

Раздел I. КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЧНЫМИ БАССЕЙНАМИ

ВЕЧНЫЕ ВОПРОСЫ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ: ОДНА БОЛЬШАЯ ИЛИ МНОГО МАЛЕНЬКИХ?

Егидарев Е.Г.¹, Симонов Е.А.²

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Амурский филиал Всемирного фонда дикой природы (WWF России), Россия

² Международная коалиция «Реки без границ», Программа WWF по бассейну Амура, Россия

ESSENTIAL HYDROPOWER QUESTIONS: ONE BIG DAM OR MANY SMALL ONES?

Evgeny Egidarev, Eugene Simonov

Many assumptions of the past regarding relative environmental impact of different hydropower schemes are revisited by using consistent impact assessment method. Paper seeks to provide guidance on optimization of energy output and its environmental costs.

В прошлом году на «Реках Сибири» мы рассказывали о методике оценки совокупного влияния нескольких ГЭС («сценариев освоения») на экологическое состояние бассейна; об основе методики расчетов воздействия ГЭС на экосистемы речного бассейна по трем основным факторам. Данный доклад посвящен анализу ранее существовавших критериев оптимизации и созданию новых подходов к оптимизации схем гидростроительства в бассейне.

Метод оценки воздействий ГЭС

При оценке совокупного влияния ГЭС на экологическое состояние бассейна мы произвели расчеты трех показателей:

1. Изменение гидрологического режима поймы в нижних бьефах плотин. Рассчитана площадь и доля (%) измененных воздействием плотины пойменных экосистем ниже ее створа от всех пойм крупных водотоков бассейна.

2. Трансформация водных экосистем выше плотин. Рассчитана площадь и доля (%) водохранилища (измененной водной экосистемы) от площади всех водных экосистем бассейна.

3. Первичная фрагментация речного бассейна. Рассчитана площадь и доля (%) блокированной плотиной части речного бассейна [1].

Первые два показателя для одной и той же плотины в любом сценарии вносят один и тот же вклад в суммарное воздействие, а

фрагментация зависит от взаимного расположения плотин в сценарии.

Способы применения вышеописанной оценки мы докладывали на предыдущей конференции [1]. С тех пор мы расширили набор показателей, включив:

4. Вторичную фрагментацию бассейна – степень расчленения бассейна плотинами (выраженная как % утраченных путей передвижения по речной сети).

5. Изменение естественного стока наносов, выраженное как доля (%) стока, прошедшая через плотины и не доставившая наносы на нижележащие участки.

Результирующую оценку по сценарию мы отображали в виде интегрального воздействия – среднегеометрического всех рассматриваемых показателей воздействия [2].

Площадь (или %) измененных экосистем можно поделить на объем вырабатываемой (или планируемой к выработке) электроэнергии и тем самым сравнить удельные воздействия для разных сценариев. Более точная оценка получается при сравнении удельных воздействий раздельно по каждому показателю воздействия. В связи с этим нами рассчитаны удельные воздействия для всех предложенных показателей.

Классификация индивидуальных ГЭС по трем удельным показателям

Всего в Амурском бассейне мы анализируем 56 створов, где к 2010 г. на 14 уже по-

строены ГЭС (рис. 1). Используемый в анализе набор представляет 70–80 % всего технически доступного гидроэлектropотенциала бассейна.

По классификации и расчетам средних по бассейну удельных показателей из массива сразу исключено 9 объектов, для которых выработка электроэнергии является подчиненной задачей по сравнению с водоснабжением, судоходством и т. д. В таких гидроузлах меньшая часть водных ресурсов из полезного объема водохранилища используется для производства электроэнергии. Мы также сразу оговоримся, что не рассматриваем «истинные малые ГЭС» мощностью не более 10 МВт, т. к. не располагаем данными о тысячах потенциальных створов. С точки зрения массовой выработки, МГЭС не являются альтернативой большим и средним, поскольку способны вырабатывать на порядок меньше энергии.

Далее для 47 плотин были подсчитаны средние удельные показатели воздействия. В Амурском бассейне при выработке 1 миллиона киловатт часов в год в среднем изменения пойменно-руслового комплекса ниже по течению охватывают 0,6–0,8 км², и созда-

ется 0,21–0,24 км² водохранилищ. Мы предположили, что плотины, не превышающие средние по бассейну удельные воздействия, по первым двум показателям являются более «экологичными».

Для третьего показателя нами применен иной подход, базирующийся на градации абсолютных показателей прироста блокирования бассейна по отношению к ситуации 2010 г. На весь пул 42 проектов имеется всего 8 объектов, строительство которых не приведет к росту заблокированной площади. Критерию «прирост менее чем на 1 % от площади бассейна Амура» (20000 км²) удовлетворяют еще 13 объектов. Блокирование же одной ГЭС более 10 % бассейна оценивается нами как «катастрофическое воздействие».

В результате классификации в категорию «Удовлетворительные ГЭС» попадают 6 существующих и 9 проектируемых ГЭС. Это ГЭС, несущественно превышающие средний для всех «истинных» ГЭС бассейна, уровень удельного воздействия по первым двум показателям, с приростом заблокированного бассейна менее 1 %.

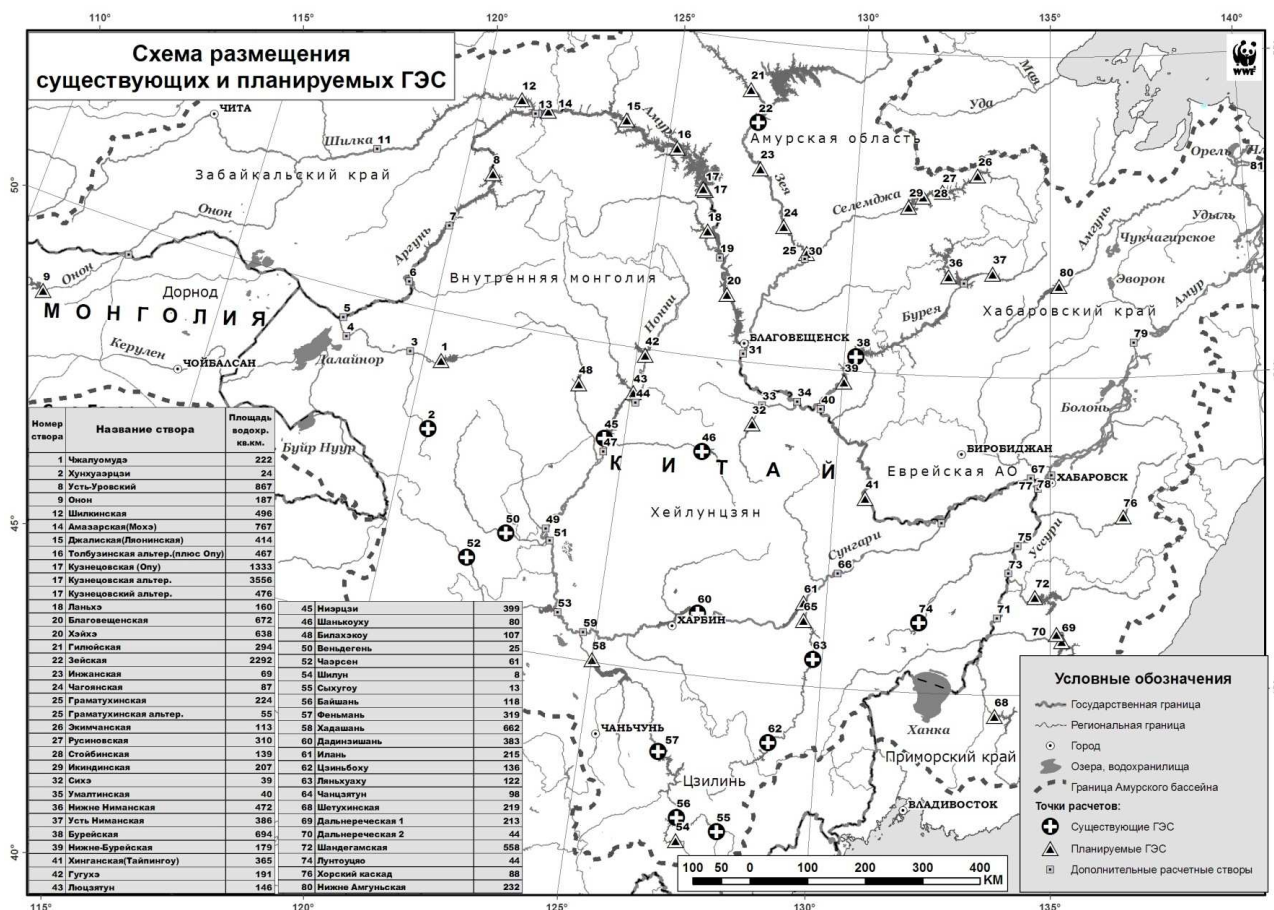


Рис. 1. Бассейн Амура

В категорию «Неудовлетворительные ГЭС» попадают 16 ГЭС, среди них только одна действующая – Вендеген (№ 50). Сюда входят ГЭС с приростом блокированного бассейна менее 1 %, а также с существенным превышением среднего значения по бассейну первого и / или второго удельных показателей.

В категорию «Вредные ГЭС» вошли 15 ГЭС, у которых:

- первый и второй показатель ниже среднего, а прирост блокированного бассейна более 1 %;

- удельное воздействие в нижнем бьефе ниже среднего, удельная площадь водохранилища выше средней, а прирост блокированного бассейна 10 % и более;

- превышены и первый, и второй средние удельные показатели, прирост блокированного бассейна более 1 %.

«Вредными ГЭС» оказываются очень разнообразные объекты, в том числе две действующие – Зейская (№ 22) и Ниерцзи (№ 45).

Многие ГЭС данной категории являются «русловыми», работающими на естественном стоке, практически не трансформируя гидрологический режим в нижнем бьефе (но все же кардинально пресекая сток наносов). Эти ГЭС могут функционировать только или предпочтительно как получатели стока, уже отрегулированного водохранилищами выше лежащих ГЭС с большим полезным объемом. Удельные интегральные показатели русловых ГЭС существенно ниже средних, но их месторасположение является решающим фактором для определения степени их воздействия. Каждая из таких ГЭС отрезает от 23 до 48 % от общей площади Амурского бассейна, причем в большей части это новые суббассейны, не блокированные в 2010 г. никакими иными ГЭС.

Интересно отметить, что недавний отчет о стратегической оценке проектов ГЭС на главном русле Меконга [3] показывает сходную подавляющую роль «русловых» ГЭС в сценариях будущего развития. Это идет вразрез с распространенным представлением о всяких русловых станциях как «экологически чистых». Очевидно, что ущерб от такой ГЭС будет тем ниже, чем меньше дополнительной площади бассейна будет заблокировано при ее строительстве.

Одна большая или много маленьких?

Часто приходится слышать, что «большие ГЭС» хуже многих маленьких. Размер ГЭС не всегда воспринимается однозначно, под этим понятием можно понимать: высоту плотины, емкость водохранилища, мощность и т. д. Мы перевели все показатели воздействия ГЭС в удельные значения, отнесли их к единице выработки. Затем составили сравнительные сценарии размещения ГЭС в бассейне, где участвуют крупные и наборы мелких гидроузлов, и рассчитали их влияние.

На первом графике показаны воздействия высоких плотин (сценарии 1–7) и наборов более низких плотин сходной высоты (сценарии 8–15). Из рисунка 2 видно, что высокие плотины в ряде случаев несут меньшее воздействие, чем наборы небольших невысоких ГЭС.

Мы полагаем, это связано с тем, что увеличение высоты плотины непосредственно увеличивает эффективность использования стока. Возможен рост воздействий от прироста площади и полезного объема водохранилища, регулирующего сток. Одновременно фрагментация бассейна и изменение стока наносов, как правило, существенно ниже, чем для группы меньших ГЭС. На водохранилищах в глубоких узких долинах вторая тенденция часто преобладает над первой.

Но есть множество исключений. Например, совсем недавно Русгидро предложило вместо ранее планировавшихся трех малых низконапорных нижнезейских ГЭС (створы № 23–24–25; сценарий 15) построить одну среднеразмерную Граматухинскую ГЭС (сценарий 15 а) с более высокой плотиной. Согласно нашей оценке, удельное интегральное воздействие одной ГЭС будет на 50 % выше, чем у альтернативы из 3 плотин. Воздействие одной ГЭС здесь выше, потому что полезная емкость одного Граматухинского водохранилища с более высокой плотиной значительно больше, чем таковая трех низконапорных нижнезейских ГЭС, а остальные характеристики очень близки в силу того, что это компактный каскад русловых контррегуляторов Зейской ГЭС. Таким образом, ни в коем случае нельзя однозначно сказать, что высокие плотины лучше низких.

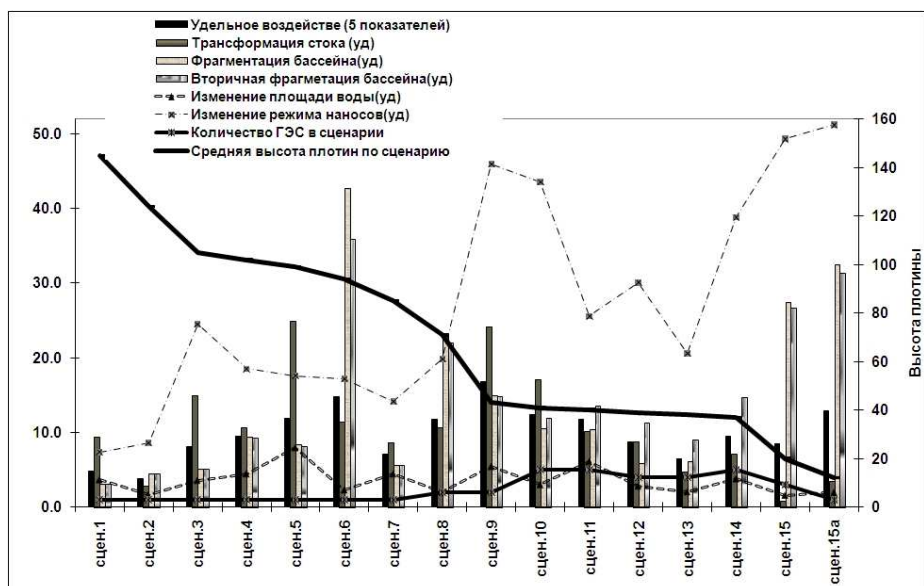


Рис. 2. Сравнение воздействий одной высокой и нескольких низких плотин в сценариях

Мы также рассматривали большие и меньшие ГЭС с выработкой больше и меньше 2 млрд. кВт·ч в год. Для сравнения даны сценарии – комбинации ГЭС со сходной суммарной выработкой. Рисунок 3 располагает эти сценарии в порядке нарастания удельного интегрального воздействия. В общем случае почти на каждую «большую ГЭС»

и русловые ГЭС не учитывались в данном анализе). На рисунке 3 видно, что число больших ГЭС (сценарии 16–23) с меньшим удельным интегральным воздействием существенно выше, чем количество непересекающихся наборов меньших ГЭС (сценарии 23–27) с аналогичными удельными показателями.

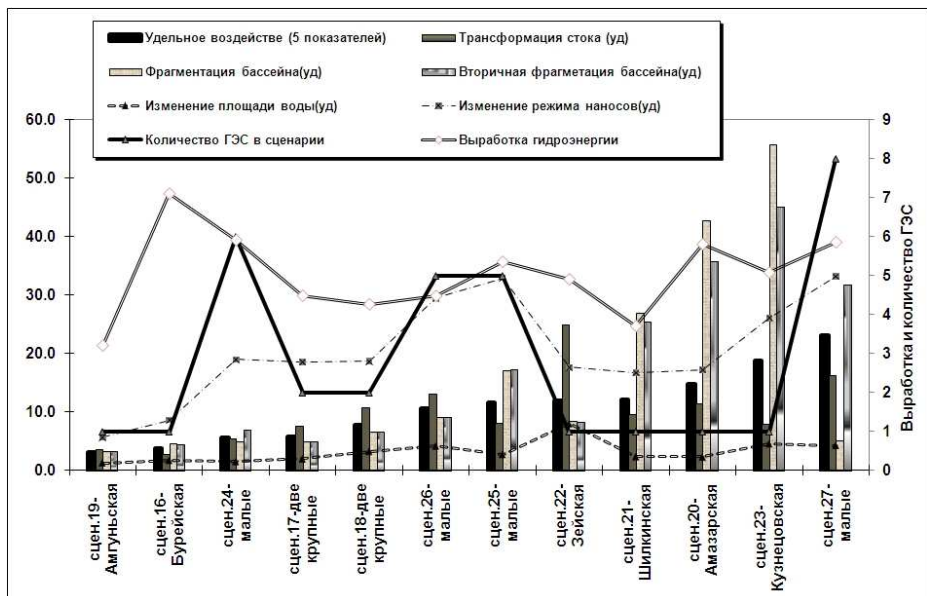


Рис. 3. Сравнение крупных и наборов мелких ГЭС

в бассейне можно найти как более, так и менее «экологически вредную» комбинацию меньших по выработке плотин.

Но выбор очень ограничен, т. к. объем возможной выработки на всех 25 меньших ГЭС вдвое ниже суммарной выработки 10 крупных ГЭС бассейна (плотины-контррегуляторы

Главное русло или притоки. Верховья, низовья – что лучше?

В какой части бассейна реки – в верховьях или в низовьях – лучше строить ГЭС? Многие авторы рекомендуют «не строить на главном русле», но для многих рек с равно-

великими притоками однозначно «главное» русло начинается уже недалеко от устья. Мы использовали определение, что индивидуальная ГЭС расположена тем «выше», чем меньше % бассейна, блокируемый ею. Возможны еще несколько альтернативных определений (расстояние до устья, положение в рельефе, размерный класс блокируемых притоков, их место в речной сети и т. д.).

Чтобы снизить влияние случайных факторов, мы сгруппировали ГЭС в 9 сценариев с одинаковой суммарной выработкой (5–6 млрд. кВт·ч в год), каждая группа включала ГЭС с близкими индивидуальными значениями блокированного бассейна. На главном русле (т. е. в нижнем течении) большинство ГЭС сверхкрупные, и их нельзя собрать в группу с той же выработкой для сглаживания индивидуальных особенностей. (В сценариях также не использовались каскады и контррегуляторы.)

Несмотря на эту тенденцию, также есть сценарии, в которых ГЭС, расположенные ниже на притоках, будут оказывать меньшее воздействие, чем вышерасположенные (сценарий 31 дает меньшее удельное воздействие, чем сценарии 29 и 30). В сценарии 31 ГЭС на притоке, близком к устью (т. е. р. Амгунь), приведет к меньшему снижению поемности, чем ГЭС в самых верховьях речной системы, так как ниже этого створа расположена меньшая площадь пойм.

Нам представляется, что одним из ключевых факторов при расположении ГЭС все же является форма речных долин бассейна. В верховьях Амура немногие притоки текут по узким глубоким каньонам с большими перепадами высот, а весьма обычны широкие болотистые долины в верховьях рек. Именно это, наравне с влиянием на нижележащие поймы, обуславливает колоссальное воздействие Зейского моря

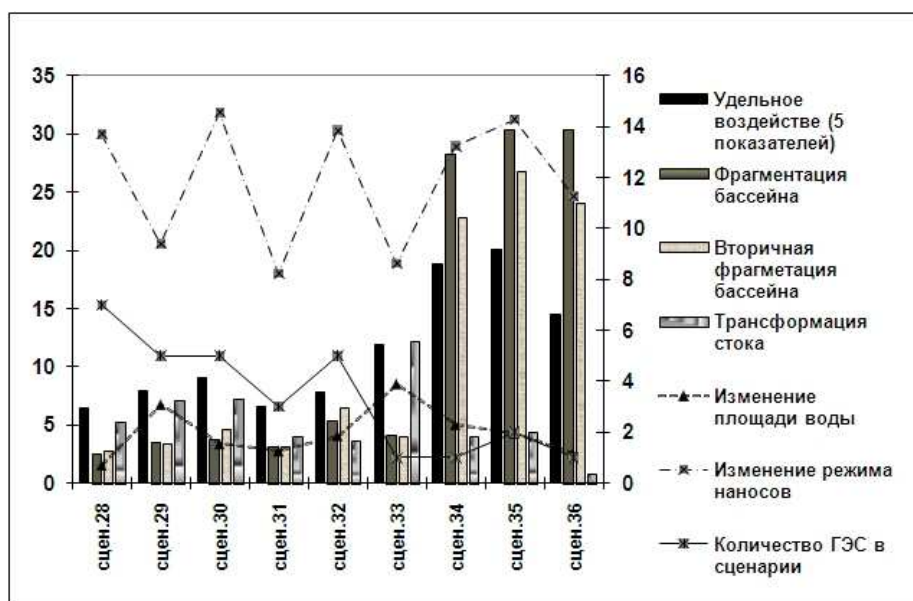


Рис.4. Взаимоотношение между факторами воздействия в разных сценариях с расположением ГЭС выше и ниже по течению

Мы видим некоторое увеличение удельного воздействия при сдвиге створов вниз по течению от сценария 28 к сценариям 34–36. Это обусловлено прежде всего ростом фрагментации бассейна, тогда как изменение других показателей воздействия не имеет очевидной тенденции. В низовьях удельное воздействие в среднем в 2–2,5 раза выше, чем для ГЭС в верховьях. Мы предполагаем, что это и есть пресловутый феномен «главного русла».

(сценарий 33). Соответственно в ином бассейне с более расчлененным рельефом в верховьях (и среднем течении) выгоды от размещения там ГЭС должны быть более очевидны, но возможны несколько иные соотношения между расположением и удельным воздействием ГЭС. В любом случае ГЭС на «главном русле», отсекающая более 20 % бассейна, будет характеризоваться худшими удельными показателями воздействия, чем большинство ГЭС на притоках выше по течению.

Уже затронутые и еще не затронутые притоки. Каскады ГЭС

Так как на практике мы обычно имеем дело с уже затронутыми строительством ГЭС бассейнами, то в литературе встречаются рекомендации: «не осваивать новые притоки», «строить ГЭС на тех же притоках», «оставить без ГЭС как можно больше притоков ниже по течению и главное русло» и т. п.

В качестве базы для анализа мы берем сценарий с двумя ГЭС: Зейской (№ 22) и Бурейской (№ 38). В 11 сценариях показаны результаты застройки освоенных и не освоенных суббассейнов и распределение в бассейне дополнительной выработки 6–8 млрд. кВт·ч в год (т. е. равной Бурейской ГЭС).

На рисунке 5 сценарий 37 представляет воздействие Зейской и Бурейской ГЭС, сценарии 38 и 40 – разные варианты каскадного

существующих. Это связано с меньшими дополнительными приращениями заблокированного бассейна, меньшим изменением режима наносов, а также тем, что бассейн не дробится на равномерные крупные куски, но от него отрезаются мелкие сегменты на одном-единственном участке. Дополнительный плюс – более эффективная выработка энергии на «русловых» станциях, работающих на стоке, уже зарегулированном другими ГЭС выше по течению.

Иными словами, «локальная экологическая катастрофа», причиняемая каскадом, сочетается с меньшим суммарным воздействием на бассейн в целом. Наиболее показателен каскад из пяти ГЭС на Буре. Его суммарное воздействие на бассейн Амура меньше, чем воздействие Зейской ГЭС, но от экосистемы реки Буря останется цепочка водохранилищ. Малое дополнительное воздействие объяс-

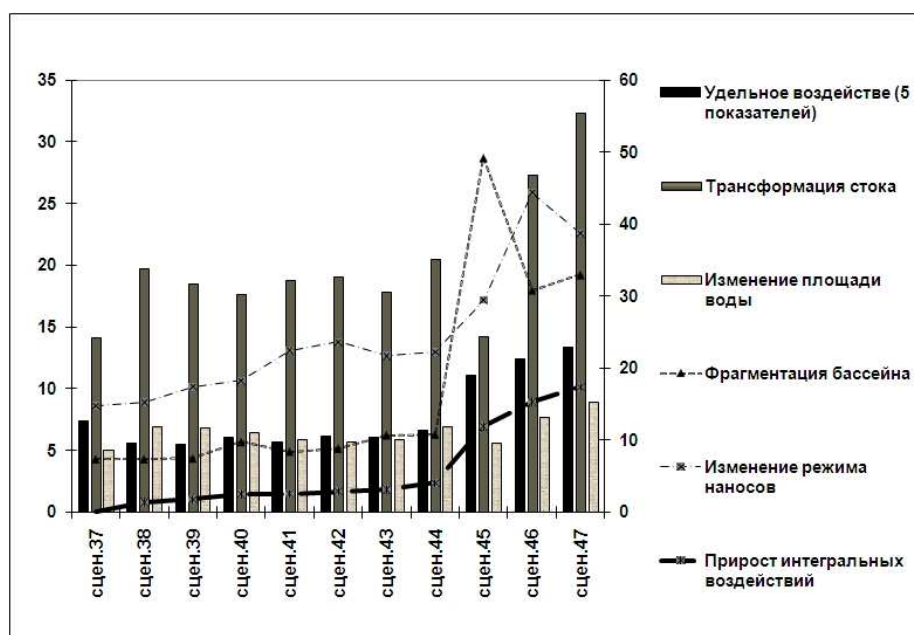


Рис. 5. Сценарии «добавлений» к Зейской и Бурейской ГЭС с выработкой 18–20 млрд. кВт·ч/год

освоения верхней-средней Зеи и Буреи. Сценарий 44 предполагает строительство контррегуляторов Зейской и Бурейской ГЭС и освоение нового притока Зеи – р. Селемджа – и отличается большим на 10 % воздействием, так как блокирует ранее не затронутый суббассейн.

Во всех случаях наименьшим воздействием на бассейн отличаются сценарии с каскадным размещением ГЭС вокруг уже

нается еще и тем, что уже сегодня Бурейская ГЭС блокирует 92 % бассейна Буреи. Таким образом, пока не установлены нормы допустимого воздействия предельно допустимой нагрузки на отдельные притоки; каскады ГЭС представляются важнейшим инструментом снижения экологических воздействий при равной выработке.

Но каскад каскаду рознь, и строительство всего одной дополнительной русловой

Хинганской ГЭС (сценарий 45) на главном русле Амура (т. е. на частично регулируемом стоке от существующих ГЭС) приведет к резкому росту как абсолютных, так и удельных воздействий. Это связано с тем, что в данном каскаде велик прирост блокируемой площади, вторичной фрагментации, нарушений в режиме наносов.

Наибольшим воздействием отличаются сценарии, где ГЭС равномерно распределены по разным суббассейнам – экорегионам. Решающим фактором роста воздействия является (первичная и вторичная) фрагментация (т. е. прирост блокированной площади и дробление бассейна на крупные куски). Например, сценарий 47, который спроектирован нами как максимум воздействий от ГЭС в известных створах в бассейне. К сожалению, сценарий 46, отражающий воздействие ныне существующих 14 плотин, очень близок к нему по показателям.

Снижение удельного интегрального воздействия и оптимизация освоения гидропотенциала

Создание каскадов – лишь один из частных случаев «оптимизации» размещения ГЭС. Среди выявленных нами «наименее вредных» сценариев только в половине случаев основу составляли каскады на Зее и Буре. Остальные сценарии компоновались из небольших ГЭС на иных притоках с минимальным размером блокированного бассейна. Так, сценарий 42 использует 8 «наименее вредных» по интегральным удельным показателям ГЭС, и его воздействие вполне сравнимо с лучшими образцами «каскадного размещения». Результат улучшается, если сопрячь два подхода и использовать только комбинацию каскадов на основе «наименее вредных» ГЭС (сценарии 43 и 41). Сценарий 39 оптимально сочетает каскадность и «наименьшее воздействие» и сопряжен самым низким воздействием.

Выводы

Хотя учет абсолютных показателей воздействия ГЭС в сочетании с особенностями речной экосистемы даст нам больше информации для суждения о нагрузке на экосисте-

мы бассейна, анализ удельного воздействия дает возможность учесть также интересы устойчивого развития гидроэнергетики.

Оценка индивидуальных ГЭС дает хорошие ориентиры для прогнозирования разных сценариев развития гидростроительства. При прочих равных предпочтительно строительство ГЭС, обладающих меньшими удельными показателями воздействия и соответственно наибольшей социально-экологической и экономической эффективностью.

Для одной и той же суммарной дополнительной выработки в 7000 млн. кВт·ч в год размер прироста интегральных значений экологического воздействия различается от 1,3 до 17 %, т. е. в **13 раз (!)**, указывая на огромную разницу между экологической опасностью разных сценариев гидростроительства и соответственно на огромный потенциал оптимизации планов строительства ГЭС в бассейне. Но вместо поисков путей оптимизации энергетические компании и водохозяйственная наука обычно рассказывают нам, что строительство дополнительных ГЭС прибавит сравнительно небольшое воздействие по сравнению с уже достигнутым ранее. Результатом является современное освоение бассейна по сценарию, близкому к худшему из возможных.

Правила оптимизации в освоенных бассейнах:

- минимизация приращения блокируемой плотинами площади бассейна;
- отбор в сценарий ГЭС с наименьшим удельным интегральным воздействием.

Кроме того, важно отслеживать и специально рассматривать сценарии с максимально высокими значениями отдельных показателей воздействия, т. к. осмысленное нормирование воздействий возможно только по отдельным показателям, имеющим четкий экологический смысл, а не по их среднему геометрическому, ибо сильно обесценивается 100 %-ная сохранность речных местообитаний, если 80 % бассейна намертво заблокировано плотинной в низовьях реки.

Остальные важнейшие правила касаются:

- учета влияния ГЭС на разнообразие экосистем;
- учета сравнительной ценности суббассейнов и природных объектов;

– способов нормирования предельно допустимых воздействий как для бассейна в целом, так и для отдельных суббассейнов и типов речных экосистем.

Очевидно, что возможности оптимизации тем больше, чем меньше планируемый объем получения энергии по сравнению с общим гидропотенциалом бассейна. Речная сеть вовсе не является возобновимым энергетическим ресурсом – он вполне наглядно конечен. На «экологически приемлемых ГЭС» можно изъять только определенную небольшую часть от гидроэнергетического потенциала бассейна, а далее выбор будет между «плохими» и «очень плохими» вариантами (рис. 5).

При этом в рамках традиционных проектных решений, наработанных в прошлом веке (крупные плотинные ГЭС), выбор вариантов для «устойчивого гидростроительства» в рамках огромного Амурского бассейна весьма невелик. Это максимум 28 гВт·ч в год, из которых 13 гВт·ч в год приходится на уже

построенные на 2010 год ГЭС. За пределами этого начинаются, очевидно, неэффективные по социально-экологическим меркам решения.

Легко предсказать, что при конечной экологической емкости Амурского бассейна главным ограничительным фактором станет накопленный ущерб от уже созданных «неудовлетворительных и вредных ГЭС». Так, сейчас три из них производят 5,6 млрд. кВт·ч в год, а суммарный интегральный ущерб от них составляет 13 430 км². В то время как 6 «удовлетворительных» ГЭС производят 13,4 млрд. кВт·ч в год с ущербом в 9 670 км².

Результатом нашей дальнейшей работы станет свод рекомендаций о минимизации экологического ущерба при оптимизации выработки электроэнергии на ГЭС в бассейне реки на примере Амура, а также предполагаемые ограничения на предельное развитие отрасли в бассейне в целом и каждом из суббассейнов.

Библиографический список

1. Егидарев Е., Симонов Е. Подходы к сценарной оценке совокупного воздействия гидроэлектростанций на бассейн. Амурский пример // V «РЕКИ СИБИРИ». Томск, 2010.
2. Егидарев Е.Г., Мартынов А.С., Симонов Е.А. Экспресс-анализ экологических последствий разных сценариев освоения гидроэнергетического потенциала речного бассейна (на примере верхней части бассейна Амура). Портал «Белая книга. Плотины и развитие». URL: <http://www.russiandams.ru/reviews/ecologicheskaya-otsenka-ges/otsenka-amurskih-ges.php>
3. Mekong River Commission (MRC). Strategic Environmental Assessment (SEA) for hydropower development projects proposed on the mainstream Mekong River. 2010. URL: <http://www.mrcmekong.org/ish/SEA/SEA-Main-Final-Report.pdf>