



---

**Европейская экономическая комиссия****Комитет по внутреннему транспорту****Рабочая группа по тенденциям  
и экономике транспорта****Группа экспертов по последствиям изменения климата  
для международных транспортных сетей  
и узлов и адаптации к ним****Восемнадцатая сессия**

Женева, 6 и 7 июня 2019 года

Пункт 2 предварительной повестки дня

**Изменение климата и транспортные сети и узлы:  
представление инициатив, предпринимаемых  
на национальном и международном уровнях****Влияние изменения климата на управление водными  
ресурсами Кильского канала\*****Представлено правительством Германии****I. Введение**

1. В настоящем документе представлено тематическое исследование по вопросу о влиянии изменения климата на управление водными ресурсами Кильского канала. В ходе шестнадцатой сессии Группа экспертов просила представить данное тематическое исследование в качестве официального документа на одной из последующих сессий.

2. Кильский канал (или Северо-Балтийский канал (СБК)) является самым загруженным рукотворным водным путем, предназначенным для прохода морских судов. По данному водному пути ежегодно перевозится приблизительно 100 млн тонн грузов. Канал обеспечивает прямой выход из расположенных на Северном море портов к Балтийскому морю. Через СБК также осуществляется сток водосборного бассейна Шлезвиг-Гольштейна, площадь которого составляет около 1 500 кв. км. Одной из важных задач, стоящих перед Сетью экспертов Федерального министерства

---

\* Нильс Х. Шаде (Федеральное морское и гидрографическое агентство, Гамбург), А.Д. Эбнер фон Эшенбах (Немецкий федеральный институт гидрологии, Кобленц), А. Ганске (Федеральное морское и гидрографическое агентство, Гамбург), Й. Мёллер (Федеральное морское и гидрографическое агентство, Гамбург), Ф. Неэман (Генеральное управление водных путей и судоходства, Киль).



транспорта и цифровой инфраструктуры (ФМТИ), является анализ сброса воды из Кильского канала при разных сценариях изменения климата.

3. Для обеспечения сбалансированности интересов судоходства с учетом необходимости в проходе судов и гидрологических и метеорологических условий необходимо контролировать сброс воды из СБК, с тем чтобы ее уровень не поднимался выше максимального и не опускался ниже минимального уровней. Подъем уровня моря (ПУМ) на 20 см за последние 100 лет уже привел к заметному сокращению периодов времени, когда может быть осуществлен сброс воды. Изменение климата, которое принимает угрожающие масштабы, приведет к дальнейшему ПУМ и вызовет изменения внутриматерикового гидрологического режима. Поскольку уровень воды в приливно-отливной зоне реки Эльбы и Балтийского моря, как можно ожидать, также будет повышаться и впредь, возникает вопрос, каким образом в будущем изменится частотность наступления событий, затрудняющих сброс воды, и насколько сильно это скажется на СБК и его водосборном бассейне.

## II. Методы

4. Было использовано два разных подхода. По запросу Федерального агентства водных путей и судоходства (ФАВПС) Федеральный институт гидрологии (ФИГ) разработал модель водного баланса, позволяющую моделировать сток в СБК из его водосборного бассейна, и модель баланса канала, позволяющую моделировать уровень воды в СБК и работу его водосбросных сооружений.

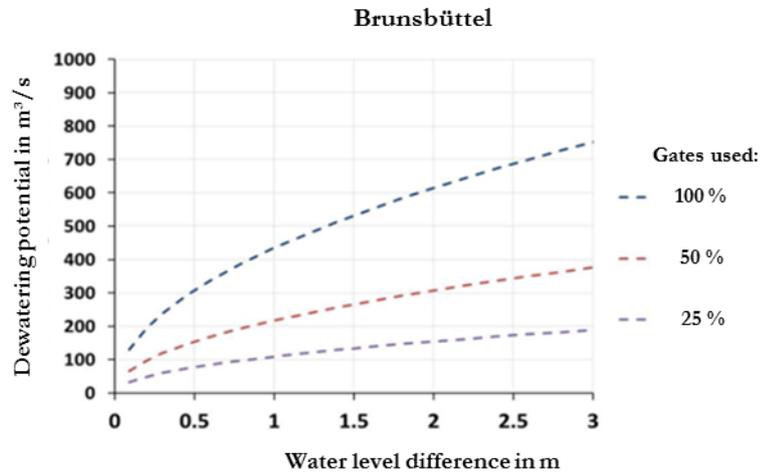
5. Кроме того, Федеральное морское и гидрографическое агентство провело, на основе исключительно океанографических и атмосферных параметров, соответствующий анализ предельных эксплуатационных состояний СБК без применения дополнительного моделирования. Таким образом, можно провести сопоставление двух подходов – с использованием «модельной системы» и с использованием «индикаторов/прогностических параметров». Метод, основанный на использовании «индикаторов/прогностических параметров», уже применялся к результатам, полученным с помощью климатической модели для океанов, разработанной Институтом Макса Планка (MPI-OM) (Mathis et al., 2017), в том числе для изучения возможных в будущем изменений, связанных с затяжными осадками и высоким уровнем воды в открытом море.

## III. Результаты

6. Пропускная способность водосбросных сооружений рассчитывалась на основе разницы уровней воды в СБК и в Эльбе с использованием индекса корреляции (см. диаграмму I). Сброс воды из СБК в Эльбу возможен только во время малой воды, когда ее уровень в Эльбе ниже, чем в СБК. Сброс 90% воды из водосборного бассейна СБК осуществляется в юго-западной части Эльбы (Брунсбюттель). Это обусловлено тем, что здесь благодаря разнице между уровнями воды в СБК и в Эльбе сброс воды оказывается более эффективным, чем в районе Киль-Гольтенау в северо-восточной части канала, где он впадает в Балтийское море, для которого характерно отсутствие приливно-отливных колебаний. Поэтому в данном случае рассматривается только пропускная способность водосбросных сооружений в районе Брунсбюттеля.

Диаграмма I

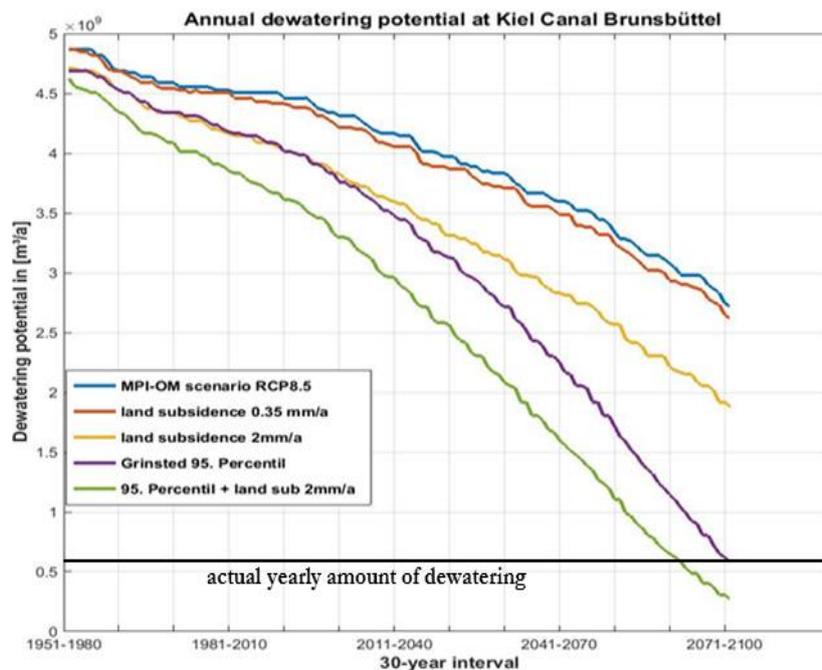
**Зависимость разницы между уровнями воды (в Эльбе и в СБК) от пропускной способности водосбросных сооружений в районе Брунсбюттеля (Ebner von Eschenbach, 2017) при трех возможных режимах работы шлюзовых затворов**



7. Климатическая модель MPI-OM позволяет получать почасовые значения уровня воды в Эльбе как в прошлом (с помощью метода обратного прогноза), так и в будущем (в данном случае при реализации сценария «обычного ведения дел», РТК8.5). Потенциал годовой пропускной способности водосбросных сооружений рассчитывается на основе ее связи с почасовой разницей между уровнями воды. Полученные результаты представлены на диаграмме II. Решающее влияние на пропускную способность водосбросных сооружений СБК оказывает ПУМ: даже прогнозируемое ПУМ на 55 см снизит ее примерно на 40% (см. диаграмму II, где синяя линия соответствует ПУМ на 55 см до 2100 года). В будущем опускание земной коры на юго-западе Шлезвиг-Гольштейна (желтая и оранжевая линии) и увеличение количества и интенсивности осадков еще больше снизят пропускную способность водосбросных сооружений.

Диаграмма II

**Изменение пропускной способности водосбросных сооружений СБК при реализации сценария изменения климата РТК8.5 с учетом/без учета опускания земной коры и оценки дополнительного таяния полярных льдов. Черной линией отмечено текущее значение необходимой годовой пропускной способности водосбросных сооружений (600 млн куб. м/год).**



8. Чрезвычайно высокие значения нижней точки отлива ограничивают, а то и вовсе исключают возможность сброса воды. Хотя отсутствие возможности сброса воды не вызывает затруднений в течение одного прилива, тем не менее оно создает серьезнейшую проблему в случае следующих одна за другой двух (или более) низших точек отлива, значение которых оказывается выше уровня воды в СБК (и превышает уровень ординара по меньшей мере на 480 см). В таблице 1 представлено количество событий за 30-летние периоды, связанных с невозможностью сброса воды, которые характеризуются различным числом (от 1 до 6) следующих друг за другом низших точек отлива с превышением критического уровня воды (480 см). Она позволяет увидеть хорошо заметное и статистически значимое (с вероятностью 99%) быстрое увеличение в будущем количества следующих друг за другом низших точек отлива. На сегодняшний день каждый год в среднем наблюдается от 10 до 12 случаев, когда уровень воды во время нижней точки отлива превышает соответствующий уровень воды в СБК, однако в будущем в связи с повышением уровня моря такие события будут происходить гораздо чаще.

Таблица 1

**Количество случаев за 30-летние периоды, в течение которых уровень воды во время нижней точки отлива (НТО) в районе Брунсбюттеля превышает расчетный уровень воды в Кильском канале и число следующих друг за другом низших точек отлива составляет от одной до шести.**

Число НТО	1951–1980	1981–2010	2011–2040	2041–2070	2071–2100
N=1	347	516	564	965	1 752
N=2	89	136	185	329	702
N=3	31	54	73	165	377
N=4	8	17	24	63	167

Число НТО	1951–1980	1981–2010	2011–2040	2041–2070	2071–2100
N=5	2	4	11	33	90
N=6	1	0	3	15	45

#### IV. Практические выводы

9. С помощью описанной выше системы моделирования были определены предельные эксплуатационные состояния для управления водными ресурсами СБК и получены данные о возможных изменениях частотности их наблюдения. Данный анализ представляет собой существенный вклад в федеральную стратегию адаптации к изменению климата. Обусловленная им задача получила освещение в докладе правительства Германии «Меры адаптации к глобальному изменению климата» (“Fortschrittbericht Deutsche Anpassung an den Klimawandel, APA II, 2015”), посвященном изменению климата и обеспечению устойчивости транспортной инфраструктуры СБК. ФАВПС, выступающее в роли оператора СБК, рассматривает описанные выше исследования с использованием моделирования в качестве важной основы для принятия решений, которые позволили бы противодействовать ограничению возможностей сброса воды из СБК, обусловленное ПУМ и изменением режима осадков. В этой связи будут рассматриваться два варианта: А – адаптированное управление водными ресурсами и В – строительство новых шлюзов.

10. На основе результатов описанных выше исследований ФАВПС рассматривает возможность применения перспективных подходов, предполагающих, например, реализацию долгосрочных мероприятий, таких как создание зон затопления или строительство новой насосной станции Кильского канала.

11. В связи с появлением новых данных об ускорении ПУМ планируется проведение работ по замене шлюзов, что позволит обеспечить бесперебойное судоходство по СБК. Вместо ПУМ на 0,50 м, которое ранее использовалось в «Генеральном плане по защите прибрежных районов» (“Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig Holstein - Fortschreibung 2012”), ФАВПС будет принимать во внимание прогнозируемое ПУМ примерно на 1,74 м (см. Grinsted et al., 2015). При этом шлюз в районе Киль-Гольтенау будет спроектирован таким образом, чтобы его можно было адаптировать к фактическому ПУМ, что в свою очередь позволит оптимизировать затраты ресурсов согласно потребностям. Так, в соответствии с процессом оптимизации были изменены планы, касающиеся строительства шлюзовых затворов.

#### V. Перспективы

12. В долгосрочной перспективе ставится цель изучения с помощью соответствующего набора климатических моделей совокупного влияния интенсивных и/или затяжных осадков и высокого уровня воды в открытом море. Кроме того, данный метод будет применяться для изучения возможных в будущем изменений, касающихся сброса воды из других водосборных бассейнов рек, расположенных в прибрежных районах, в случае которых никаких моделей не существует.

#### VI. Справочная литература

Bundesregierung, Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, Stand: 16.11.2015. [www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimawandel\\_das\\_fortschrittsbericht\\_bf.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf)

Ebner von Eschenbach, A.-D. (2017): Simulation der Wasserbewirtschaftung des Nord-Ostsee-Kanals – Herausforderungen und Lösungsansätze. BfG-Veranstaltung. Kolloquiumsbeitrag «Modellierung aktueller Fragestellungen zur

Wassermengenbewirtschaftung an Bundeswasserstraßen» am 13./14. September 2016 in Koblenz.

Grinsted, A., Jevrejeva, S., Riva, R.E.M., and D. Dahl-Jensen (2015): Sea level rise projections for northern Europe under RCP8.5, *Climate Research*, 64, 15–23. doi.org/10.3354/cr01309

Mathis, M., Elizalde, A., and U. Mikolajewicz (2018): Which complexity of regional climate system models is essential for downscaling anthropogenic climate change in the Northwest European Shelf?, *Climate Dynamics*, 50(7-8), 2637-2659. doi.org/10.1007/s00382-017-3761-3

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein - Fortschreibung 2012. [www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/kuestenschutz/Downloads/Generalplan.html](http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/K/kuestenschutz/Downloads/Generalplan.html)

---