

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

Собираясь специально обсудить биологические аспекты санитарии моря, мы остановимся в первую очередь на рассмотрении роли океанографических процессов в очистке морских вод. Познавание законов турбулентной диффузии, переноса и конвекции примесей загрязнений в море если и не может решить вопрос об их полной химической трансформации и декомпозиции, то даст ряд важнейших положений для рациональной организации сброса отходов.

Оно позволит уже в ближайшем будущем существенно ослабить вредное воздействие все возрастающего стока отходов в Черное и другие моря Советского Союза. Надежда в скором времени дать ответ на многие практические вопросы проектных организаций и определили выбор темы конференции.

Разрешите открыть нашу конференцию по океанографическим аспектам самоочищения моря от загрязнения и выразить надежду, что работа ее внесет полезный вклад в борьбу за то, чтобы Черное и другие моря, составляющие национальное богатство нашей Родины, в полную силу служили народу не только в наши дни, но и в далеком будущем.

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ САМООЧИЩЕНИЯ МОРЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В.И. Зац

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

Удаление сточных вод в прибрежную зону морей сейчас широко практикуется. В перспективе намечается тенденция к постоянному расширению масштабов сброса отходов в море.

Это связано с тем, что, во-первых, нельзя утилизировать все отходы на суше, во-вторых, вследствие высокого уровня загрязнения пресных водоемов часто обращаются к прибрежной зоне морей как к потенциальному приемнику сточных вод, в-третьих, с ростом населения городов, развитием промышленных центров, крупных курортов на морских побережьях увеличивается количество отходов.

Известны случаи, когда сточные воды транспортируются к морю из мест, отдаленных от моря на многие десятки километров.

Такая перспектива, т.е. перенесение центра тяжести сброса сточных вод в море, является весьма тревожной, особенно если учесть тот высокий и опасный уровень загрязнения, который уже сейчас наблюдается в реках, озерах, водохранилищах. Такое состояние явилось результатом непродуманного и неконтролируемого сброса сточных вод в пресные водоемы.

Для того, чтобы с прибрежными водами морей не повторилось то же самое, необходимы строгий контроль и регулирование процессом сброса сточных вод в море, тщательные и комплексные научные исследования для определения дальнейшей судьбы сточных вод в море и допустимой нагрузки прибрежной зоны сточными водами, которая является переменной величиной и зависит от многих параметров.

Установлены следующие основные критерии, которые характеризуют требования водопотребителей морских водоемов.

1. Моря являются крупнейшим источником биологических ресурсов, поэтому сбрасываемые сточные воды не должны подорвать их продуктивность и воспроизводство.

2. Сбрасываемые сточные воды не должны ухудшить санитарное состояние прибрежной полосы. Это относится ко всем морям, где морское побережье используется в оздоровительных целях. Ширина зоны санитарной охраны невелика, она измеряется сотнями метров. Например, Чернус Ю.К. /1965/ для района Сочи указывает ширину зоны в 500 м.

3. Сбрасываемые сточные воды не должны существенно изменить качество морской воды, которая, как и пресная вода, уже широко используется в народном хозяйстве, и в перспективе такая практика будет постоянно расширяться.

Действительно, многие отрасли народного хозяйства все теснее и теснее связываются с использованием различных ресурсов морей и океанов — биологических, минеральных, водных, энергетических и др. Роль морской воды как источника водопотребления возрастает с каждым годом в опреснительных установках, для охлаждения, в химической промышленности и т.д.

В недалеком будущем, когда пресные источники воды станут весьма и весьма дефицитными, морская вода станет спасительным средством для дальнейшего развития народного хозяйства. Однако уже сейчас неразумно относиться к состоянию прибрежной зоны морей. Уровень загрязнения прибрежной зоны многих районов стал очень высоким и ощутимым.

Ряд научных учреждений занимается исследованием в области рационального удаления сточных вод в море и охраной прибрежной зоны /НИИ Академии наук, Гидрометслужбы, Министерства высшего образования, здравоохранения и др./. За последние 10 лет по этой проблеме проведены Всесоюзные конференции, совещания, симпозиумы в Киеве, Батуми, Таллине, Риге.

Проделана, казалось бы, большая работа, но уровень научных исследований в этой области крайне недостаточен. У нас нет ни одного научного учреждения, которое целиком занималось бы комплексным изучением проблемы сброса сточных вод в море, процессами самоочищения и оздоровления прибрежной зоны. Мы уже подчеркивали /Зап., 1968/, что для морей объем и уровень исследований по этой проблеме значительно отстают по сравнению с пресными водоемами. Причин для этого много, но одна из главных, на наш взгляд, это бытующее глубоко ошибочное мнение, что самоочищающая способность морей "безгранична" и способность к "переработке" сточных вод достаточно велика, чтобы без ущерба сбрасывать огромное количество сточных вод в море. Действительно, в соответствующих условиях морские водоемы могут "переработать" определенные объемы сточных вод. Имеются в виду хозяйственно-бытовые сточные воды и некоторые промышленные неорганического характера.

Сброс любых видов сточных вод должен быть строго контролируемым и тщательно обоснован с научных позиций. Это означает, что каждый случай сброса должен предварительно тщательно и всесторонне изучаться. Это необходимо потому, что современная наука еще не может дать четкого и однозначного ответа относительно последствий, к которым приведет сброс, не может дать точного метода расчета и прогноза процессов самоочищения моря от загрязнения.

За последние годы сам термин с а м о о ч и щ е н и е стал более обобщенным и в то же время более определенным. Еще два-три десятилетия тому назад под самоочищением понимали в основном влияние химико-биологических процессов на уменьшение загрязнения вод. В работе Драчева С.М. /1967/ приводятся высказывания ряда исследователей /Строганов, 1939; Whipple, 1954; Klein, 1957; и др./, которые считают, что понятие с а м о о ч и щ е н и е не включает явления смешения и разбавления сточных вод. Драчев С.М. под самоочищением понимает "процессы в основном биохимические"

мического порядка". Однако по мере развития и совершенствования уровня научных исследований этим старым и укоренившимся термином стали обозначать влияние и других процессов, например, механических и физических, которые приводят к уменьшению концентрации загрязняющих примесей в морской воде.

В настоящее время под самоочищением моря от загрязнения подразумевают весь комплекс факторов, влияющих на уменьшение концентрации загрязняющих примесей.

1. Гидромеханические /или физико-океанографические/ - перенос, турбулентное смешение, рассеяние и разбавление примесей, осаждение или подъем. Эти механические процессы играют важную роль в судьбе сточных вод на всех этапах их перемещения в море.

2. Биологические факторы - процессы биохимического окисления, отмирание бактериальной флоры сточных вод в море, роль планктона, бактерий, водорослей в очищении вод от загрязняющих примесей.

Драчев С.М. /1967/ отмечает, что процессы бактериального самоочищения в водоемах связаны в основном с отмиранием сапрофитной микрофлоры, кишечной палочки, патогенных бактерий. Важную роль играют микроорганизмы, которые окисляют углеводороды, входящие в состав нефтепродуктов. Существенный вклад в процессы биологического самоочищения вносит фитопланктон. Фотосинтетическая реаэрация фитопланктона дает в определенных условиях такое обильное обогащение кислородом, что, по Г.Г.Винбергу /1955, 1956/, она является определяющим в процессах самоочищения. Следует отметить, что такие исследования проводились Г.Г.Винбергом, С.М.Драчевым и др. в прудах и водохранилищах, т.е. в условиях, отличающихся от морских. В условиях моря эти процессы изучены недостаточно.

3. Физико-химические факторы - это распад, разрушение, превращение веществ, выделение, коагуляция, выпадение в осадок. Эта группа также изучена весьма слабо. В море все процессы действуют одновременно, однако дать количественную оценку вклада каждого из них сейчас почти невозможно. Тем не менее для расчета и прогноза процессов, уменьшающих концентрации загрязняющих примесей, больше всего используются физико-океанографические факторы. Такой путь хотя и является неполным отражением

ем явления в целом, он обоснован. Действительно, многие отечественные и зарубежные исследователи отмечают, что процессы перемешивания, рассеяния и разбавления сточных вод, обусловленные механическими факторами, играют одну из главных ролей в самоочищении моря от загрязнения. Это подчеркивалось в докладах на международных конференциях по исследованию загрязнения вод, на Конгрессах Международной Ассоциации гидравлических исследований, на Всесоюзных симпозиумах по самоочищению вод в Таллине и др. Такие известные специалисты по санитарной охране, как Р.Хикс /Hicks, 1955/, И.А.Рудель /1959/, Н.Б.Хайт /1960/, Б.М.Раскин /1961/, Х.А.Вельнер и соавт. /1967/ и многие другие, считают, что самоочищение морской воды происходит в основном в результате процессов смешения и разбавления, обусловленных гидромеханическими факторами. Хотя гидромеханические факторы легче поддаются изучению /математическому описанию, натурным исследованиям и моделированию/, чем факторы гидробиологические и физико-химические, в морях они значительно хуже исследованы, чем в пресных водоемах.

Гидромеханические условия прибрежной полосы моря существенно отличаются от характеристики рек, озер и других пресных водоемов. Так, например, перенос сточных вод в пресных водотоках является почти установившимся процессом. А в море, тем более в прибрежной зоне, перенос крайне изменчив по направлению, скорости течений неустановившиеся: величины скоростей пульсируют в широких пределах. Процессы перемешивания в пресных водоемах /за исключением таких крупных озер, как Байкал/ весьма ограничены по вертикали и в горизонтальных масштабах, тогда как на обширных акваториях моря имеется целый спектр масштабов перемешивания. Роль таких динамических факторов, как сгонно-нагонная циркуляция, конвекция, волновые процессы и др., несопоставима для морей и пресных водоемов. Это показывает, что поведение сточных вод в пресных водоемах и в море не идентично и проведение аналогии между ними часто сопряжено с большими погрешностями. Следует также отметить, что даже на одном и том же побережье два близлежащих пункта могут иметь столь специфические особенности, что сравнение эффектов смешения и разбавления может дать совершенно разные результаты. Перефразируя высказывание относительно сброса сточных вод в реки известного исследователя Whipple, что каждая река в этом смысле — проблема, можно сказать, что каждый участок прибрежной зоны — еще более сложная

проблема. Вот почему каждый случай сброса должен стать предметом специального изучения не только в плане технико-экономической целесообразности, но и допустимости с океанографических позиций.

Основные пути фундаментальных исследований процессов самоочищения

На современном этапе развития исследований основная модель, на которой базируются все методы расчета и предвычисления распределения концентрации примесей, процессов смешения и разбавления, - модель турбулентной диффузии неконсервативного вещества. Основные пути этого направления были заложены на базе изучения атмосферной турбулентности и борьбы с загрязнением атмосферы. Это работы Д.Тейлора / Taylor ,1921/, О.Ф.Робертса /Roberts ,1923/, О.Г.Сеттона /1958/, Д.М.Лайхтмана /1961/, А.С.Монина /1962/ и др.

Исследованиями уравнения турбулентной диффузии для рек и морей применительно к проблеме трансформации потока инородных примесей или загрязненных вод успешно занимаются И.Иозеф и Г.Зенднер /Joseph, Sendner,1958/, А.В.Караушев /1960/, Л.С.Боришанский /1960/, Н.Брукс / Brooks ,1960/, Р.В.Озмидов /1960, 1964/, Е.Пирсон / Pearson , 1965/ и др. Следует отметить плодотворную работу группы исследователей Таллинского политехнического института под руководством доцента Х.А.Вельнера /1967/. Решение уравнения для периодического истечения сточных вод, учет неконсервативности примеси /например, вследствие отмирания бактериальной флоры, биохимического окисления и т.д./, соображения по учету как трансформации средних значений, так и трансформации пульсационных компонентов являются обоснованными и составляют существенный шаг вперед в этой проблеме.

Использование модели турбулентной диффузии для исследования трансформации поля сточных вод является весьма перспективным. Оно позволит определить такие важные характеристики горизонтальной диффузии, как: а/ параметры, характеризующие динамику пятен или потоков сточных вод, изменчивость размеров пятен и струи и ее зависимость от определяющих факторов; б/ параметры, характеризующие изменение концентрации загрязнения в пятнах и потоках во времени и ее распределение в пространстве /например, изменение

концентрации вдоль оси потока, на поперечных разрезах к потоку, а также в мгновенных пятнах;/ в/ параметры, характеризующие кратность или степень разбавления сточных вод при вертикальном подъеме струи и горизонтальном ее распространении, при различных определяющих условиях - течениях, плотностной стратификации и т.д.

Анизотропность процессов диффузии позволяет в первом приближении рассматривать отдельно задачи о горизонтальной и вертикальной диффузии примеси. Результаты многих исследований показывают, что в процессе турбулентной диффузии потока сточных вод главную роль играет вклад горизонтальной диффузии. Решение трехмерной задачи диффузии даст нам в перспективе наиболее полный ответ на вопрос о судьбе сточных вод.

В этом плане приходится преодолеть много трудностей. Дело в том, что в полное уравнение турбулентной диффузии

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} \right) - u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} - v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} - w \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} - \gamma \bar{c},$$

где K_x, K_y, K_z - коэффициенты турбулентной диффузии, u, v, w - компоненты осредненных скоростей, γ - параметр, характеризующий неконсервативность примеси, входят такие сложные параметры, как перенос /течения/, коэффициенты турбулентной диффузии и коэффициенты, учитывающие неконсервативность загрязняющих примесей /отмирание, минерализация, распад под влиянием гидробиологических и других факторов/. Каждый из этих факторов представляет важнейшую область исследований. Рассмотрим их кратко.

1. Перенос и распространение сточных вод. Циркуляция вод относится к важнейшим факторам, влияющим на сброс сточных вод и на последующие их перемещения в море. Необходимо знать как осредненные характеристики поля скоростей, так и характеристики пульсационных компонентов.

Для расчета средней картины поля загрязнения вокруг данного источника поступления сточных вод в море важно располагать статистическими данными о направлении и скоростях течений. Так, например, если группировать значения скоростей по интервалам с

центрами U_m и значения направления течения по интервалам с центрами D_n и, зная частоты $p_{m,n}$ осуществления соответствующих пар значений U, D , можно определить среднее распределение концентрации загрязнения по формуле

$$\bar{S}(x, y, z) = \sum_{m,n} p_{m,n} \cdot S(x, y, z / U_m, D_n),$$

где $S(x, y, z / U_m, D_n)$ — рассчитанное распределение загрязнения при течении со скоростью U_m и направлением D_n .

Такая картина дает общую характеристику распределения концентрации загрязнения. Помимо этого, нужно иметь данные о течениях при тех или иных типовых полях ветра, необходимо знать изменчивость течений во времени /т.е. пульсации скоростей и направлений разного масштаба/, кинематические характеристики потока /изменения по вертикали от дна до поверхности и с удалением от берега/.

В этом же плане важно оценить эффект прилипания струи к берегу в пограничном слое, стонно-нагонные эффекты, вертикальные токи разного происхождения.

При решении уравнений турбулентной диффузии обычно полагают, что течение установившееся и равномерное, и берут в качестве параметра V среднюю скорость. Чаще всего даже эту среднюю скорость получают в результате расчетов /по ветру, динамическим методом и т.д./. Естественно, что расчет распределения концентрации при таком идеализированном выборе параметра переноса является приближенным. Для получения более правильной картины необходимо учитывать определенные модели или произвольные поля скоростей течения, что связано с большими трудностями. Помимо этого, данные о течениях необходимы для выбора мест рационального сброса сточных вод, выявления застойных зон со слабыми течениями, зон ускоренного транзита /т.е. зон, где сточные воды быстро удаляются от мест сброса/, условий неблагоприятного переноса вод к берегу и т.д.

Сейчас возникают новые задачи в этом плане. Например, исследование придонных плотностных потоков при сбросе тяжелой примеси в море, на шельфе и склоне.

Механизм стекания тяжелой примеси по шельфу или склону разной крутизны, воздействие придонных течений на эти искусственные притоки и целый ряд других актуальных вопросов поведения плотностного потока требуют изучения.

2. Коэффициенты турбулентной диффузии. Они составляют одну из принципиальных трудностей при решении задачи турбулентной диффузии. Сами коэффициенты зависят от многих факторов и поэтому изменяются в широком диапазоне значений. Коэффициенты зависят от масштаба явлений или размеров диффундирующего поля сточных вод, скоростей течений, плотностной стратификации вод и других факторов. Результаты многих исследователей говорят о том, что величины коэффициентов горизонтальной диффузии изменяются от $10-10^2$ до 10^8-10^{10} см²/сек, а коэффициентов вертикальной диффузии - от 10^{-1} до 10^2 см²/сек. Существующие в настоящее время косвенные и прямые методы определения коэффициентов турбулентного обмена позволили накопить определенный материал в этой области. Можно считать установленным, что гипотезы о постоянстве этих коэффициентов не состоятельны. Исследования Л.Ф.Ричардсона и Г.Стоммела /Richardson, Stommel, 1948/, Р.В.Озмидова /1957, 1960/, данные Т.Ичи и Ф.Олсона /Ichiye, Olson, 1960/, Л.С.Исаевой и И.Л.Исаева /1963/, В.И.Немченко /1964/, Е.Пирсона и Р.Картера /Pearson, Carter, 1965/, наши исследования последних лет /Зац, 1967/ и др. позволили более обоснованно выбирать значения этих коэффициентов при расчетах диффузии примеси. Получены некоторые закономерности по установлению зависимости этих коэффициентов от масштаба явления и скоростей течений. Наши исследования в районе Южного берега Крыма и Кавказского побережья показали, что в условиях прибрежной зоны есть существенные отклонения от "закона 4/3" для мелко- и среднemasштабной горизонтальной диффузии. Не менее сложная проблема - исследование коэффициентов вертикального турбулентного обмена. Несмотря на большие работы, выполненные в МТИ АН УССР, ИО АН СССР и других учреждениях, крайне недостаточно изучено распределение этих коэффициентов по вертикали в зависимости от плотностной стратификации, течений, волнения и других динамических факторов.

Коэффициенты турбулентной диффузии - один из главных исходных параметров при решении уравнений турбулентной диффузии. Тем более, что этот параметр в зависимости от тех или иных условий и масштаба явления изменяется на 5-6 порядков. Многие исследователи за неимением обоснованных значений коэффициентов используют постоянные величины или гипотетические модели. Вот почему получение обоснованных и достоверных данных о коэффициентах - одна из важнейших задач.

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 35269

3. Коэффициенты, характеризующие неконсервативность загрязняющих примесей. При исследовании процесса самоочищения моря от загрязнения в рамках модели турбулентной диффузии потока сточных вод можно учитывать не только гидромеханические, но также гидробиологические и физико-химические факторы самоочищения. Такая попытка учесть фактор неконсервативности загрязняющих примесей при решении уравнения турбулентной диффузии сделана в работах Н.Брукса /Brooks, 1960/, Р.В.Озмидова /1964/, А.М.Айтсана, Х.А.Вельнера /1965/ и др. Одна из принципиальных трудностей — это то, что гидробиологи, гидрохимики, бактериологи могут в настоящее время дать в основном качественную картину таких процессов, как скорости отмирания бактериальной флоры, биохимического окисления, превращения неконсервативного органического вещества. Пренебрежение этими факторами при решении уравнения турбулентной диффузии дает неполную картину распределения и уменьшения концентрации загрязнения. Однако изучение указанных параметров с целью получения аналитических соотношений — очень сложная задача. Исследования в этом плане проводятся в Институте биологии южных морей, в Таллинском политехническом институте, в Институте биологии внутренних вод АН СССР и других учреждениях.

Кроме качественной картины, необходимо представить результаты и закономерности этих процессов в аналитическом виде, т.е. важно математизировать такого рода исследования.

Рассмотренная схема позволит совместными усилиями многих учреждений разработать комплексные методы расчета и предвычисления распределения концентрации примесей и самоочищающей способности прибрежной зоны в тех или иных условиях. Это главная и фундаментальная задача.

Помимо этого, существует и требует изучения ряд проблем частного характера: региональные исследования, проблема глубоководного сброса для тех или иных случаев, проблема придонных плотностных потоков сточных вод, инженерные аспекты начального разбавления сточных вод /диффузоры, эжектирующие насадки/ с целью регулирования процессом смешения, новые методы очистки сточных вод и другие вопросы.

Региональные исследования

Большой интерес представляют региональные исследования, а также санитарно-гигиенические, океанографические, гидрохимические.

Исследования Ш.Г.Хачидзе /1958/ в районе Сухуми, Б.М.Раскина /1959/ в районе Ялты, Ю.К.Чернуса /1967/ в районе Сочи, сотрудников Ленинградского инженерно-строительного института и ГГИ в устье Невы, работы Таллинского политехнического института по сбросу сточных вод в районе Таллина, исследования Института биологии южных морей по определению условий глубоководного сброса сточных вод у приглубых побережий Черного моря вносят существенный вклад в охрану прибрежной зоны того или иного района.

К сожалению, региональные исследования, которые решали бы принципиальные вопросы допустимости сброса в том или ином районе в комплексе со всеми требованиями, не являются правилом, а пока лишь исключением. Об этом свидетельствует высокий уровень загрязнения вод многих портов и приморских городов. Сточные воды сбрасываются либо в бухты и гавани на акватории портов, либо вблизи берегов. Это имеет место в Одессе, Севастополе, Ялте, Феодосии, Новороссийске, Туапсе, Сочи и многих портах на Черном, Каспийском, Азовском, Балтийском морях. Например, в Ялте, крупнейшем курорте страны, в 1956 г. построен выпуск сточных вод в 200 м от берега на глубине 10 м без океанографического обоснования. После того как выпуск был сооружен, начали изучать его эффективность и давать разные рекомендации. Ряд выпусков сточных вод на Кавказском побережье построен в последние годы, строится сейчас или проектируется институтом Гипрокоммунводоканал без учета океанографических факторов, без обоснования допустимости сброса в прибрежную зону. Это выпуски в Новороссийске, Туапсе, Сочи и др. Этот вопрос решается по схеме: министерство - проектный институт - строительная организация, без обоснования проектов с океанографических позиций. Готовые проекты лишь согласовываются с некоторыми институтами. На наш взгляд, такая схема имеет существенный недостаток. Не хватает одного важного звена - проблема в принципе должна решаться до проектной организации.

Вопрос о сбросе сточных вод должен решаться на уровне научно-исследовательского океанографического обоснования. Для этого нужно привлекать океанографические институты, институты биологии, рыбного хозяйства и океанографии, гигиены и санитарии. Эти организации должны решить принципиальный вопрос - допустим ли сброс в данном районе, определить рациональные пути сброса, которые диктуются океанографическими особенностями данного района, степень очистки, предельную нагрузку сточными водами.

Важно подчеркнуть, что многие региональные исследования ограничиваются лишь констатацией фактов. Контроль за уровнем загрязненности прибрежной зоны, определение фактического состояния загрязненности крайне необходимы. Но это лишь одна сторона дела. Вторая сторона — это исследование важнейших факторов, определяющих процессы самоочищения, и на основе этого разработка рациональных путей удаления сточных вод в море и новых методов очистки сточных вод, определение допустимых нагрузок для данного водоема.

Сброс сточных вод в Черное море, более чем в другие моря, является стихийным и нерегулируемым. Это настоятельно требует, чтобы Генеральная схема комплексного использования всех ресурсов моря также включала схему рационального удаления сточных вод в море и меры по эффективной охране моря от загрязнения. Эта схема должна предусмотреть: а/ допустимую нагрузку прибрежной зоны сточными водами с учетом требований водопотребителей и водопользователей; б/ степень очистки для тех или иных типов сточных вод; в/ возможность сбора и очистки сточных вод крупного административно-экономического района /а не отдельного города/; г/ схему размещения возможных мест глубоководного сброса сточных вод на базе океанографической изученности прибрежной зоны.

Черное море является уникальным, так как здесь располагаются крупнейшие морские курорты страны. Разработка и составление такой схемы для этого моря является одной из первоочередных задач.

Среди других вопросов проблемы рационального удаления сточных вод в море одно из важных мест занимает вопрос о глубоководном и сверхдальнем сбросе сточных вод. Такой сброс не является универсальным средством. Но в определенных условиях и в зависимости от ряда факторов он может быть наиболее эффективным методом удаления сточных вод в море. Океанографические и другие вопросы глубоководного сброса обсуждаются в других статьях, помещенных в настоящем сборнике.

К актуальным вопросам рационального удаления сточных вод относится вопрос о регулировании интенсивности процессов смешения и разбавления. Такое регулирование возможно путем сочетания инженерно-технических методов с природными факторами водоемов. Плотностная переслоенность относится к важнейшим природным факторам, позволяющим регулировать степень разбавления сточных вод.

Для того чтобы регулировать высоту подъема "факела" сточных вод и степень разбавления, необходимо задавать степень начального разбавления и начальную плотность смеси в зоне выхода из трубопровода. В настоящее время это удается сделать при помощи системы диффузоров или системы эжектирующих насадок для каждой струи /Федоров и др., 1967/. Система диффузоров и эжекторов может быть так подобрана, что при максимальном использовании плотных придонных вод будет достигнуто определенное начальное разбавление $/n_n/$. В результате дальнейшего перемещения сточных вод происходит основное разбавление $/n_o/$, обусловленное турбулентной диффузией потока. Принимая, как М.А.Руффель /1958/, что общее разбавление имеет вид

$$O = n_n \cdot n_o ,$$

т.е. увеличение начального разбавления прямо пропорционально увеличению общего разбавления.

Если создать интенсивное начальное разбавление указанными выше техническими средствами, то можно добиться того, что образующаяся смесь /из сточных вод и морских/ будет распространяться в тонком придонном слое или подниматься по вертикали до заданной высоты.

Резюмируя вышеуказанное, можно отметить, что по проблеме самоочищения моря от загрязнения, разработке методов рационального удаления сточных вод в море и эффективной охраны масштабы и уровень научных исследований крайне недостаточны.

Весьма необходим научный центр, который целиком занимался бы комплексным изучением проблемы самоочищения моря от загрязнения, для которого проблема рационального удаления сточных вод и охраны прибрежной зоны морей являлась бы профилирующей.

Необходимы фундаментальные океанографические исследования всех факторов, определяющих самоочищение моря от загрязнения - физико-океанографических, гидрохимических, гидробиологических.

При исследовании процессов турбулентной диффузии неконсервативных примесей необходимы тщательные исследования исходных параметров, а именно: переноса, коэффициентов турбулентной диффузии, коэффициентов, характеризующих неконсервативность примесей. С этой целью должны быть организованы специальные океанографические натурные и экспериментальные исследования. Следует широко использовать моделирование процессов.

Региональные исследования должны быть расширены; помимо контроля за уровнем загрязнения и состоянием загрязненности вод должны разрабатываться пути и методы рационального удаления сточных вод в море.

Необходимо добиться того, чтобы вопрос о допустимости сброса, предельной нагрузке, путях и методах рационального удаления сточных вод изучался с океанографических позиций /включая все требования, предъявляемые водопользователями к морю/ до передачи в проектные институты.

Охрана морей от загрязнения должна рассматриваться как важнейшая народнохозяйственная проблема государственного значения.

Л и т е р а т у р а

А й т с а м А.И., В е л ь н е р Х.А. 1965. О теоретических основах инженерного расчета смешения сточных вод в водоемах. - В кн.: Научные доклады по вопросам самоочищения водоемов и смешения сточных вод. I Всесоюзный симпозиум, Таллин.

Б о р и ш а н с к и й Л.С. 1961. Метод расчета распределения солёности воды в предустьевом взморье. - В кн.: Труды Океанографической комиссии АН СССР, т. 10, в. 1.

В е л ь н е р Х.А. и д р. 1967. Смешение сточных вод и самоочищение водоемов. - В кн.: Всесоюзная научно-техническая конференция по охране поверхностных и подземных вод от загрязнения. II Всесоюзный симпозиум, Таллин.

В и н б е р г Г.Г. 1955. Значение фотосинтеза для обогащения воды кислородом при самоочищении загрязненных вод. - В кн.: Труды ВГГО, т. VI.

В и н б е р г Г.Г., С и в к о Т.Н. 1956. Фитопланктон как агент самоочищения загрязненных вод. - В кн.: Труды ВГГО, т. VII.

Д р а ч е в С.М. 1964. Борьба с загрязнением рек, озер, водохранилищ промышленными и бытовыми стоками. "Наука", М.-Л.

З а ц В.И. 1967. Океанографические аспекты проблемы сброса сточных вод в прибрежную зону Черного моря. - В кн.: Вопросы биоокеанографии, "Наукова думка", К.

З а ц В.И. 1968. Глубинный сброс сточных вод. - "Природа", М. 2.

Исаева Л.С., Исаев И.Л. 1963. Горизонтальная турбулентная диффузия в море. - В кн.: Труды МГИ, в.28.

Караушев А.В. 1960. Проблемы динамики естественных водных потоков. Гидрометиздат, Л.

Лайхтман Д.Л. 1961. Физика пограничного слоя атмосферы. Гидрометиздат, Л.

Монин А.С. 1962. Общий обзор по атмосферной диффузии. - В кн.: Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха. ИЛ, М.

Немченко В.И. 1964. Исследование горизонтальной турбулентной диффузии в Атлантическом океане. - Океанология, т.19, в.5.

Озмидов Р.В. 1957. Экспериментальное исследование горизонтальной турбулентной диффузии в море и искусственном водоеме небольшой глубины. - Изв. АН СССР, серия геофиз., 6.

Озмидов Р.В. 1960. Горизонтальная турбулентная диффузия пятен примеси в море. - В кн.: Труды Ин-та океанологии, т.37.

Озмидов Р.В. 1964. Турбулентная диффузия консервативных и неконсервативных примесей в море. - В кн.: Радиоактивное загрязнение морей и океанов. "Наука", М.

Раскин Б.М. 1961. К вопросу о спуске сточных вод в море. - Гигиена и санитария, № 5.

Руффель М.А. 1959. Течение и перемешивание сточных вод в прибрежной полосе моря. - В кн.: Санитарная охрана прибрежной полосы моря, К.

Сеттон Г. 1958. Микрометеорология. Гидрометиздат, Л.

Строганов С.Н. 1939. Загрязнение и самоочищение водоемов. Изд. Ин-та коммунальной гигиены, М.

Хайт К.Б. 1960. Загрязнение прибрежной зоны моря и мероприятия по ее санитарной охране. - Гигиена и санитария, № 6.

Хачидзе М.Г., Бакрадзе Л.Л. 1959. Влияние промышленных сточных вод на санитарное состояние побережья Черного моря в районе Батуми и Сухуми. - В кн.: Санитарная охрана прибрежной полосы моря, К.

Чернус Ю.К. 1965. Процессы смешения и самоочищения при спуске сточных вод в море. - В кн.: Научные доклады по вопросам самоочищения водоемов и смешения сточных вод. I Всесоюзный симпозиум, Таллин.

B r o o k s N.H. 1960. Diffusion of sewage effluent in an ocean current. - Proc. I Inter. conf. on waste disposal in the Marine environment. Univ. of California, Berkeley, Pergamon Press.

H i k s R. 1955. Self-purification of sewage in Harbour water. - Municip. Engin., N 3.

I c h i y e T., O l s o n F.G.W. 1960. Über die "neighbour diffusivity" in Ocean. - Deut. Hydrogr. Zt., B. 13, H. 1.

J o s e p h J., S e n d n e r H. 1958. Über die Horizontale Diffusion im Meer. - Deut. Hydrogr. Zt., B. 11, H. 2.

K l e i n L. 1957. Aspects of river pollution, London.

P e a r s o n E.A., C a r t e r R. 1965. On eddy diffusivity and current determination in outfall design.- Pollutions marinea microorganismes et prod. petrol., Monaco, Paris.

R i c h a r d s o n L.F. S t o m m e l H. 1948. Note on eddy diffusion in the Sea. - J. Meteorol., 5, N 5.

R o b e r t s O.F.T. 1923. The theoretical scattering of smoke in a turbulent atmosphere. - Proc. Roy. Soc., Ser. A., Vol. 104, N 640.

T a y l o r G.J. 1921. Diffusion by continued movements. - Proc. London Math. Soc. Ser. A, Vol. 20.

W h i p p l e C. C h. 1954. The microscopy of drinking water. Fourth ed., New York - London.