшафты оказывает не прокладка трубопровода, а рыболовецкие суда в процессе донного траления. Царапая по дну тралами, они не только вызывают сильное взмучивание рыхлых осадков, что влечет гибель бентоса вследствие засорения у них дыхательных аппаратов, но и полностью истребляют как молодь, так и взрослых особей бентоса, являющаяся тем самым кормовую базу ценных промысловых видов рыб. Такой хищнический лов давно пора запретить не только в районе прокладки трубопровода, но и в Финском заливе в целом.

Выводы. Разработана классификация на основании которой проведено районирование и картографирование ДПК Балтийского моря. Рекомендована следующая физико-географическая классификация ДПК: физико-географическая страна – область – подобласть – ландшафт. На основании разработанной классификации составлена картосхема ДПК всего исследуемого региона. С использованием ГИС технологий выделено три физико-географические области, в пределах их – 6 подобластей и 72 подводных ландшафта.

Анализ картографического материала позволил выявить, что за последние 35 лет площадь постоянного сероводородного пятна в районе Бормхольской впадины увеличилась в 2 раза, в Центральном районе (у острова Эйланд) – в 4 раза; площадь временного распространения сероводородного пятна в зависимости от погодных условий увеличивается от 10 до 15 раз.

На основании анализа современной антропогенной обстановки рассмотрена динамика изменения донных природных ландшафтов, через которые проложена трасса морского газопровода “Северный Поток”. Показано, что трасса газопровода проходит по...18 подводным ландшафтам, характеризующиеся низкой биопродуктивностью с мягкими грунтами, пораженными на большом протяжении трассы сероводородом. Основное воздействие намечаемой деятельности на окружающую среду, носящее локальный и кратковременный характер, будет связано с этапом строительства, тогда как на этапе эксплуатации газопровода при условии всех намеченных при-

родоохранных мер и должным образом организованном мониторинге, вредное воздействие будет минимизировано. После окончания строительства с большой степенью вероятности следует ожидать увеличение биоразнообразия и продуктивности подводных ландшафтов Балтийского моря за счет распространения обитателей жестких грунтов, которые получают возможность поселиться на бетонных, металлических и гравийно-галечных конструкциях газопровода по всей его трассе.

При реализации проекта следует запланировать гидроэкологические исследования мониторингового характера, чтобы определить и оптимизировать использование биологических ресурсов проектируемого “газопроводного рифа”, рассматривая и возможности рыбной ловли и экономические факторы. В проект мониторинга следует включать исследование состава, сукцессионных стадий, биоразнообразия и репродуктивности сообществ-обрастателей и сообществ рыб, находящихся на разных стадиях развития, а также исследования, связанные с использованием “газопроводных рифов” в применении к теории “островов”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березина Н.А. Гидробиология М.: Советская Наука, 1953.
2. Биологический энциклопедический словарь. М.: Научное изд-во Большая Российская Энциклопедия, 1995.
3. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Балтийское море Т. III. Вып. 2, СПб.: Гидрометеоздат, 1994.
4. Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М.: АН СССР, 1963.
5. Зернов С.А. Общая гидробиология М.: АН СССР, 1949.
6. Калейс М.В. Кислородный режим Балтийского моря// Очерки по биологической продуктивности Балтийского моря. Т.1. М.: 1984. С. 68–81.
7. Каплин П.А. Берега М.: Изд-во Мысль, 1991.
8. Мякишева Н.В., Шнаер И.С. Режим солености верхнего слоя Балтийского моря и влияние на него речного стока. Вестник ЛГУ. Сер. 7. 1991. №10.
9. Петров К.М. Подводные ландшафты. Теория методы исследования. Ленинград: Наука, 1989.
10. Петров К.М. Подводные ландшафты. Теория методы исследования. Ленинград: Наука, 1976.
11. Суставов Ю.В. Формирование изменчивости гидрофизических процессов в морях с различным характером водообмена с океаном. Режимообразую-

- щие факторы, информационная база и методы её анализа. Л., 1989. С. 266–288.
12. Четырёхязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / Под ред. И.С. Щукина М.: Сов. Энциклопедия, 1980. 704 с.
 13. Эльтинер Л.И., Чупис А.В., Панасовский Ю.В. Социально-экологические вопросы использования водных ресурсов. М.: Наука, 1992.
 14. Mollmann И.С., Diekmann R., Muller-Karulis D., *et. al.* Reorganization of a large marine ecosystem due to atmospheric and anthropogenic pressure: a discontinuous regime shift in the Central Baltic Sea Global Change Biology. 2008, № 3.
 15. http://esimo.oceanography.ru/esp1/index.php?sea_code=1§ion=2.
 16. <http://www.3planet.ru/geo/encyclopedia/index-255.htm>.
 17. <http://www.nord-stream.com/ru/the-pipeline/pipeline-route/route-details.html>.
 18. http://www.infox.ru/science/planet/2009/05/15/Kak_izmenilos_Balti.phtml.

Structure of Undercurrent Landscapes of the Baltic Sea and their Dynamic under Realization of “North Stream” Project

N.N. Mitina, M.A. Kharina

Institute of Water Problems, RAS

Classification was developed and a scheme of bottom natural complexes of the Baltic Sea with a scale 1:250 000 with ranging from physic-geographical country to the landscape was compiled. Within the limits of the Baltic Sea, being the physic-geographical country three undercurrent physic-geographical regions, 6 subregions, 72 landscapes are distinguished. Dynamic of undercurrent landscapes for the recent 75 years, across which the gas pipeline “North Stream” will be constructed is examined and forecast of their transformation after the completion of gas pipelined construction are given.