

*А.Н. Павлов*

**ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ПРОБЛЕМУ ЗАЩИТЫ  
ЭКОСИСТЕМЫ ГАВАНЕЙ**

*A.N. Pavlov*

**INTRODUCTION TO THE GENERAL PROBLEM  
OF THE PROTECTION OF HARBOR ECOSYSTEMS**

*Приводятся оригинальные разработки по определению основных источников загрязнения экосистем акваторий, которые могут рассматриваться как потенциальные гавани. Обсуждаются схемы происходящих в них процессов.*

*Ключевые слова: аналог, биотоп, источники загрязнения, моделирование, экологические параметры, функционально-информационный принцип, экологические параметры.*

*Original methodology on the revealing of contamination sources of ecosystems of water bodies that can be considered as potential harbors, is presented. Schemes of the processes in water bodies are discussed.*

*Key words: analog, biotope, polluters, simulation, ecological parameters, functional information principle.*

*В нашу гавань заходили корабли  
Из песни*

**1. Идеология экологических исследований  
техногенного загрязнения экосистем гаваней**

Акватории гаваней, по определению, попадают в категорию полузамкнутых экологических систем. Как правило, это относительно узкие заливы, бухты, эстуарии или дельты. Их экологическая жизнь существенно отличается от открытого моря. В случае же присутствия в этих акваториях портов они получают мощную техногенную нагрузку, которая способна существенно изменить всю их экологическую структуру.

Формируются новые связи и процесс этот способен зайти настолько далеко, что природная экосистема перерождается в экосистему техногенную, как правило, представляющую собой опасность не только для биоты этой акватории, но и для жизни человека.

Таким образом, основная и, по-видимому, конечная цель экологических исследований здесь состоит в том, чтобы установить, в какой мере нарушена естественная экосистема, можно ли её восстановить и каким способом это можно сделать. Однако в настоящее время в большинстве случаев конечная цель подменяется более скромными сиюминутными задачами – стремлением с помощью разработанной системы предельно допустимых концентраций (ПДК) оценить степень экологической опасности биотопа и с помощью тех или иных технических средств свести эту опасность к минимуму либо устранить ее. Очевидно, что вторая цель отличается от первой принципиально.

Цель определяет идеологию работ. Во втором случае это идеология мониторинга, похожая на идеологию пожарной команды: найти очаг возгорания, оценить его состояние и степень опасности, ликвидировать. Конечная цель ставит более глубокие задачи, так или иначе приводящие к пониманию необходимости построения постоянно-действующей модели экосистемы (ПДЭМ), модели, которая бы обладала как прогностическими свойствами, так и могла бы служить основой для управления.

Идеология такой модели, вероятно, должна опираться на основные законы экологии [Павлов, 2004]:

1. Всё связано со всем.
2. Всё должно куда-то деваться.
3. Ничто не даётся даром.
4. Природа знает лучше.

Первые три закона говорят о чрезвычайной сложности реальных экосистем, сложности такого высокого уровня, что задача создания модели экосистем на основе установления конкретных физических, химических и биологических связей выглядит тупиковой. По-видимому, в построении ПДЭМ следует довериться природе в широком смысле этого понятия. С одной стороны, это должна быть достаточно обширная натурная информация, опирающаяся на режимные наблюдения, с другой – наши абстрактные формализации без требования физических объяснений.

Предлагается два пути построения таких моделей. В каждом из них экосистема рассматривается как малая вселенная с множеством некоторых начальных состояний, параметрическим множеством возмущений на определённых участках границ и с параметрическим множеством на выходе из вселенной, которое в общем случае может быть и нулевым.

Первый путь предполагает формирование на входе некоторого произвольного сигнала в виде простой функции и дальнейшего его преобразования во вселенной, в принципе, до конечного, нового сигнала на выходе.

Второй путь базируется на идее функционирования автомата при операциях непосредственно с множеством параметров на входе и выходе и множеством состояний в самой малой вселенной.

Начальные состояния такой вселенной могут быть заданы лишь на основе натурной информации по чистой природной экосистеме. Очевидно, что в случае работы по конкретным портам такие начала мы можем рассчитывать получить только на полузамкнутых акваториях аналогах.

Общая параметрическая база должна охватывать не только водную среду, но и донные осадки, позволяя оценить в динамике их физическое состояние и химический состав по широкому диапазону признаков, включая органику, минералогические формы, санитарно-гигиенические категории, фациально-литологическую обстановку и т. д. [Павлов, 2005].

Район Ладожского озера вблизи о. Бурнев по многим причинам можно рассматривать как экологический аналог гавани. Он вполне соответствует чисто географическим требованиям такой аналогии (рис. 1).

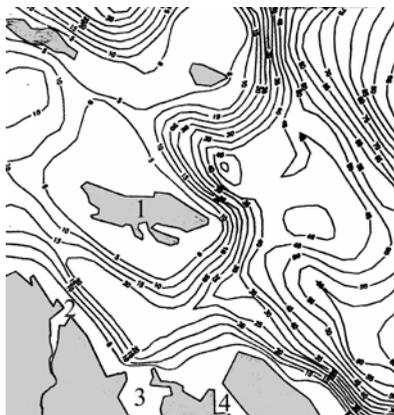


Рис. 1. Общий вид Приозерского аналога гавани с изобатами по результатам промеров 1989 г.  
1 – остров Бурнев; 2 – р. Тихая; 3 – зал. Щучий; 4 – зал. Рыбный.

Схема даётся по карте масштаба 1:25000. (Акватория открыта только с востока и юго-востока. Северное и северо-западное направления от сильного волнения закрыты соответственно о. Бурнев и архипелагом из многочисленных островов, два из которых попали на рисунок)

Кроме того, этот объект уникален по объёму и разнообразию натурной информации, которая была получена в результате многолетних исследований, выполненных авторитетными научными организациями СССР, при участии автора. В результате этих работ удалось не только получить натуральный материал самого широкого параметрического диапазона, но и охарактеризовать пространственные и временные закономерности формирования экологической обстановки в этом районе Ладоги, а также подойти к пониманию процессов, создающих современную экосистему этой территории с выходом на её модель. На базе этой модели была предложена система достаточно перспективных рекомендаций по улучшению экологической обстановки Приозерской акватории.

Суть экологической проблемы бурневского участка Ладожского озера как аналога гаваней связана с работой целлюлозного завода (ПЦЗ), сбрасывавшего свои отходы в оз. Дроздово на протяжении 23 лет (1965–1986). Заметим, что завод в своё время давал почти 60% целлюлозы СССР, что свидетельствует о колоссальных объёмах его отходов

Изначально оз. Дроздово было связано с Ладогой через зал. Рыбный (рис. 2). При организации сброса между ними была построена запирающая дамба, а жидкая часть отходов направлялась по трубам в зал. Щучий. В самом же заливе Щучий, в верхней его части была возведена набросная дамба, благодаря которой создавался как бы пруд-отстойник. Вся система функционировала достаточно надёжно до тех пор, пока в оз. Дроздово, уже переполненное отходами, не начали сбрасывать городские стоки.

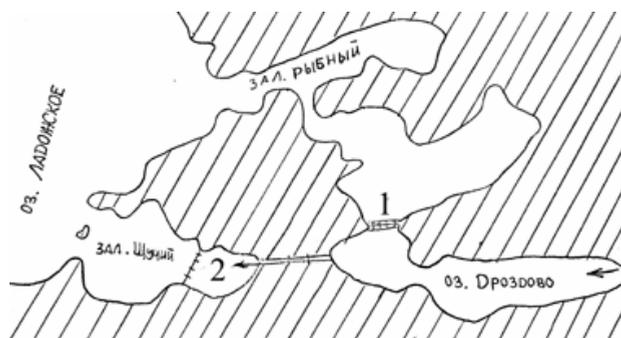


Рис. 2. Общая схема поступления отходов ПЦЗ в Ладогу. 1 – запирающая дамба; 2 – набросная дамба; стрелки – поступление жидких стоков

Основными компонентами сточных вод ЦЗ являлись лигнинные вещества, которые изменили кислотность водной среды, придали воде устойчивую тёмно-коричневую окраску и сами подверглись медленному биохимическому окислению с образованием новых продуктов: фенолов, метанола, формальдегида и органических кислот. Лигнины, будучи диспергаторами и коагулянтами, увеличивали количество взвешенных частиц, образуя хлопьевидные осадки, которые обладают повышенной способностью удерживать металлы, находящиеся в водах, что способствовало их транспортировке на значительные расстояния. Кроме того, лигнинные вещества провоцировали образование пены в зонах выпуска сточных вод ЦЗ, что приводило к перераспределению бактериальных, вирусных и химических загрязнителей в толще воды и способствовало их проникновению через очистные сооружения.

Не вдаваясь в детали всех проведённых исследований, отметим только, что сброс городских стоков в Ладожское озеро через систему, показанную на рис. 2, существенно ухудшил и без того очень плохие химические и бактериологические показатели оз. Дроздово. В результате оно превратилось в мощный долгодействующий источник загрязнения всего Приозерского региона.

Из оз. Дроздово, как основного отстойника отходов, поступавших с ЦЗ и города, загрязняющие стоки попадают в открытую Ладогу опосредованно, через зал. Щучий, который можно рассматривать как самостоятельный источник загрязнения с собственными структурно-вещественными особенностями и собственным механизмом функционирования.

## 2. Характеристика основных источников загрязнения

В зал. Щучий протекают разнообразные процессы, приводящие к частичному самоочищению находящихся в нём вод. Процесс самоочищения сопровождается появлением на дне в качестве дочернего продукта загрязняющих техногенных осадков, представляющих собой самостоятельную экологическую опасность. На нижней трети залива часть этих осадков периодически выносятся в Ладогу сгонно-нагонными течениями. Возможно, что эти течения не только

выносят в Ладогу техногенные осадки, но и привносят в сам залив ладожский материал в виде взвесей и суспензий. Этот материал, по-видимому, заражён некоторыми тяжёлыми металлами (Fe, Cu), имеющими иной источник – не озеро Дроздово и не залив Щучий.

Таким образом, не только зал. Щучий влияет на экологическую обстановку в прилегающей к нему части Ладоги (природного аналога гавани), но и Ладога влияет на экологическую обстановку в заливе, по крайней мере, в нижней его трети.

Ещё одним источником техногенного загрязнения может быть золоотвал тепловой электростанции (ТЭС), обслуживавшей ПЦЗ. Он расположен на восточном берегу оз. Дроздово, в 100–300 м от него, и представляет собой карьер, заполненный золой и шлаком. Формировался он на протяжении 22 лет. Материал доставлялся в него гидротранспортом. Точные оценки этих поступлений к настоящему времени не сохранились, однако проведённое опробование и ориентировочные оценки сброса, полученные на основе аналогий, позволяют рассматривать золоотвал как вероятный источник тяжёлых металлов, поступавших в оз. Дроздово.

Названные объекты можно считать явными источниками загрязнения Ладожского озера в районе г. Приозерска, причём источниками, возникновение которых так или иначе связано с одним и тем же первичным источником – ПЦЗ. В 1987 году завод был перепрофилирован и, таким образом, первичный источник перестал функционировать. Однако его длительное действие не только существенно нарушило экологическую обстановку на обширной территории, но и привело к созданию вторичных и мощных источников длительного действия, продолжающих негативно влиять на регион и сегодня (оз. Дроздово, зал. Щучий и золоотвал).

Изучение экологической ситуации вне этих источников и, в частности, на акватории Ладоги, прилегающей к зал. Щучий (р. Тихая – о. Бурнев – зал. Рыбный), показало, что рассмотренные источники вряд ли являются единственными в Приозерском регионе. Удалось установить два ранее неизвестных региональных источника загрязнения, находящихся за пределами нашего аналога гавани. Это, во-первых, акватория зал. Рыбный и бассейн р. Тихой, а во-вторых, – обширная область к северу и северо-западу от о. Бурнев. Кроме того, как возможный, но выделенный недостаточно уверенно, к ним может быть присовокуплен и сам о. Бурнев.

Исследование форм взаимодействия источников загрязнения с Ладожским озером позволило раскрыть генезис этого экологически негативного процесса.

Одной из таких форм является *гидромеханический перенос*, под которым следует понимать миграцию веществ с помощью движущейся воды, включая перемешивание. Анализ климатических и гидрологических особенностей северо-западной Ладоги дал возможность выполнить математическое моделирование гидродинамического поля на наиболее важном в экологическом отношении

участке – Южно-Бурневской впадине, находящейся в треугольнике: р. Тихая – о. Бурнев – мыс Рогатый, олицетворяющем аналог гавани.

Для вычислений принималась максимально возможная средняя скорость ветра для данного района, а выбор направления задавался от северного ( $0^\circ$ ) до  $330^\circ$  с шагом в  $30^\circ$ . Таким образом, было получено 12 характерных схем придонных ветро-волновых течений. Их анализ показал следующее:

1. Формирование донных осадков на рассматриваемом участке обусловлено функционированием и взаимодействием всех источников, выходящих к его границам.

2. Наиболее устойчивым загрязнителем (из внешних выносов) является р. Тихая. Поступающий из неё материал локализуется в её приустьевой зоне только при сильных западных ветрах. Во всех остальных случаях он распределяется на акватории «гавани» в зависимости от силы и направления придонных течений. При ветрах восточных и юго-восточных румбов снос происходит в основном в центральную впадину. При южном и юго-западном ветре поток веществ, выносимых из реки, минует зал. Щучий и движется к зал. Рыбный. При ветрах северо-западного и северного направлений материал из р. Тихой выносятся на северо-восток, за пределы «гавани».

3. Для зал. Щучий характерны сгонно-нагонные режимы. Нагонные ситуации являются наиболее частыми. Ветры, определяющие их по розе ветров, составляют 66 %. При нагонах в залив попадает материал из центральной части нашей «гавани», а также из р. Тихой и из зал. Рыбный. Особенности режима зал. Щучий как техногенного источника удалось детализировать с помощью электрогидродинамического моделирования (ЭГДА). Загрязнённые стоки весьма устойчиво идут из зал. Щучий в штилевую погоду. Протекающие при этом процессы их самоочищения, связанные с метастабильностью растворов, приводят к формированию на дне залива донных осадков (*in situ*). При ветрах В и Ю–З, З и СЗ–С румбов в залив нагоняется ладожская вода, в которой в значительном количестве может находиться загрязняющий материал из р. Тихой, зал. Рыбный и центральной части нашей «гавани». При Ю и Ю–З ветрах из зал. Щучий происходит мощный сгон при скоростях в придонном слое до 15 м/с. Этот поток не только выносит загрязнённые растворы, но способен в значительной мере очистить дно залива от осадков, накапливающихся в штилевую погоду и при нагонах.

4. Интересным источником загрязнения оказался зал. Рыбный, в котором, в отличие от зал. Щучий, отмечена другая ветровая ориентация. При Ю–В и В ветре из него в Ладогу идёт довольно мощная струя, заворачивающая на восток. При Ю, Ю–В ветре он принимает воду, выбрасываемую из зал. Щучий, при западном ветре в него может попадать материал,двигающийся со стороны о. Бурнев, на юго-востоке которого происходит сильный придонный отток. И, наконец, при ветрах СЗ–С–СВ румбов вынос из зал. Рыбный в районе мыса Рогатый образует антициклонную структуру.

5. Остров Бурнев, судя по построенным гидродинамическим схемам, навряд ли может являться самостоятельным источником загрязнения. Скорее всего, он является «перевалочной базой», в юго-восточной части которой может накапливаться материал из р. Тихой и из северо-западного региона Ладоги. Этот материал при Ю, ЮЗ и З ветрах выносится в центральную часть «гавани» или в зал. Рыбный.

Взаимодействие загрязнённых вод, находящихся в оз. Дроздово, зал. Щучий и зал. Рыбный, с водами Ладожского озера может происходить не только поверхностным способом, но и через подземный сток. Этот вопрос решался с помощью аналогового моделирования (ЭГДА) с использованием данных по геофизическому исследованию участка зал. Щучий. Работы показали, что загрязнение Ладоги через подземный сток представляет собой довольно реальный процесс как с точки зрения самой «гавани», так и по масштабу явления.

Результаты режимных наблюдений за состоянием вод зал. Щучий позволили установить, что загрязняющие стоки, попадающие в него из оз. Дроздово, в химическом отношении являются метастабильными и при распаде образуют продукты двух типов:

- тяжёлые, выпадающие на дно, и
- лёгкие, всплывающие на поверхность и дающие при наличии препятствий или волнения грязную пену.

Такую форму перераспределения веществ в техногенных стоках назвали *химической формой взаимодействия* источников загрязнения с водами Ладожского озера.

Эта форма исследовалась как на основе природных режимных наблюдений за составом воды в характерных точках зал. Щучий и Южно-Бурневской впадины, так и в условиях лабораторных экспериментов, а также с помощью математического моделирования и статистической обработки результатов площадных природных наблюдений за составом вод и донных осадков. В результате этих исследований были получены следующие выводы:

1. Химическая форма взаимодействия источников загрязнения с Ладожским озером может рассматриваться как основная и, вероятно, является наиболее сложной. С этой формы взаимодействие начинается. Суть его состоит в распаде загрязняющих стоков и их разбавлении. Распад сопровождается возникновением крупных и сложных корреляционных ассоциаций, отражающих сложную структуру химических связей в метастабильном растворе и «движение» этих связей.

2. Наиболее интенсивно и полно загрязняющие стоки разрушаются при воздействии на них кислорода и температуры (отрицательные корреляции).

3. Взвешенное вещество имеет в основном минеральный состав и представлено очень мелкими частицами, практически не влияющими на цвет и мутность воды, а также на сухой остаток. Уменьшение этого показателя не связано с какими-либо природными изменениями в химическом составе воды. Процесс

уменьшения содержания взвешенного вещества должен свидетельствовать об активном образовании донных отложений обломочного класса с преобладанием пелитовой фракции. Процесс увеличения содержания взвешенного вещества является показателем эрозионных явлений.

4. Мутность и цветность, скорее всего, связаны с биохимическими формами вещества, находящегося в воде.

5. Разрушать загрязняющие стоки, по-видимому, можно не только с помощью аэрирования вод, но и выведением тем или иным способом из раствора тех компонентов, которые участвуют в сложных корреляционных ассоциациях, установленных при статистическом анализе. Это обстоятельство существенно расширяет возможности выбора рекомендаций для улучшения экологической обстановки путём воздействия на основные источники загрязнения: стоки р. Тихой, заливов Щучий и Рыбный.

**Биологическую форму взаимодействия** источников загрязнения с Ладогой, вероятнее всего, следует рассматривать как опосредованную: биота, развиваясь в экологически загрязнённой среде, как правило, очищает её. В комплексе работ по Приозерскому региону только три организации занимались биотой в основных источниках загрязнения: Ленинградская лесотехническая академия (ЛЛТА), ВСЕГЕИ и Лаборатория микробиологии ВНИИ ОЧБ.

Анализ форм взаимодействия источников загрязнения с Ладожским озером привёл к следующим выводам:

1. Все рассмотренные гидромеханические, химические и биологические формы взаимодействия источников загрязнения с Ладожским озером проявлены достаточно сильно. Это обстоятельство позволяет каждую из этих форм использовать в качестве инструмента управления процессами формирования экологической обстановки.

2. Через гидромеханическую форму взаимодействия можно управлять транспортировкой и аккумуляцией материала, направляя перенос и отложение по заданному месту и времени.

3. С помощью гидрохимических форм можно создавать, разрушать и изменять гидро- и геохимические барьеры, влиять на состав загрязнённых растворов и кинематику происходящих в них процессов.

4. Биологическая форма позволяет находить и создавать способы биологической очистки вод и донных осадков. Управление через биологические формы взаимодействия можно реализовывать несколькими путями:

- создание штаммов-деструкторов;
- создание условий (рН, Eh и т.п.) для интенсификации развития определённых групп организмов на конкретные металлы, на нефтепродукты, на фенолы, аммиак, сульфаты и т.д.

1. Управление может внедряться на различных типах участков: внутри источников, на выходе из источника, на техногенных аномалиях.

2. Наиболее эффективным будет, вероятно, комплексное управление, включающее контроль за всеми формами взаимодействия источников и среды.

3. Выбор места приложения целенаправленного взаимодействия на экосистему определяется ландшафтными условиями.

Северо-западная часть Ладожского озера, о которой идёт речь, пространственно тяготеет к устью р. Вуоксы и включает в себя зал. Лехмалахти. В общем плане она представляет собой квазиизолированную впадину, являющуюся областью интенсивного наполнения преимущественно глинистыми осадками.

Это обстоятельство, по-видимому, является решающим при распределении продуктов техногенного загрязнения в Приозерском регионе. Анализ такого распределения был проведён по содержанию тяжёлых металлов в донных осадках с использованием программы «Serfer», тренд-анализа и модели придонных ветро-волновых течений. Пример таких построений показан на рис. 3.

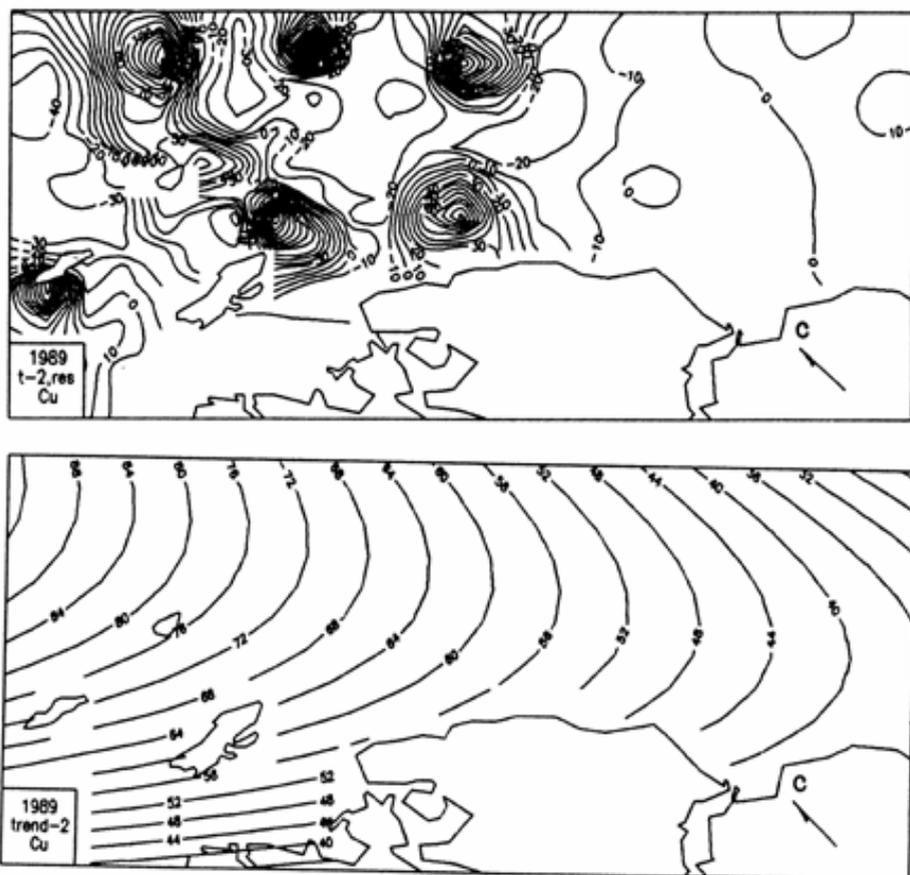


Рис. 3. Результаты тренд-анализа распределения меди в донных осадках.

Поверхности параболического тренда (внизу) и остатка (вверху).

Построение выполнено на топоснове масштаба 1:100 000 по результатам пробоотбора ВСЕГЕИ

Особенности размещения тяжёлых металлов, как важного показателя техногенной загрязнённости, с учётом особенностей строения гидродинамического поля, привели к следующим важным выводам:

1. Существует мощный региональный поток техногенного загрязнения, поступающий на участок Ладожского озера в районе г. Приозерска с северо-северо-запада. Река Вуокса, благодаря своему сильному гидродинамическому импульсу, создаёт на пути этого потока гидромеханический барьер, определяя тем самым накопление загрязняющих веществ на участке от створа р. Тихая – о. Бурнев – о. Заячий до створа р. Вуоксы.

2. Поступление загрязняющих веществ из р. Тихой, зал. Щучий, зал. Рыбный существенно осложняет региональную картину и усугубляет экологическую обстановку в районе Приозерска.

3. Тяжёлые металлы и, возможно, другие загрязняющие вещества создают в донных осадках очаги загрязнения, положение которых в значительной мере контролируется рельефом дна. Большинство этих очагов находится на склонах, отделяющих банки от берега и от глубоких впадин, что косвенно подтверждает принцип *движения донного материала вдоль изобат*. Это движение носит *групповой характер* и создаёт полиметаллический тип очагов загрязнения. Задача ликвидации таких очагов – это задача литодинамическая.

### 3. Модель загрязнения

Проведённые многоплановые исследования и полученные на их основе выводы позволили построить концептуальную модель формирования экологической обстановки в Приозерском регионе Ладожского озера. Её можно представить в виде двух схем, показанных на рис. 4 и 5.

На рис. 4 даётся схема устройства экологической системы. Она состоит из нескольких блоков, связь между которыми показана стрелками:

- сплошные – обозначают поверхностный сток;
- пунктирные – изображают сток подземный.

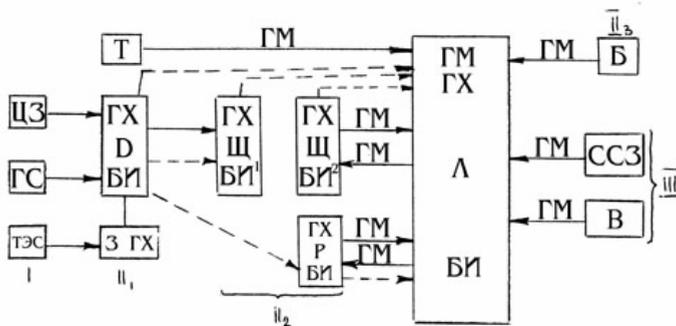


Рис. 4. Схема устройства экологической системы Приозерского района Ладожского озера (участок о. Бурнево). Буквы у стрелок обозначают основные формы взаимодействия источников с Ладогой: ГМ – гидромеханические формы; ГХ – гидрохимические процессы во вторичных источниках и в Ладожской впадине; БИ – биологические процессы

*Генетическое содержание блоков:*

а) источники ныне не функционирующие:

ЦЗ – бывший целлюлозный завод; ТЭС – тепловая электростанция;

б) источники функционирующие:

ГС – городские стоки; Д – оз. Дроздово; З – золоотвалы; Т – р. Тихая; Щ – зал. Щучий в верхней части до дамбы (1) и нижней части от дамбы до Ладоги (2); Р – зал. Рыбный; ССЗ – северо-северо-западные источники; Б – о. Бурнев; В – р. Вуокса; Л – Ладожское озеро.

*Группы источников объединены римскими цифрами:*

I – первичные;

II (по порядкам 1, 2, 3) – вторичные;

III – региональные неизвестного происхождения.

Рис. 4 – это своего рода алгоритмическая схема, отражающая уровень экологической изученности Приозерского района Ладожского озера. Аналог нашей потенциальной гавани входит в неё как основная часть – это акватория, ограниченная створами р. Тихая – о. Бурнев – мыс Рогатый (у зал. Рыбный). Несмотря на явные пробелы в информации, этот уровень всё же оказывается достаточным, чтобы выбрать принципиальный путь построения модели рассматриваемой экосистемы. Наиболее перспективным выглядит идеология сигналов, о которой говорилось вначале статьи. Напомним её суть.

- Высокая сложность и разнообразие процессов формирования экосистемы «гавани», огромное количество параметров, характеризующих её состояние, принципиальные трудности в установлении и описании конкретных механизмов функционирования как самой, так и источников её загрязнения, неумолимо приводят к необходимости поисков путей достаточно общей формализации всего комплекса параметров и операций с ними на основе четвёртого закона экологии – *природа знает лучше*.

- Одна из возможностей такого рода формализации состоит в построении некоего начального сигнала, заданного в виде простой функции.

- Эта функция строится на данных натурной информации, и особенности её поведения во времени и пространстве также устанавливаются и контролируются натурными данными.

Для иллюстрации смысла процедуры формализации всего набора экологических параметров в некий обобщённый сигнал-функцию преобразуем часть рис. 4 в схему с другой терминологией, принятой при описании систем связи и передачи информации (рис. 5).

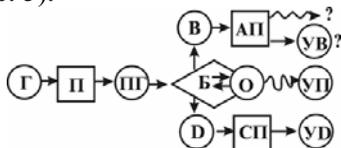


Рис. 5. Информационная схема воздействия техногенного очага «городские стоки – оз. Дроздово» на акваторию Ладоги

- Из первичных источников в настоящее время функционирует лишь один – городские стоки (ГС). Будем их рассматривать как некий генератор информационного сигнала, который может быть задан функцией (Г).

- Оз. Дроздово является преобразователем (П) этого сигнала в новый сигнал (ПГ).

- Зал. Щучий – это делитель сигнала, своего рода бифуркатор (Б). Он разделяет сигнал на две независимые ветви: поверхностную или верхнюю (В) и донную (D). При этом такое деление он осуществляет не мгновенно, а на протяжении интервала времени  $\Delta t$ , равного среднему времени продвижения единичных объёмов воды от истоков до устья залива.

- При бифуркации остаточный сигнал (О) постепенно преобразуется в устойчивый сигнал воды в Ладоге (УП).

- Донный сигнал (D) под действием седиментационных процессов (седиментационного преобразователя СП) трансформируется в некий устойчивый сигнал (УD).

- Верхний сигнал (В) либо исчезает под воздействием атмосферного преобразователя (АП), либо также стабилизируется (УВ).

Что-то похожее можно расписать и для подземного стока с субаквальной разгрузкой, как второго генератора. Однако сегодня мы не готовы построить для него даже общую схему. Аналогичные принципиальные возможности существуют и для других источников: р. Тихой, р. Вуоксы и т.д. Заметим, что за генератор начального сигнала можно принять любое звено информационной цепи. Для этого достаточно лишь «забыть» всё, что мы знаем до него. Ведь городские стоки (ГС) тоже начинаются не на входе в оз. Дроздово.

Анализ рис. 5. позволяет сделать ряд чрезвычайно полезных выводов:

1. Он показывает, что и в какой мере мы уже начали понимать, и что мы пока не знаем совсем.

2. Он помогает определить пути наших дальнейших действий, иными словами, увидеть программу дальнейших исследований, ожидаемый результат и принципы его получения.

3. Он раскрывает чрезвычайную физическую сложность происходящих процессов и колоссальные трудности, стоящие на пути их преодоления, начиная от аналитики и кончая раскрытием физической сущности явления в целом.

4. При этом функционально-информационный принцип, закладываемый в модель, выводит на иной, не физический путь решения. Этот путь более *формализован, но именно поэтому и более реалистичен.*

### **Литература**

1. Павлов А.Н. Основы экологической культуры. – СПб.: Политехник, 2004. – 333 с.
2. Павлов А.Н. Представление об информационных циклах // Ученые записки РГГМУ, 2005, № 1, с. 189–198.