

# **МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ И РАСЧЕТА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА**

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

# ПОНЯТИЕ ВХБ

- **Балансовый метод** один из основных методов водохозяйственных расчетов.
- **ВХБ - количественное сопоставление** располагаемых водных ресурсов с объемом и режимом требований ВХК, а также результат этого сопоставления.
- **Иначе ВХБ** – «иллюстративные таблицы к водохозяйственным расчетам, отражающие соотношение располагаемых гарантированных водных ресурсов и расчетного водопотребления при соответствующем уровне развития экономики и комплексных водохозяйственных и природоохранных мероприятий».

# ВИДЫ ВХБ

- **Отчетные** - за отчетный период, служат для анализа работы ВХС ретроспективного периода. Фиксируют рост водопотребления, соблюдение лимитов и т.д., составляются обычно для лет 75% и 95% обеспеченности
- **Оперативные** - на текущий год для отслеживания соблюдения режима эксплуатации или коррекции диспетчерских правил с целью перераспределения ВР между потребителями. Обычно составляются для лет 75% и 95% обеспеченности
- **Плановые** - как составная часть планов развития экономики. Обычно составляются для лет 50%, 75% и 95% обеспеченности. Учитывают существующие водохозяйственных мероприятий.
- **Перспективные** - на перспективу в 15-20 лет и более, предназначены для оценки достаточности существующих мероприятий для удовлетворения требований ВХК в проектной и отдаленной перспективе. Могут составляться для лет 25%, 50%, 75% и 95% обеспеченности. Учитывают существующие и проектируемые водохозяйственные мероприятия
- В ряде случаев особо ответственных потребителей (АЭС) выполняются ВХБ лет 97 % обеспеченности.

# **ВХБ подземных вод**

- **ВХБ подземных вод либо делается отдельно и тогда часть требований исключается из расходной части общего ВХБ, либо учитывается в приходной части суммарного баланса в размере гидравлически несвязанной с поверхностным стоком составляющей подземных вод, либо, что более правильно вносится в расходную часть баланса как «ущерб речному стоку».**
- **При отсутствии данных считается, что:**
- **влияние отбора подземных вод практически не сказывается на поверхностном стоке при расположении подземных горизонтов ниже местного базиса эрозии или если водозабор находится на значительном удалении от гидрографической сети**
- **отбор из речных долин (аллювиальные отложения) полностью можно отнести к поверхностному стоку**
- **В промежуточных ситуациях коэффициент гидравлической связности принимается 0.3 - 0.7 в соответствии с гидрогеологическим анализом.**

# ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИНОЛОГИИ

- Встречаются сочетания : ВХБ участка реки, ВХБ в створе гидроузла (водохранилища), ВХБ бассейна или части бассейна. Каждое несет определенный смысл сообразно поставленной проектной задаче.
- Наиболее часто используется баланс водохозяйственного участка (ВХУ). Если делать баланс в целом для бассейна или части бассейна, то неизбежно возникновение «скрытых дефицитов», поскольку нельзя покрыть водопотребление верхнего бассейна стоком , формирующимся в нижней его части.
- Разрезка года при оставлении ВХБ выбирается, как правило, водохозяйственная - то есть, начиная с наиболее многоводного сезона года

# УРАВНЕНИЕ ВХБ

- Уравнение ВХБ водохозяйственного участка реки примерно описывается выражением :

$$S_{пт} + S_{бок} + W_{подз} \pm \Delta S + TR + W_{вв} \pm \Delta V = W_{\Sigma} + КП + UR + D + ПОТ$$

- $S_{пт}$  – проектный приток сверху, учитывающий изъятие выше входного створа;  $S_{бок}$  – боковая приточность на участке, иначе сток, формируемый на участке;
- $W_{подз}$  – подземный водозабор;  $\Delta S$  – антропогенное изменение стока;  $TR$  – переброска стока извне;  $W_{вв}$  – возвратные воды на участке;  $\Delta V$  – регулирование стока на ВХУ;  $W_{\Sigma}$  – суммарный водозабор на участке ;  $КП$  – комплексный попуск;  $UR$  – ущерб речному стоку в результате подземного водозабора; переброска стока из реки;  $D$  – дотация стока в другие бассейны или створы.  $ПОТ$  – потери на фильтрацию и дополнительное испарение, связанные с регулированием стока на участке.
- Важным обстоятельством является учет возвратных вод. Его нужно оценивать непосредственно на рассматриваемом участке, иначе могут быть скрытые дефициты в связи с необеспеченным объемом водозабора.

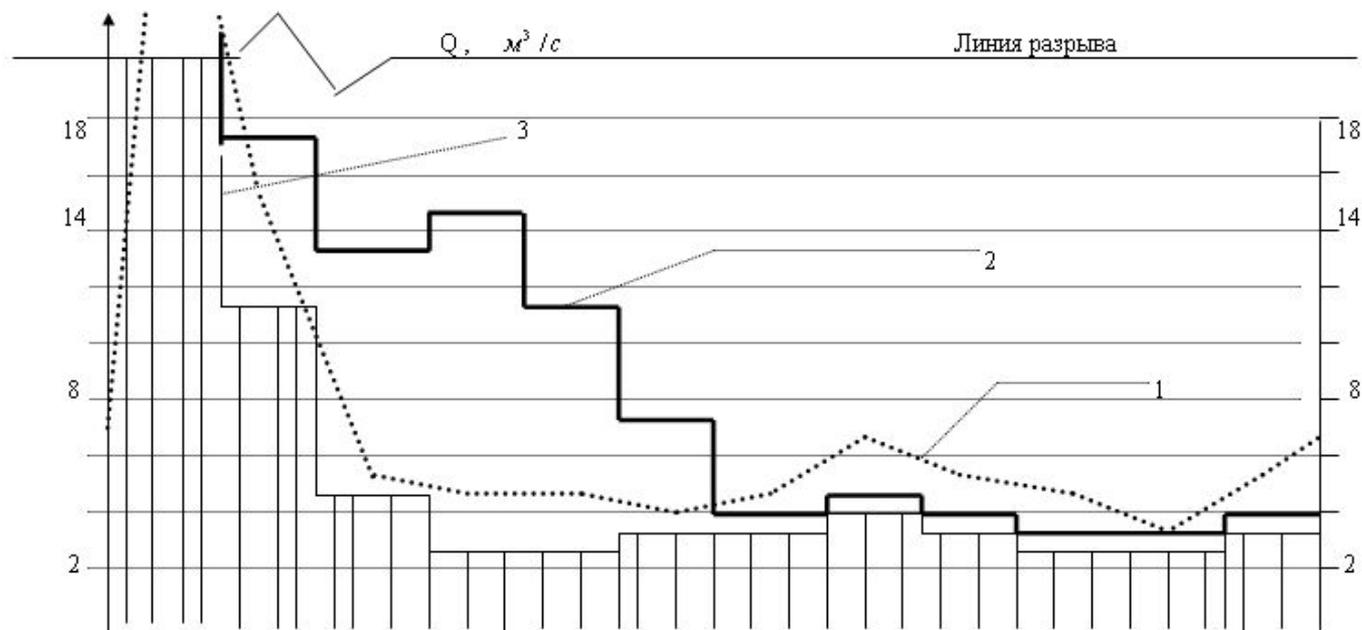
# ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ

- В соответствии с изложенным неотъемлемой частью большинства водохозяйственных расчетов являются постворные балансы реки (в разрезе ВХБУ), характеризующие водохозяйственную остановку в разных частях бассейна. Составление таких балансов не составляет особого труда благодаря развитию в последние годы вычислительной техники на базе персональных компьютеров.
- Главным при этом является разработка корректного алгоритма расчета ВХБ, в основе которого лежит уравнение водохозяйственного баланса. Уравнение ВХБ может быть записано различными способами в зависимости от того, какие именно составляющие являются определяющими для водохозяйственного анализа конкретной проектной задачи.
- Постворный водохозяйственный баланс не может быть составлен без четкой методики расчета проектного стока в створе, замыкающем водохозяйственный участок.
- В свою очередь проектный сток в замыкающем створе не может быть получен без предварительного распределения дефицита между отраслевыми потребителями и комплексным попуском.
- Распределение дефицита между участниками водохозяйственного комплекса - самостоятельная водохозяйственная задача, которая решается либо на основе согласованных приоритетов, либо путем технико-экономического обоснования.

# СТРУКТУРА ВХБ

- Форма представления ВХБ должна соответствовать принятой структуре. Традиционная структура включает приходную и расходную части баланса, а также результат баланса.
- В ответственных случаях структура баланса существенно отходит от стандартной формы, отражая существо принимаемых проектных решений и реализации тех или иных мероприятий. В этом состоит основное отличие ВХБ от бухгалтерского баланса. ВХБ должен отражать инженерную составляющую в сопоставлении ресурсов и требований.
- При составлении баланса сложной водохозяйственной системы существенным моментом является порядок представления материалов. По опыту проектирования оптимальным вариантом является **многолетний ВХБ в годовых объемах стока и водопотребления, ВХБ характерных по водности лет и иллюстративный ВХБ**, дающий графическую интерпретацию произведенных балансовых расчетов.
- ВХБ не должен быть «несведенным». Окончательный вариант должен быть увязан с учетом необходимых водохозяйственных и водоохраных мероприятий, для обоснования которых данный баланс и предназначен.
- Существует достаточно обширная литература по данной тематике. В настоящей презентации отражены лишь особенности расчета ВХБ, проявляющиеся в проектной работе.

Иллюстративный водохозяйственный баланс в расчетном створе в привязке к проектной перспективе 2025 года



СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВХБ		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	Год, млн.м³
1	$Q_{ест}$	718	152	5.50	4.60	4.80	4.20	4.70	6.10	4.80	4.20	3.90	4.80	354.0
2	$Q_{расп}$	557	174	129	148	109	7.40	3.80	4.40	3.80	3.60	3.30	3.90	373.3
3	$Q_{СЭК}$	532	11.5	4.20	2.60	2.60	2.90	3.00	3.80	3.00	2.60	2.50	3.00	250.0
4	$A_{ГДР}$	2.50	5.90	8.70	12.2	8.30	4.50	0.80	0.60	0.80	1.00	0.80	0.90	123.3

$S_{ест}$  - естественный сток в створе гидроузла ;  $S_{расп}$  - зарегулированные располагаемые ВР с учетом дотации из внешнего речного бассейна ;

$S_{СЭК}$  - санитарно-экологический попуск ;  $A_{ГДР}$  - гарантированное водопотребление брутто в расчетном створе

# Критерии удовлетворения требований

- **$P$  – обеспеченность по числу бесперебойных лет –наиболее употребляемый критерий,  $m$  – число перебойных лет,  $N$  – длина расчетного ряда**

$$P = \frac{N - m}{N + 1}$$

- **$P$  – обеспеченность по сумме бесперебойных месяцев используется когда более важным является покрытие требований ежегодно, но с меньшей гарантией (например продолжительность периода навигации),  $M$  – число перебойных месяцев**

$$P = \frac{N \cdot 12 - M}{N \cdot 12}$$

- **$P_{\text{пр}}$  – приведенная обеспеченность для экспертного расчета комплексной отдачи, используется при наличии нескольких разнообеспеченных водопотребителей (промышленность, орошение, водный транспорт, энергетика)**

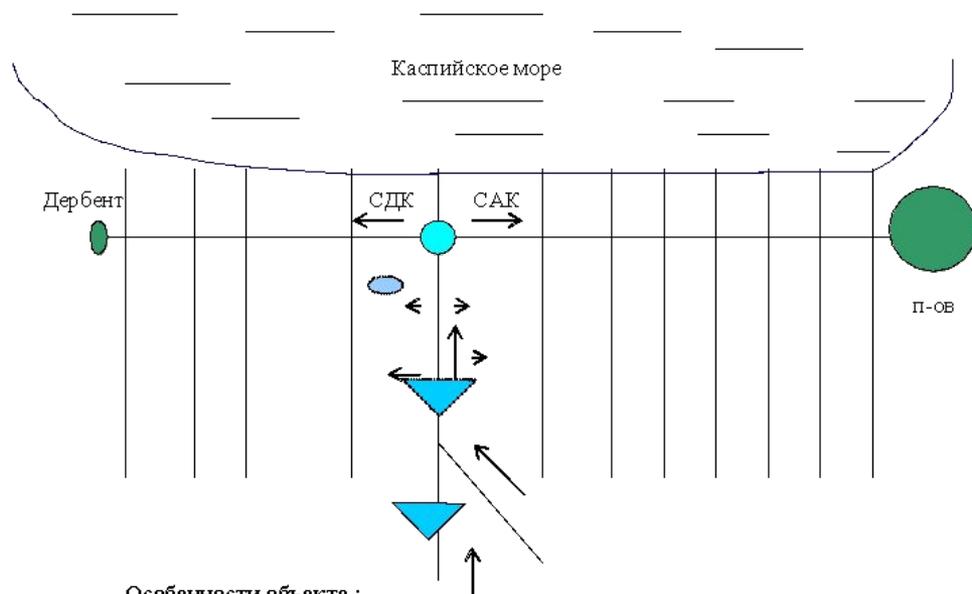
$$P = \frac{\sum_{i=1}^n [A_i \cdot P_i + A_{\text{сокр}i} \cdot (100 - P_i)]}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

# КРИТЕРИИ ПОКРЫТИЯ

- **G – глубина перебоев в годы за пределами расчетной обеспеченности, в отечественной практике принимается в размере 10 % от нормативных требований для КБХ и промышленности при обеспеченности 95-97 % ;**
- **10-30 % для орошения в гумидной зоне при обеспеченности 75 % ; 10-15 % для орошения в аридной зоне при обеспеченности 90 %**
- **Технико-экономическое обоснование критериев нуждается в научной поддержке**
- **Для водного транспорта обеспеченность по сумме бесперебойных месяцев должна составлять около 90 %**
- **Для теплоэнергетики устанавливается как для водоснабжения 95 % по числу бесперебойных лет**
- **Обеспеченность энергоотдачи устанавливается технико-экономическим расчетом. Обеспеченность гарантированной мощности ВКК – 90 %**

- **Далее приводятся примеры формирования ВХБ для ВХС р. Самур и ВХС в бассейне р. Меджерды в Алжире**

# Схема ВХС бассейна р.Самур



Алшер он ский

## Особенности объекта :

- нестандартная схема ВХС
- обеспечение природоохранного попуска в дельту Самура
- многолетнее компенсированное регулирование стока Самура по отношению к бассейнам малых рек та территории Дагестана и Азербайджана
- существующий протокол вододеления от 1967 года

 - Самурский гидроузел - вододелитель

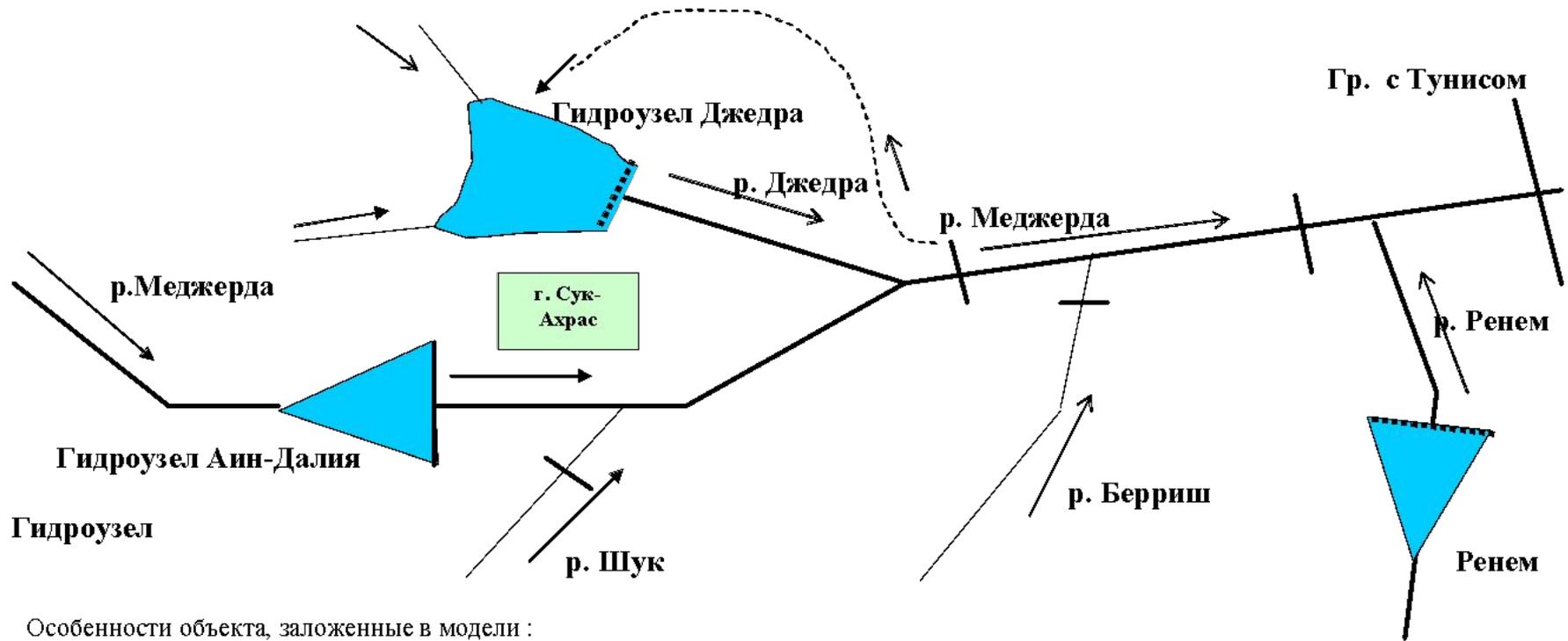
 - рассматриваемое в Схеме Самура Ахты́нское водохранилище

$$S_p \pm \Delta V = (T_c + D_{нд} + D_{нд} + \Pi + T_{АП}) - ЧБП$$

ЧБП – полезная часть неконтролируемой боковой приточности



# Схема ВХС р.Меджерды



Особенности объекта, заложенные в модели :

- высокая естественная изменчивость стока
- обеспечение транзитного попуска на сопредельную территорию
- многолетнее компенсированное регулирование стока с дотацией стока из нижнего течения
- разнообеспеченные водопотребители : водоснабжение, орошение, животноводство, обводнение территорий
- водохозяйственная эффективность вариантов с дотацией из нижнего течения в 1.5 раза выше, чем для независимого регулирования

# Структура многолетнего водохозяйственного баланса ВХС р.Ренем

Г О Д Ы	РАСПОЛАГАЕМЫЕ РЕСУРСЫ						РАСЧЕТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОДОХРАНИЛИЩУ РЕНЕМ					РЕЗУЛЬТАТЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА		
	Приток к створу Ренем- 2	Подкач ка из р. Меджер ды	Перебр оска в аин- далию	Регули рование стока + сработ ка - наполн ение	Наполн ение водохр анилищ а на конец интерв ала времен и	В С Е Г О	Водосн абжени е сельск их н/п и скотов одческ их хозяйс тв	Гарант ирован ное орошен ие	Полив приуса дебных участк ов и других объект ов	Потери на испаре ние и фильтр ацию	В С Е Г О	Дефиц ит	Избыто к	Проектн ый сток в нижнем бьефе
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1947	25.27	.00	.00	1.25	21.92	26.53	8.62	11.25	3.37	3.10	26.34	.00	.19	4.77
1948	49.84	.00	.00	-0.35	22.26	49.50	8.62	11.25	3.37	3.20	26.44	.00	23.06	27.70
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1995	45.57	.00	.00	-11.26	23.35	34.30	8.62	11.25	3.37	2.94	26.18	.00	8.12	12.56
1996	6.59	.00	.00	12.68	10.67	19.27	8.62	11.25	3.37	2.23	25.47	6.20	.00	4.40
1997	42.22	.00	.00	-12.50	23.17	29.72	8.62	11.25	3.37	3.13	26.37	.00	3.35	7.94
1947- 98	40.90	0.00	0.00	0.00	18.60	40.90	8.62	11.25	3.37	2.82	26.06	1.27	16.10	20.61