

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОСНОВНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАДАЧ.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСЧЕТОВ В
СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.**

**Зав. кафедрой комплексного использования ФГОУ ВПО
МГУприродообустройства Раткович Л.Д.**

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ И БАЛАНСЫ

- **ВХР и ВХБ – раздел проектной документации (СКИОВР, ТЭО, ТЭД, ТЭР, проект), предусматривающий всестороннюю оценку соответствия проектируемых гидросооружений и водохозяйственных установок режиму и объему требований к воде участников водохозяйственного комплекса или отдельных водопотребителей для решения проблем водообеспечения, поддержания качества вод и экологического равновесия водных объектов.**
- **Перечень вопросов, решаемых с помощью водохозяйственных расчетов, достаточно широк и устанавливается в зависимости от условий конкретного объекта с учетом стадии проектирования**
- **Обосновывающие ВХР, выполняемые для ГЭС или энергокомплексов, называют водноэнергетическими (ВЭР)**

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОБОСНОВЫВАЮЩИХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСЧЕТОВ

- **Фундаментальные основы теории водохозяйственных расчетов разработаны в трудах С.Н.Крицкого, М.Ф.Менкеля, их учеников и последователей 20-40 лет назад. С тех пор менялась главным образом практика водохозяйственного обоснования проектных решений благодаря широкому внедрению компьютерных технологий и расширению теоретической базы и круга вопросов, входящих в область водохозяйственного обоснования проектных решений.**
- **Что касается теории, то здесь, основные направления развития были связаны с разработкой математических моделей природных процессов; имитационного моделирования водохозяйственных систем различного уровня сложности и оптимизацией режима их работы.**
- **Существенно сместились акценты в оценке располагаемых водных ресурсов от их количества к качеству, а также в части сохранения и восстановления водных и околотоводных экосистем.**
- **По-видимому, невозможно четко разграничить задачи проектирования на решаемые в рамках «водохозяйственных расчетов» и задачи других разделов. Тем не менее, можно выделить основные и частные водохозяйственные задачи, возникающие в процессе проектирования и эксплуатации ВХС.**

ОСНОВНЫЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ

- определение водохозяйственного эффекта, получаемого от водохозяйственной системы или отдельной водохозяйственной установки – гарантированное количество воды и энергии, отдаваемое потребителям
- обоснование водохозяйственных и водоохраных мероприятий, направленных на экономию водных ресурсов и регулирование качества воды
- обоснование инженерно-технических мероприятий и параметров гидротехнических сооружений – объемы и характерные отметки водохранилищ гидроузлов (УМО, НПУ, ФПУ), пропускная способность каналов и водоводов, производительность насосных станций, гарантированная и установленная мощность ГЭС, выработка электроэнергии, другие показатели
- водохозяйственное обоснование системы мероприятий для защиты от наводнений и других проявлений негативного действия вод, сокращения и предотвращения социально-экологических и экономических ущербов
- водохозяйственное обоснование комплексных мероприятий по восстановлению водных объектов, например озер, морей (Аральское).
- разработка имитационных моделей для систем регулирования, территориального перераспределения стока, в том числе каскадов водохранилищ в составе больших водохозяйственных систем
- разработка «Правил использования водных ресурсов водохранилищ» (водохозяйственный раздел)

ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ЧАСТНЫЕ ЗАДАЧИ

- Оценка располагаемых водных ресурсов (определение водохозяйственной, в частном случае оросительной способности реки)
- водохозяйственные балансы с учетом территориального вододеления в трансграничных створах
- повышение репрезентативности гидрологической и водохозяйственной информации: а) использование аналогов б) применение стохастических и детерминистических моделей
- определение параметров сооружений (V , Q , ...) конкретной ВХС
- построение диспетчерских графиков одного или каскада водохранилищ
- определение продолжительности пускового периода водохранилищ гидроузлов
- распределение водных ресурсов между участниками ВХК
- анализ изменения уровня режима естественных водоемов
- определение зоны влияния водохранилищ
- расчет пропуска максимальных половодий и паводков через гидроузлы, определение емкости форсировки, границ затопления и подтопления, высоты и протяженности защитных дамб

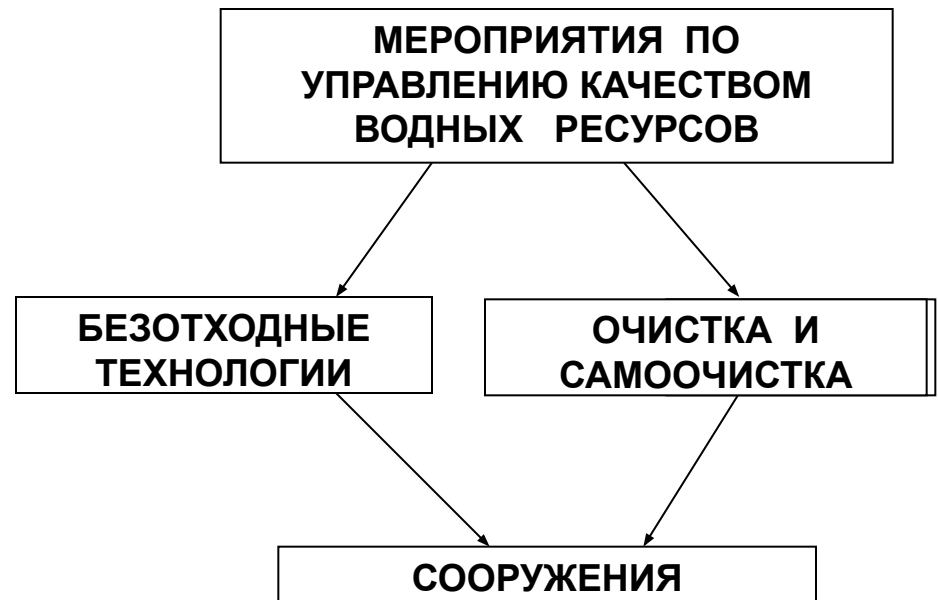
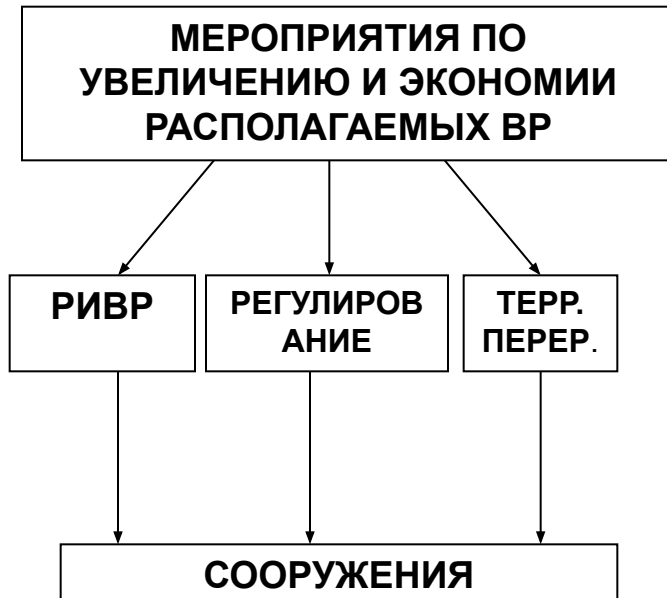
**Далее показаны
общеметодические подходы
решения некоторых из
перечисленных задач**

ОБЩАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЭФФЕКТА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ИЛИ ОТДЕЛЬНОЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ УСТАНОВКИ

- Пусть A – объем гарантированной воды для потребителя
- A – гарантированные потребителю водные ресурсы; S – среднееголетнее значение естественного стока; C_v , C_s – характеристики изменчивости и асимметрии; r – параметр внутрирядной связи, например коэффициент автокорреляции между обеспеченностями или нормализациями стоков смежных лет в случае авторегрессии первого порядка; в более общем случае автокорреляционная функция;
- B – характеристика распределения ресурсов внутри года; P – набор критериев покрытия водопотребления; V – параметры водохозяйственной системы: емкость водохранилища; пропускная способность каналов и водоводов, производительность насосных станций и т.д. ; \mathcal{E} – совокупность санитарно-экологических требований; U – функция управления водными ресурсами.

$$A = F(S, C_v, C_s, r, B, P, V, \mathcal{E}, U)$$

**МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ.
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ.
РЕГУЛИРОВАНИЕ И ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ
СТОКА. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОДДЕРЖАНИЮ КАЧЕСТВА ВОД.**

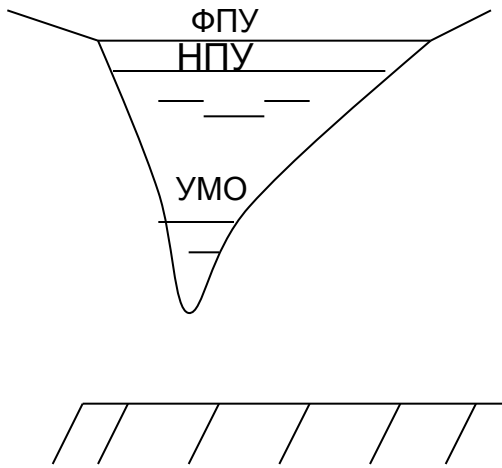


Обоснование водохозяйственных и водоохраных мероприятий, направленных на экономию водных ресурсов и регулирование качества воды

- водосберегающие технологии, прежде всего оборотные и повторного использования системы водоснабжения
- борьба с непроизводительными потерями воды
- сокращение удельных норм водопотребления
- прогрессивные методы орошения
- экономия ресурсов за счет альтернативных мероприятий
- строительство очистных сооружений
- внедрение безотходных технологий
- стимуляция процессов самоочищения водотоков и водоемов – аэрация потоков, охлаждение сточных вод, биологическая самоочистка.

Обоснование инженерно-технических мероприятий и параметров гидротехнических сооружений

- объемы и характерные отметки водохранилищ гидроузлов (УМО, НПУ, ФПУ), пропускная способность каналов и водоводов, производительность насосных станций, гарантированная и установленная мощность ГЭС, выработка электроэнергии, другие показатели



A – суммарная гарантированная водоотдача

$P_{пр}$ – приведенная обеспеченность

A_i – отраслевая отдача

P_i – обеспеченность удовлетворения

$$V_{ПОЛН} = V_{ПЛЗ} + V_{МО}; \nabla_{НПУ} = f(V_{ПОЛН})$$

$$Q_B = f(Q_{ВДПТ}, K_{ЗИМ})$$

$$N_{УСТ} = N_{ГАР} + N_{РЕЗ}$$

$$N_{ГАР} = N_{ОБ} + N_{БАЗ}$$

$$N = 9.81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta \text{ [кВт]}$$

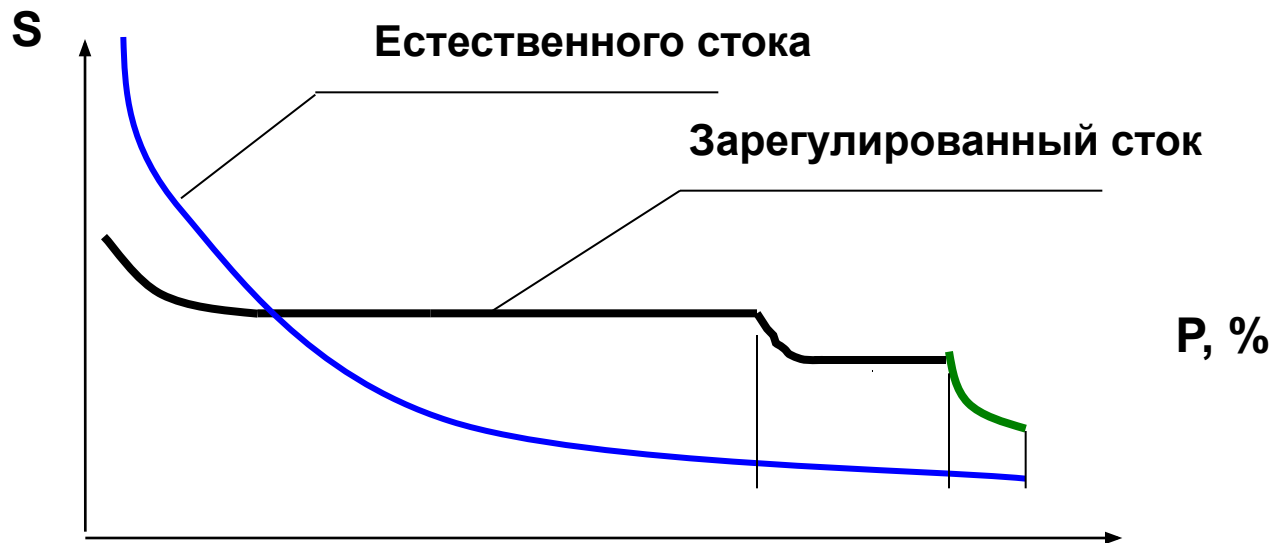
$$\mathcal{E} = N \cdot T$$

$T_{УСЛ}$ – условное число часов работы ГЭС в году

$$W = \frac{432 \cdot \mathcal{E}}{H}$$

Определение располагаемых водных ресурсов в многолетнем разрезе по кривой обеспеченности

- Анализ водохозяйственной обстановки по отдельным годам характерной водности малоинформативен, поэтому необходима оценка водообеспеченности за весь многолетний расчетный ряд на основе сопоставления кривых обеспеченности естественного и проектного стока



Повышение репрезентативности исходной гидрологической информации

- **Максимальное использование располагаемых данных наблюдений**
- **Использование рек аналогов и имеющихся эмпирических (региональных) формул**
- **Стохастическое и детерминистическое моделирование гидрологических рядов для повышения репрезентативности информации**

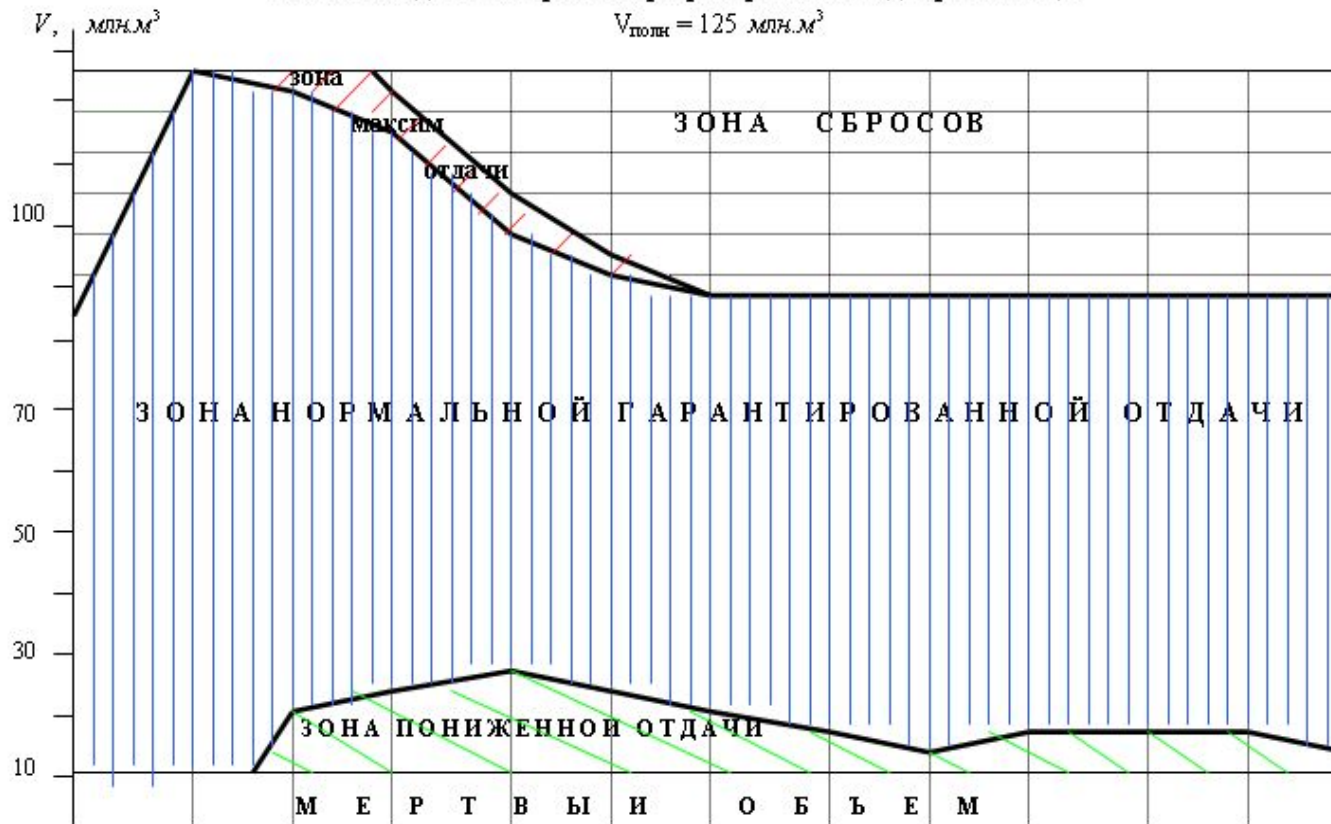
Вопросы управления водохранилищами с помощью диспетчерских графиков

- **Диспетчерские графики лежат в основе управления режимом работы как отдельных водохранилищ, так и сложных ВХС, таких как Москворецкая водная система. Методика их построения сложная проектная задача, решение которой ориентировано на условия нормальной эксплуатации, пусковой период и форс-мажорную ситуацию. Основная цель – это безопасность и эффективность работы водохозяйственных установок.**
- **Водохозяйственный аспект управления предусматривает :**
- **обеспечение нормальной гарантированной водоотдачи**
- **предотвращение глубоких перебоев и обеспечение пониженной отдачи**
- **минимизация холостых сбросов**
- **На следующем слайде показан диспетчерский график стандартной структуры для отдельно работающего водохранилища**

Структура диспетчерского графика

Основной диспетчерский график работы водохранилища

$V_{\text{полн}} = 125 \text{ млн.м}^3$



Линии ДГ	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV
1	МО	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
2	ЛПО	10.00	20.39	22.67	26.82	22.82	18.29	14.62	12.67	14.82	14.80	15.42	13.92
3	ППЛ	125.0	123.0	111.6	97.00	87.87	82.23	82.13	83.46	83.36	82.72	82.12	82.00
4	ПСЛ	125.0	125.0	119.3	105.3	92.02	83.04	78.44	79.08	74.48	69.31	64.30	58.70

1 – Линия мертвого объема ; 2 – Линия пониженной отдачи ; 3 – Противоперебойная линия ; 4 – Противосбросовая линия

Определение зоны влияния водохранилища при создании напора. Расчет емкости форсировки.

- Оценка затопления при половодьях (паводках) различной обеспеченности
 - Нанесение существующего положения уровня грунтовых вод на серии гидрогеологических разрезов по длине водохранилища
 - Расчеты нового положения УГВ (методика Н.Н.Веригина), оценка подтопления
 - Расчет емкости форсировки водохранилища в общем случае многофакторная задача, поскольку решаются вопросы :
 - затопление территорий в верхнем бьефе гидроузла (вынос объектов, переселение людей)
 - определение пропускной способности водосбросных сооружений
 - затопление территорий в нижнем бьефе (защитные дамбы)
 - состав и стоимость мероприятий по компенсации воздействия
- Экспертная оценка пропуска максимальных расходов через гидроузел может выполняться по методике Д.И.Кочерина

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСБЕННОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСЧЕТОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

- Направленность водохозяйственных задач в настоящее время чаще сводится не к проектированию новых объектов, а к изменению режима регулирования стока существующими гидроузлами и компенсации антропогенного воздействия.
- Несмотря на огромный потенциал водных ресурсов страны дальнейший рост водопотребления ограничен существующими масштабами регулирования стока и в большей степени экологическими соображениями.
- Водные и околоводные экосистемы требуют сохранения в маловодных условиях режима стока близкого к естественному.

НЕОБХОДИМОСТЬ ОБОСНОВАНИЯ САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОПУСКОВ

- Разработка близких к оптимальным правил эксплуатации существующих гидроузлов и их каскадов должна базироваться на обоснованных санитарно-экологических попусках. Отдельные работы в области обоснования экологических требований свидетельствуют о необходимости разработки методологии назначения специальных попусков из водохранилищ, принимая во внимание располагаемые водные ресурсы, сложившийся водохозяйственный баланс, состояние природной (водной) среды, ущерба от угнетения природных экосистем и ряд других факторов.
- Корректное назначение попусков в числе расходных составляющих ВХБ одна из наиболее сложных задач современной водохозяйственной практики. Поскольку существующий уровень наших знаний часто не позволяет однозначно ответить на вопрос о попуске, определяющим становится уровень квалификации конкретного специалиста.

- Ориентируясь на существующие методы определения объема и режима попусков, по-видимому следует выбрать определенную схему, учитывающую природный фактор с одной стороны и сложившуюся водохозяйственную ситуацию с другой. В связи с этим можно наметить несколько уровней назначения попуска.
- Например первый уровень, наиболее благоприятный для водоисточника - возможен только при сведенном водохозяйственном балансе, неглубоком сезонном регулировании стока, отсутствии крупных потребителей и потребителей, существенно загрязняющих воду.
- Второй уровень можно квалифицировать как санитарный, обеспечивающий выполнение нескольких требований :
 - - разбавление загрязненных стоков до уровня допустимых концентраций. Поскольку в большинстве случаев невозможно иметь количество воды, достаточное для такого разбавления, определяется предельное количество загрязнений, необходимая степень очистки и соответственно мощность очистных сооружений при том или ином попуске.
 - - уровни воды в реке, необходимые для нормальной работы водозаборных сооружений
 - - предотвращение промерзания реки зимой, а летом размножения кровососущих насекомых.
- Наконец третий уровень ориентируется на сохранение в водоисточнике санитарной проточности в размере минимальных меженных расходов 95 % обеспеченности в условиях остродефицитного водохозяйственного баланса, когда сокращение водопотребления в интересах природного комплекса невозможно в силу причин местного социального характера.
- Разумеется предлагаемая методология назначения попусков предусматривает специальные проработки для обоснования объема и режима того или иного вида попусков (Фащевский Б.В., Вельнер Х.А., Кефели Ф.Ф., Шахов И.С. и другие авторы).

Использование имитационных водохозяйственных моделей

- Решение большинства сложных водохозяйственных задач ведется с помощью имитационных и (или) оптимизационных математических моделей. Модели представляют собой набор программных модулей, позволяющих быструю оценку водохозяйственной ситуации по сумме факторов, число и качество которых зависит от уровня программного продукта. Как показывает практика более разумный подход состоит в применении имитационной модели с включением отдельных блоков оптимизации.
- Использование при этом универсальных программных модулей не всегда оправдано, поскольку универсальные модели включают множество деталей, не являющихся определяющими в конкретном случае, но излишне «тяжеловесных» для учета специфических ситуаций. Лучшие из универсальных имитационных моделей обладают широким спектром возможностей в части внешнего сервиса, анализа результатов в режиме реального времени, профессиональной статистики результатов. Требуется обобщение или классификация существующих моделей с определением границ их применимости для проектировщиков.
- Наиболее «продвинутым» в международной практике и все более широко используемым в нашей стране является Датский программный пакет MIKE-BASIN, работающий в среде ГИС. О возможностях использования названной системы рассказывается в презентации зам. директора ФГУП ГОСЭКОМелиовод Бубера А.Л.