

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
Институт биологии южных морей
им. А.О.Ковалевского

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
САМООЧИЩЕНИЯ МОРЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Материалы научной конференции

Севастополь, 26-29 сентября 1968 г.

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 35269

Издательство "Наукова думка"
Киев - 1970

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГЛУБОКОВОДНОГО И СВЕРХДАЛЬНОГО СБОРСА СТОЧНЫХ ВОД В МОРЕ

В.И.Зац

Институт биологии южных морей им.А.О.Ковалевского АН УССР

Глубоководный и сверхдальный выпуск сточных вод в море — один из актуальных вопросов проблемы рационального удаления отходов в море. Он возник как средство для предотвращения или ослабления эффекта прогрессирующего увеличения загрязненности прибрежной зоны. Глубоководный сброс — не универсальное средство и не панацея от всех бед, связанных с загрязнением моря, не везде и не всегда он может быть использован. Это лишь один из методов рационального удаления сточных вод в море. Вопрос об удалении сточных вод в море не является трафаретным, и для каждого конкретного случая он требует специального и тщательного изучения. Поэтому наряду с такими распространенными методами, как утилизация или полная очистка сточных вод, исследователи ищут и другие пути. Одним из них является глубоководный сброс неочищенных сточных вод. Этот вопрос стал объектом изучения и применения в последние 10–15 лет.

Следует подчеркнуть, что в санитарно-гигиенической литературы существующие выпуски неочищенных сточных вод на мелководье /на глубинах 5–10 метров и на расстоянии порядка десятков или сотен метров от берега/ часто ошибочно именуются г л у б о к о в о д н ы м и . Такие мелководные выпуски в море всегда являлись неэффективными и служили причиной за-

загрязнения прибрежной зоны. Ничего общего с глубоководными выпусками они не имеют. Надо сразу же подчеркнуть, что существующие у нас выпуски сточных вод в Черном, Каспийском, Балтийском морях являются береговыми или мелководными. У нас на сегодняшний день нет глубоководных выпусков сточных вод. Наибольшая глубина выпусков в море сейчас не превышает 10-12 м. Проектирующиеся выпуски для Туапсе и Новороссийска на глубинах 17-20 м тоже мелководны. Глубоководный и сверхдальний выпуск вод - это сброс на расстояния порядка 10-30 км /и дальше/ от берега при глубинах расположения оголовка выпуска порядка 100-300 м /и глубже/. Главная черта такого сброса - возможность максимального использования природных океанографических факторов /плотностная стратификация толщ вод, система течений, процессы турбулентной диффузии и обмена, уклоны дна, гидрохимический и биологический режим водоема /и инженерно-технических устройств /система диффузоров, эжектирующие насадки и др. для регулирования начального разбавления сточных вод/ для достижения максимального разбавления и наибольшего самоочищения морских вод от загрязнения.

В настоящее время техника прокладки подводных трубопроводов достигла такого прогресса, что на повестку дня ставится вопрос об удалении глубоководных выпусков от берега на десятки километров, по крайней мере на 20-50 км, и о заглублении выпусков на 300-500 м. Это может коренным образом улучшить проблему охраны наиболее используемой прибрежной зоны, но при строгом контроле и тщательном научном обосновании допустимости сброса.

Целесообразность глубоководного и сверхдальнего выпуска определяется рядом условий, из которых главными являются:

- 1/ достигается ли этим устранение загрязненности прибрежной зоны данного района /района интенсивного водопользования и водопотребления/ и поверхностного слоя /Зац, 1967/;
- 2/ отвечает ли он требованиям санитарной охраны и не подрывает ли условия воспроизводства биологических ресурсов;
- 3/ наличие благоприятных океанографических условий, допускающих глубоководный сброс;
- 4/ технико-экономическая целесообразность.

Глубоководный сброс наиболее рационально и полезно осуществлять там, где сбрасываются лишь хозяйственно-бытовые сточные воды /без включения токсических отходов химической, целлюлозной и других отраслей промышленности и радиоактивных примесей/, так как он позволяет ограничиться полной или частичной механической очисткой и обойтись без дорогостоящей биологической. В определенных условиях отдельные виды промышленных сточных вод неорганического характера могут быть удалены в море через глубоководные выпуски.

Такие выпуски также целесообразны для сброса сточных вод большого района или целой области /а не отдельного города/, например, сбор сточных вод целой группы курортных городов - Южного берега Крыма, Сочинской группы - в один пункт и удаление их через глубоководные выпуски на расстояния порядка 10-20 км от берега в глубинные слои моря /Зац, 1968/.

Такая система сброса сточных вод крупного административного района даст большой экономический эффект, поскольку не придется строить в каждом приморском городе или пункте свою очистную станцию. А главное - это устранил загрязненность прибрежной полосы крупнейших морских курортов.

Только на Крымском побережье Черного моря сейчас эксплуатируются около 80 морских выпусков, а в районе Южного Крыма - их около 30. Их количество при современной практике продолжает расти. Для того чтобы устранить такое "равномерное" загрязнение всей прибрежной зоны через многие мелкие выпуски, целесообразно вместо десятков выпусков построить один или несколько крупных глубоководных, способных использовать ряд благоприятных океанографических факторов.

Возможность устранения загрязненности прибрежной зоны и поверхностного слоя - одно из больших достоинств и преимуществ глубоководного и сверхдальнего выпуска. Если при сбросе сточных вод у уреза или на мелководье, вблизи берега, как это сейчас практикуется, загрязненные воды распространяются в основном, в тонком поверхностном слое узкой прибрежной зоны, то при глубоководном и сверхдальнем сбросе распространение сточных вод и процессы их смешения и разбавления протекают на больших расстояниях от берега в определенной толще вод /в промежуточном слое/, причем высота этой толщи может регулироваться человеком. Это может быть достигнуто в зависимости

от степени начального разбавления за счет системы диффузоров либо за счет изменения плотности вытекающего потока сточных вод при помощи системы эжектирующих насадок /Федоров, Лапшев, Цвилик, 1967/.

Глубоководный и сверхдальний сброс сточных вод - сложная проблема, которая требует изучения во многих аспектах. Наша задача - рассмотрение основных океанографических вопросов, определяющих целесообразность такого сброса. Что касается инженерно-технических аспектов этой проблемы и вопросов технико-экономической целесообразности, то в этом плане интересные работы выполнены во ВНИИСТЕ С.И.Левиным /1960, 1964/.

В мировой практике накоплен определенный опыт по глубоководному сбросу. Рассмотрим вкратце некоторые крупнейшие выпуски.

На Тихоокеанском побережье США построен ряд глубоководных выпусков сточных вод, которые удачно используют благоприятные океанографические факторы. В районе Лос-Анжелоса /залив Санта Моника/ построены самые крупные выпуски сточных вод длиной 5-7 миль от берега, оголовки которых располагаются на глубинах 65-96 м. Сброс осуществляется раздельно: по одному трубопроводу /длиной 5 миль и глубиной сброса 65 м/ сбрасывается только жидкая фаза сточных вод, по другому /длиной 7 миль и глубиной сброса 96 м/ - отстой /или/. Сточные воды собираются с большого промышленного района и через эти выпуски сбрасывается, по разным данным, около 2 млн. м³ /сутки. Выпуск для сброса жидкой фазы сточных вод оканчивается диффузорами для усиления начального разбавления /длина диффузора с 400 бортовыми отверстиями - 2400 м/. Оба выпуска полностью используют плотностную переслоенность толщи морских вод, которая существует у побережья Калифорнии /Narver, Graham, 1958/.

Н.Брукс /Brooks, 1962/, подводя итоги 5-летней эксплуатации этих выпусков, отмечает их большую эффективность. По наблюдениям, за эти годы сточные воды перемещались в погруженном /или затопленном/ виде и обычно не проникали в верхний слой моря толщиной порядка 15-30 м. Даже зимой, когда переслоенность ослабевает, облако сточных вод не прони-

кало на поверхность. Это позволило устранить загрязненность прибрежной зоны /рис.1/.

По данным Хьюма и Гарбера /Hume, Garber, 1966/, опыт 8-летней эксплуатации этих выпусков подтвердил, что поле сточных вод перемещается обычно на глубине 15 м и глубже. Строительство выпусков оправдало надежды и привело к наиболее радикальному улучшению санитарных условий побережья.

В районе Лос-Анжелоса имеется около 5 выпусков, которые были построены 30-40 лет назад, но в 50-х годах были модернизированы и удлинены в море до 2 - 4 км от берега с глубиной заложения оголовков 40-65 м /с системой диффузоров для лучшего начального разбавления/. По данным А.Роуна и соавт./Rowe, Bergerman, Brooks, 1960/ благодаря диффузорам, кратность начального разбавления увеличилась в 10 раз и больше. Эти выпуски используют полностью или частично эффект плотностной переслоенности толщи вод океана.

В Сан-Диего глубоководный выпуск для сброса неочищенных сточных вод /760 000 м³/сутки/ представляет собой трубопровод длиной 4 км, который оканчивается системой диффузоров 2х600 м на глубинах 70 м.

В районе г.Сиетл /штат Вашингтон/ сконструирован сброс сточных вод, который не совсем глубоководен. Длина трубопровода несколько больше 1 км, последний отрезок трубы длиной 200 м служит диффузором, который располагается на глубине около 65 м. В диффузоре 200 бортовых отверстий, сделанных через интервал 1,8 м по обеим сторонам трубы. Диаметр трубопровода 2,5 м. Максимальный расход сточных вод 1 млн.м³/сутки. Через этот трубопровод сбрасываются частично очищенные сточные воды, потому что он близко расположен от берега. В данном районе плотностная стратификация выражена четко, так как здесь имеется эстуарий, из которого растекается пресная вода. Сброс этот интересен следующим. Н.Брукс и Р.Кох /Brooks, Koh, 1965/ по разработанной ими методике определили высоту подъема сточных вод для этого выпуска. Оказалось, что при сбросе 1 млн.м³/сутки факел сточных вод не поднимается в поверхностный слой /т.е. поток сточных вод будет перемещаться в погруженном виде/ в течение 6 месяцев в году. При сбросе в море 500 тыс.м³/сутки факел сточных вод не проникает в поверх-

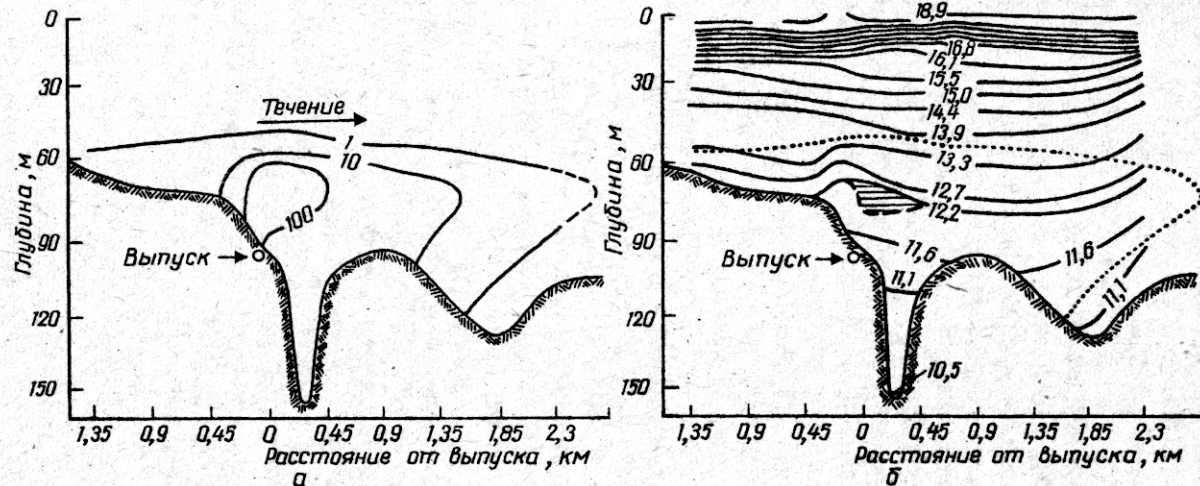


Рис. I. Распределение бактерии колиформ в затопленном поле сточных вод в заливе Санта Моника /а/; схема приближенной границы поля сточных вод /б/ обозначена пунктиром.

ностный слой в течение 9 месяцев в году. Это имеет место при выраженной плотностной стратификации с градиентами плотности порядка $0,3 \cdot 10^{-2}$ - $0,5 \cdot 10^{-2}$. Для сравнения укажем, что в районе Ялты для зоны с глубиной 70-100 м градиенты плотности в период с апреля по ноябрь превышают указанные градиенты для Сиетла в 10-50 раз /Зац, 1967/.

Через глубоководные выпуски сбрасываются и промышленные сточные воды. Например, в районе Эверет /штат Вашингтон/ через глубоководный выпуск сбрасываются сточные воды целлюлозного комбината /частично очищаются/. Глубина сброса 92 м, удаленность от берега около 4 км, имеются диффузоры длиной 304 м. Используется эффект плотностной стратификации для невыхода сточных вод в поверхностный слой.

Во Франции, в районе Марселя, проложен глубоководный выпуск для сброса сточных вод бокситного производства в Средиземное море. Длина выпуска 7,6 км, глубина около 300 м. Сточные воды стекают в каньон Кассидань по весьма крутому континентальному склону. Это самый глубокий выпуск. Компания, которая построила его, проводила успешные эксперименты по прокладке трубопровода на глубине 2000 м.

В последние годы встречаются сообщения о строительстве и проектировании глубоководных выпусков сточных вод в Англии, Канаде и других странах.

Перечисленные выше глубоководные выпуски удачно используют целый ряд океанографических факторов. Рассмотрим основные океанографические факторы, определяющие возможность и целесообразность глубоководного сброса: 1/ условия плотностной стратификации вод; 2/ система течений и вертикальные движения вод; 3/ процессы горизонтального и вертикального перемешивания; 4/ крутизна шельфа и континентального склона, близость склона к берегу; 5/ гидрохимический и биологический режимы моря.

1. Эффекты плотностной стратификации морской толщи относятся к факторам, наиболее благоприятствующим глубоководному сбросу. Сточные воды /их жидкая фаза/ по плотности легче морских вод.

Опыт показывает, что при сбросе на мелководье на глубине до 10-20 м сточные воды сравнительно быстро всплывают

на поверхность и распространяются в тонком поверхностном слое, загрязняя мелководную прибрежную зону. Важно подчеркнуть, что мелководная зона с глубинами до 10-20 м почти всегда однородна по плотности /за исключением приустьевых областей/.

Другое дело при сбросе на глубинах порядка 100 м и глубже. В этом случае, в условиях устойчивой плотностной стратификации, сточные воды вначале смешиваются с более холодными и более тяжелыми придонными водами. Образующаяся смесь по мере подъема от дна к поверхности становится по плотности более тяжелой, чем воды поверхностного слоя. Это значит, что такая смесь будет распространяться, смешиваться и разбавляться в промежуточной толще вод, не выходя в поверхностный менее плотный слой. Поле сточных вод будет затопленным.

Рассмотрим этот фактор на примере Черного моря. Плотностная переслоенность вод Южного Крыма и других приглубых побережий черного моря выражена очень резко. Плотность вод значительно возрастает с глубиной. Если рассматривать условную плотность, то на глубине 100 м она в 1,1-1,5 раза больше, чем на поверхности моря. Такая переслоенность для толщи вод в 100 м сохраняется в течение 8-10 месяцев в году, а для 150 м - в течение всего года.

Существует ряд формул, которые позволяют оценить условия выхода или невыхода смеси в поверхностный слой в устойчиво-стратифицированном море. Эта формула смешения в интерпретации Роуна и соавт. /1960/, критерии Харта /Hart, 1961/, метод Брукса - Коха /Brooks, Koh, 1965/, который позволяет определить высоту максимального подъема факела сточных вод в неподвижной среде.

Выполненные расчеты по формулам смешения для двухслойной среды для района Ялты показали /без учета горизонтального переноса течениями/: а/ в случае сброса при помощи диффузоров на глубинах порядка 75-100 м смесь из сточных и глубинных вод в течение почти 9-10 месяцев будет переноситься в погруженном виде, так как $\rho_{смеси} > \rho_{пов. слоя}$; б/ при сбросе на глубине 125-150 м это условие будет выполняться в течение всего года /Зац, 1967/.

Исследование процесса подъема факела сточных вод по методике Брукса - Коха /1965/ показали, что для условий

плотностной стратификации теплового периода года высота подъема факела сточных вод /при сбросе на глубинах порядка 100 м/ будет в 1,5-2 раза меньше, чем высота слоя воды. Это получено при условии, что течение отсутствует. Если учитывать, что течение смещает факел сточных вод, то высота его подъема окажется еще меньше /рис.2/.

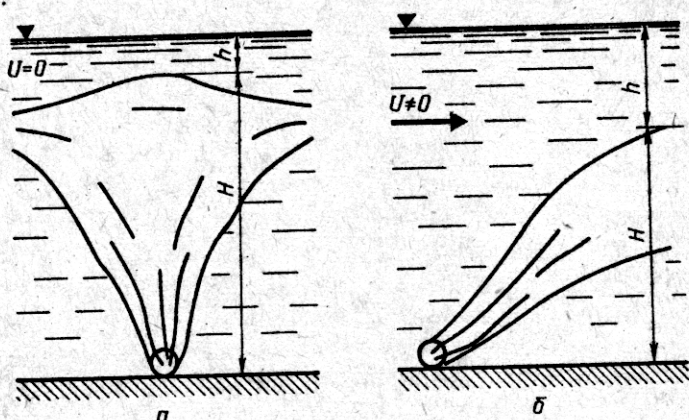


Рис.2. Положение факела сточных вод при глубоководном сбросе в неподвижной среде /а/ и при наличии течения, вызывающего боковое смещение факела и уменьшение высоты его подъема по вертикали /б/

Если сброс в условиях устойчивой плотностной стратификации сочетается с диффузорами, то, как показывает опыт, достигается самый лучший эффект. Это иллюстрируется следующим примером.

Исследования Б.М.Раскина /1959/ в районе Ялты показали, что неочищенные сточные воды с глубины 10 м быстро выходят на поверхность моря и разбавляются над выпуском примерно в 11 раз. По данным А.Роуна и соавт. /1960/, при сбросе сточных вод на глубине 33-47 м /побережье Калифорнии/ при помощи диффузоров и при наличии плотностной переслоенности они разбавляются по мере подъема к поверхности

в 170-300 раз. А при сбросе на глубине 65 м они разбавляются в 400 раз. Большая интенсивность начального разбавления и большое преимущество перед выпуском в Ялте налицо.

К тому же в условиях Черного моря плотностная переслоенность выражена значительно сильнее, чем в других морях, и понятно, что не следует игнорировать такой благоприятный природный фактор. Эффект плотностной стратификации может быть использован не только в Черном море, но и на Балтике и других морях.

2. Система течений, которая осуществляет перемещение сточных вод, является одним из важных факторов, определяющих глубоководный сброс. Наиболее типичным является перенос, направленный вдоль берегов. В узкой прибрежной зоне течения ослабевают, так как здесь вступают в силу законы пограничного слоя. С удалением от берега в открытое море скорости обычно возрастают.

Изрезанность береговой линии, сложный рельеф дна и другие причины обуславливают в узкой прибрежной зоне многочисленные завихрения, противотечения или наличие застойных и малоподвижных зон.

Чаще всего в море основные потоки течений проходят на определенных расстояниях от берега. Одним из главных и желательных условий является вынос глубоководного сброса в зону основного потока или в зону стрежня потока. При этом: 1/ сточные воды будут интенсивно и постоянно удаляться от места сброса, т.е. исключается процесс их скапливания и отстоя; 2/ в этой зоне сточные воды, вместе с окружающими, участвуют в интенсивном водообмене, вступают в контакт с новыми объемами вод, что приводит к активному перемешиванию и разбавлению. Важно подчеркнуть, что в узкой прибрежной зоне ряд факторов приводит к скапливанию сточных вод /слабые течения, "прилипание" струи к берегу/ и ослаблению водообмена с водами открытого моря.

На примере Южного берега Крыма хорошо видно усиление течения с удалением от берега /рис.3/. Анализ скоростей поверхностных течений /Зап, 1963/ показывает, что при сбросе в 10 км от берега, в зоне основного черноморского потока,

сточные воды будут переноситься от мест сброса в 2-5 раз быстрее, чем при сбросе в 0,5-1,0 км от берега. Кроме того, с удалением от берега возрастает и устойчивость течений.

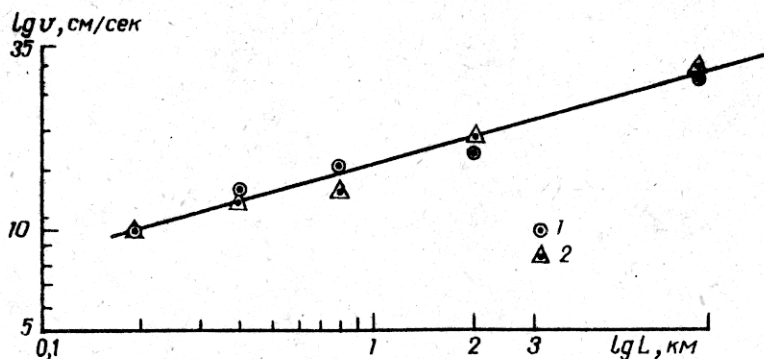


Рис.3. Усиление поверхностных течений с удалением от берега в районе Ялты:

1 - осредненные скорости поверхностных течений ССВ - СВ - ВСВ румбов; 2 - осредненные скорости поверхностных течений ЮОЗ - ЮЗ - ЗЮЗ румбов.

С другой стороны, сброс сточных вод в заливах с ослабленным водообменом является недопустимым по следующей причине: в заливах часто возникают замкнутая циркуляция, вихри и круговороты, которые будут перемещать сточные воды внутри залива.

У Южного берега Крыма основной поток преобладающих черноморских течений обычно начинается в 3 - 5 милях от берега. Возможность расположения глубоководного выпуска в зоне основного потока - это удачное использование благоприятного природного фактора.

Весьма существенна роль вертикальных движений и вертикального перемешивания при глубоководном сбросе. Согласно наиболее достоверной схеме течений в Черном море, развитой К.М.Книповичем и В.А.Водяницким /1948/, в прибрежной зоне преобладают нисходящие вертикальные движения. Это обусловлено тем, что преобладающие течения в Черном море носят нагонный характер. Однако при сгонах наблюдается выход глубинных вод в верхние слои. При самых сильных сгонах скорость подъема может составлять 10-15 м и более в сутки. Обычно же скорость вертикальных движений составляет 10^{-3} - 10^{-4} см/сек.

В районах со стационарным подъемом глубинных вод /апвеллинги/, например, у побережья Калифорнии, сточные воды вместе с окружающими водами будут постоянно подниматься с глубин в поверхностные слои, но скорость подъема невелика - около 0,5-1,0 м в сутки.

Новый аспект глубоководного сброса - это возможность транспортировки тяжелой примеси, образующей плотностной поток, по континентальному склону в глубоководные слои моря.

В Институте биологии южных морей рассматривается задача удаления тяжелой дистиллерной жидкости /стоки содового завода/ в глубинные слои Черного моря при помощи глубоководного выпуска, расположенного в начале крутого континентального склона.

3. К благоприятным океанографическим условиям следует отнести также существенное усиление горизонтальной турбулентной диффузии с удалением от берега. Такое усиление обусловлено тем, что, во-первых, скорости течений возрастают с удалением от берега и, во-вторых, с удалением от берега увеличиваются масштабы вихрей, участвующих в горизонтальном рассеянии и перемешивании.

В последние годы лаборатория гидрологии Института биологии южных морей проводит исследования горизонтального рассеяния и перемешивания при помощи свободно плавающих поплавков. Эти эксперименты позволили установить, что интенсивность горизонтального перемешивания возрастает с удалением от берега. Так, например, горизонтальное перемешивание в 3 - 5 милях от берега в 3-4 раза больше, чем в узкой прибрежной зоне шириной 1 км /рис.4/.

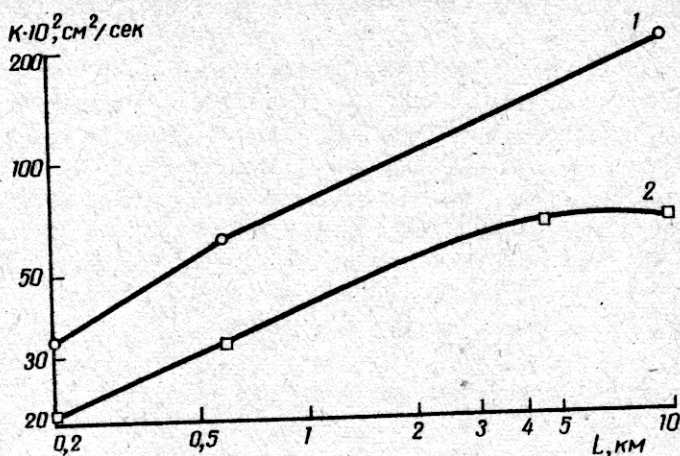


Рис. 4. Изменчивость коэффициентов горизонтальной турбулентной диффузии с удалением от берега в районе Ялты для процессов малого масштаба.

Масштабы явления:

1 - 200-300 м; 2 - 50-200 м.

Установлено, что коэффициенты горизонтальной диффузии для мало- и среднемасштабных процессов существенно зависят от масштаба явления /или от горизонтальных размеров пятен и потоков примесей в море/.

Таким образом, чем дальше от берега будут сбрасываться сточные воды и чем больше первоначальные размеры этого поля, тем интенсивнее будет происходить их горизонтальное рассеяние и перемешивание. Увеличить начальные размеры поля сточных вод можно при помощи диффузоров, которые создают начальное поле или облако сточных вод.

Исследования 1966 - 1967 гг. у Южного берега Крыма с помощью автономных буйковых станций с самописцами течений БПВ- также показали, что горизонтальное перемешивание значительно

возрастает с удалением от берега и в 5 милях от берега почти в 10 раз больше, чем в I миле. Часто в промежуточных слоях на глубине 45 - 75 м оно в 5-10 раз больше, чем в поверхностном слое. Что касается вертикального перемешивания, то оно на 3-4 порядка меньше, чем горизонтальное. Интенсивность вертикального перемешивания зависит главным образом от наличия вертикальных токов, конвекционных процессов, стгонно-нагонной циркуляции и степени плотностной стратификации вод.

4. Рельеф дна - крутизна шельфа, континентального склона, близость склона к берегу - и конфигурация береговой черты имеют важное значение при решении вопроса о глубоководном сбросе. У приглубых побережий Черного моря - Южный Крым, Кавказское побережье - глубины с устойчивой плотностной стратификацией располагаются в 5-15 км от берега. Уклоны дна определяют также возможность возникновения плотностного потока при удалении в море тяжелых примесей.

5. Гидрохимический и гидробиологический режимы водоемов играют одну из главных ролей в процессах самоочищения моря от загрязнения. Поскольку бытовые сточные воды содержат в основном нестойкие и сравнительно быстро минерализующиеся органические вещества, то при их глубоководном сбросе общий баланс биогенных веществ водоема увеличивается, и это является положительным фактором для морей. Однако механизм этого процесса, скорость минерализации нестойкой органики и процессы нитрофикации изучены для моря сравнительно слабо. Процессы самоочищения, обусловленные отмиранием чуждой для моря бактериальной фауны сточных вод, степенью усвояемости организмами органических и неорганических веществ, минерализацией нестойкой органики и другими факторами, играют существенную роль, однако их вклад в общее самоочищение недостаточно ясен и весьма слабо изучен. Можно только полагать, что при глубоководном сбросе, благодаря большим масштабам разбавления сточных вод, роль биологического самоочищения должна резко возрасти, иными словами, морю легче "справиться" с разбавленными сточными водами, чем с примесями высокой концентрации.

Санитарно-гигиеническая эффективность глубоководного и сверхдальнего сброса определяется либо тем, что сточные воды никогда не попадают в прибрежную зону, либо, если и попа-

дают, то в столь разбавленном виде, что не представляют опасности. Самым неблагоприятным случаем является перенос сточных вод к берегу. Для этого случая и определяется длина выпуска. При этом исходят из возможной скорости переноса к берегу сточных вод /по расчету или по наблюдениям/, степени перемешивания и разбавления и скорости отмирания бактерий, гельминтов и др.

На основании таких соображений давались оценки длине выпуска в заливе Санта Моника, который был выбран равным 5 миль. Опыт глубоководного выпуска в заливе Санта Моника показывает, что в течение 80% всего времени эксплуатации выпуска содержание колиформ в 0,5 км от берега не превышало 10 мл/число *MPN* / и никогда не превышало 100 мл. Органика в верхнем слое дна вокруг выпуска увеличилась на 1-2%, а содержание кислорода в десятках метров вокруг выпуска было в норме.

Гидробиологические исследования, проводившиеся в этом районе в течение 6 лет, показали, что ни планктон, ни донные рыбы не претерпели каких-либо существенных или заметных изменений.

Проблема глубоководного и сверхдальнего сброса сточных вод является актуальной не только на сегодняшний день, но и в перспективе на 20 - 30 лет. Это обусловлено следующими факторами: а/ объемы сброса сточных вод в море постоянно увеличиваются, б/ объемы сточных вод, подвергающихся очистке, составляют лишь малую часть всего объема сточных вод, который выпускается в водоемы, в/ существующие методы очистки сточных вод недостаточно эффективны, и даже после полной очистки их нежелательно сбрасывать в узкую прибрежную зону; г/ состояние загрязнения пресных водоемов достигло опасного уровня, и для предотвращения надвигающегося голода в пресной воде выдвигаются требования о полном прекращении сброса даже условно очищенных вод в пресные водоемы и о необходимости вывода бассейновых канализационных систем в моря и океаны.

Все это показывает, что при существующей теперь практике в ближайшие годы резко возрастет загрязнение прибрежной зоны. Поэтому уже сейчас должны быть разработаны рациональные методы удаления сточных вод в море, тщательно изучены возможные последствия от увеличения объемов сброса. В таких условиях

глубоководный сброс определенных видов сточных вод вдали от узкой прибрежной зоны может радикально оздоровить прибрежную зону.

Крайне важно полностью использовать благоприятные природные факторы моря для достижения максимального самоочищения вод от загрязнения.

Нужно подчеркнуть, что океанографические и другие аспекты глубоководного и сверхдальнего сброса изучены недостаточно и требуют дальнейшего комплексного исследования.

Л и т е р а т у р а

В о д я н и ц к и й В.А. 1948. Основной водообмен и история формирования солености Черного моря. - В кн.: Труды СБС, т.6.

З а ц В.И. 1963. Особенности прибрежных течений и их значение при сбросе сточных вод в море. - Гигиена и санитария, № 5.

З а ц В.И. 1967. Плотностная стратификация морских вод и предотвращение загрязнения поверхностного слоя. - В кн.: Океанографические исследования Черного моря. "Наукова думка", К.

З а ц В.И. 1968. Глубинный сброс сточных вод. - Природа, № 2.

Л е в и н С.И. 1960. Проектирование и строительство подводных трубопроводов. Гостоптехиздат, М.

Л е в и н С.И. 1964. Морские выпуски сточных вод. - Водоснабжение и канализация, № 8.

Р а с к и н Б.И. 1959. Санитарно-бактериологические исследования морской воды у побережья Ялтинского курорта. - Гигиена и санитария, № 10.

Ф е д о р о в Н.Ф., Л а п ш е в Н.Н., Ц в и л и - к о в В.Ф. 1967. Некоторые вопросы экспериментальных исследований конструкции выпуска и начального разбавления сточных вод в море. - В кн.: Морские заливы как приемники сточных вод. Рига.

Brooks N.H. 1962. Utilization of ocean thermoclines for prevention of pollution of surface waters. - Journ. Geophysical Research, 67, N 9.

Brooks N.H., Koh R.C. 1965. Discharge of sewage effluent from a line source into a stratified ocean. -Proc. XI Congress IAHR, Leningrad, Vol. 2, N 2, 19.

Hart W. 1961. - Journ. of Hydr. division, HY 6.

Hume N.B., Garber W.F. 1966. Marine disposal of digested screened wastewater solids. Advances in Water Pollution Research. -Proc. of the Third Inter. conf., Vol. 3, Munich.

Narver D.L., Graham E.H. 1958. - Two long ocean outfall constructed Civil Engineering, Vol. 28, N 1.

Rown A.M., Boverman F.H., Brooks N. 1960. Diffusers for disposal of Sewage in Sea water. - Journ. of the Sanitary Engineering Division. Proc. of the ASCE, Vol. 86, SA 2.

ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДНЕМАШТАБНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ В ЧЕРНОМ МОРЕ

В.И.Зац

Институт биологии южных морей им.А.О.Ковалевского АН УССР

Исследование процессов турбулентной диффузии примесей в море - одно из основных направлений при решении проблемы самоочищения моря от загрязнения. Изучение этих процессов позволяет оценить трансформацию поля или потоков загрязняющих примесей как за счет воздействия гидромеханических факторов, так и факторов, определяющих неконсервативность примеси, - гидробиологических, гидрохимических, бактериологических.