ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНГАРЫ И ЕНИСЕЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗВЕДЕНИЯ КАСКАДА ГЭС

[1] Н.Д.Гайденок, [2] Г.М.Чмаркова, [3] С.Г.Шапхаев

[1]Красноярский институт инженеров железнодорожного транспорта ИРГУПС, г. Красноярск, Россия
[2]Сибирский государственный технический университет, г. Красноярск, Россия
[3]Восточно-Сибирский государственный технологический университет, г.Улан-Удэ, Россия

Аннотация

Проводится сравнительный анализ гидрологических характеристик Ангары и Енисея в период зарегулированности и до зарегулирования Ангаро-Енисейским каскадом ГЭС. Предлагаются рекомендации для регулирования водных режимов водохранилищ ГЭС.

CHANGES OF THE HYDROLOGICAL PROPERTIES OF ANGARA AND YENISEI RIVERS RESULTING FROM THE CONSTRUCTION OF A CHAIN OF POWER PLANTS

[1]N.D.Gaidenok, [2]G.M.Chmarkova, [3]S.G.Shapkayev

Krasnoyarsk Institute of Railroad Engineers (IRGUPS), Krasnoyarsk, Russia
[2]Siberian State Technical University, Krasnoyarsk, Russia
[3]East-Siberian State Technological University, Ulan-Ude, Russia

Summary

The authors conducted a comparative analysis of the hydrogeological characteristics of the rivers Angara and Yenisei before and after being regulated by the Angara-Yenisei chain of power plants and propose guidelines on regulating water modes in the reservoirs of the power stations.

Резкое изменение свойств функционирования бассейна р. Енисея началось с возведением каскада ГЭС и заполнением водохранилищ с 1956 года на р. Ангаре, а затем с 1967 года на р.Енисее.

Около 3/4 течения Ангары, от истока до Усть-Илимска, преобразовано в каскад водохранилищ: Иркутского, Братского, Усть-Илимского и это без учета строящегося Богучанского.

Возведение каскада ГЭС на Ангаре существенным образом изменило площадь

его бассейна. Основные изменения произошли в верхнем и среднем течениях р. Ангары с созданием Иркутского, Братского, Усть-Илимского водохранилищ, в верхнем течении Енисея с образованием Саяно-Шушенского, Майнского, Красноярского водохранилищ, а также Курейского и Хантайского.

Зарегулирование стока Ангары и Енисея привело к изменению морфологических, гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик [Бахтин, 1960, 1961]. С их созданием увеличились минерализация, органические вещества, биогенные элементы, цветность воды, уменьшились проточность, содержание растворенного кислорода, возросло недонасыщение кислородом гиполимниона и пересыщение эпелимниона, что повысило количественный уровень развития водных организмов [Бахтин, 1967].

Так по данным (СиЭО, 2007г.) произошла следующая трансформация гидробиологических свойств ангарских водохранилищ.

Иркутское водохранилище, стало проточно-русловым водоемом (коэффициент водообмена = 33, среднегодовой расход – 1920 м3\сек, S=154 км2), в бассейне отсутствуют промышленные предприятия. Воды относятся к категории «чистых» , «условно чистых» и редко «слабозагрязненных» и здесь в меньшей степени аккумулируются биопродукционные элементы. Антропогенное напряжение с элементами регресса отмечалось только в низовьях водохранилища. Гидробиоценозы формируются под воздействием биостока оз. Байкал. Водохранилище относится к олиготрофным водоемам (Доклад о состоянии окружающей среды в Иркутской области…,2002, 2004).

Братское водохранилище имеет коэффициент водообмена 1.8, среднегодовой расход равен 2010 м3\сек. Возрастает стабильность водных масс и прогрев эпилимниона. В бассейне водохранилища, наибольшая по Иркутской области концентрация промышленных производств, на которых высок износ технологического оборудования. В связи с чем, здесь отмечается экстремально высокий уровень загрязнения всех природных сред водосбора водохранилища.

Экологическое состояние гидробиоценозов характеризуется как напряженное. Локально возникают и длительное время могут сохраняться зоны сероводородного заражения и развития восстановительных процессов. Загрязняющие вещества (лигнин, формальдегид, нефтепродукты, ртуть, медь и др.) несвойственные естественному фоновому состоянию, регистрируются здесь хронически. Их концентрации в несколько раз превышают предельно

допустимые концентрации. Доминирующий в Иркутском водохранилище диатомовый комплоекс водорослей меняется здесь на синезеленый. Трофность водоема на значительной акватории повышена и позволяет отнести водоем к олиготрофно- мезотрофным водоемам. Воды имеют класс чистоты от «умеренно-загрязненных» до «грязных».

Усть-Илимское водохранилище формируется преимущественно за счет вод Братского водохранилища. Его водообмен меньше 1, среднеговой расход равен 3200 м3\сек. Здесь сформировалась устойчивая зона высокозагрязненных вод из-за поступления по р. Вихоревой стоков ОАО «Братсккомплексхолдинг» и коммунальных стоков г.Братска. Концентрации специфических загрязняющих веществ могут достигать в Ангарской части акватории водохранилища экстремально высоких значений – лигнин (38 ПДК), сероводород (1000 ПДК). Илимская часть водоема находится под влиянием стоков Коршуновского ГОК. К гидроузлу водные массы приходят обогащенные продуктами распада аллохтонного органического вещества, загрязненные фенолами (до 5-10 ПДК), нефтепродуктами (4-6 ПДК). В нижний бъеф сбрасываются воды с высоким содержанием лигнина (7-10 ПДК), сульфидов, фенолов и нефтепродуктов. В период созревания водохранилища численность и биомасса синезеленых водорослей достигала в Илимской ветви соответственно 3900 млн.клеток\дм3 и 728 г\м3. В период массового развития фиотопланктона здесь получили широкое развитие зоны гипертрофикации, где биомасса водорослей на 1-2 порядка выше чем в целом по водохранилищу. Водохранилище относится к мезотрофным водоемам. Класс чистоты колеблется от «умеренно-загрязненных» до «грязных».

Факторы формирования кумулятивных эффектов в каскаде водохранилищ

По мере прохождения водных масс по каскаду водохранилищ и в результате совокупного влияния абиотических и биотических факторов они претерпевают качественную и количественную трансформацию. Замыкающий каскад водохранилище является реципиентом постепенно накапливающихся изменений.

Сравнение водноэкологических параметров ангарских водохранилищ позволяет выявить некоторые факторы контролирующие\формирующие кумулятивные (каскадные) эффекты. Следует указать, что их проявление в замыкающих водохранилищах практически не исследовались. Анализ информации по действующим каскадам (Волжский, Днепровский, Миссури, Колорадо и Ангарский и др.) позволяют идентифицировать следующие

«пусковые» факторы эволюционирующих водохранилищ:

− В каскаде последовательно возрастает фронт контакта водных масс с сушей по сравнению с материнской рекой.

− В цепочке водохранилищ транзитный сток химических элементов и взвешенных веществ материнской реки заменяется практически замкнутым водообменом;

Указанные факторы приводят к последовательному возрастанию в каскаде резервов основных биопродукционных элементов (N, P, Si), нарастанию теплозапасов в водной массе по сравнению с материнской рекой, увеличению концентрации минеральной и биологической взвеси (живых организмов планктона и их агрегаций, экскрементов и др.). Постепенно аккумулируются, перезахораниваются и включаются в биотический оборот токсические элементы, несвойственные естественному химическому облику материнской реки.

Каскад ангарских водохранилищ вместе с оз. Байкал представляет собой единую гидродинамическую систему (природно-антропогенная экосистема). Расчет (через нарастающий итог) показателя контактности такой природно-антропогенной экосистемы с территорией, показывает, что с созданием каждого нового водохранилища в каскаде нарастает зависимость водоема от состояния прилегающей территории и вышерасположенного водоема. В связи с чем регистрируется чрезвычайно высокая динамика всех внутриводоемных процессов. Пространственно-временное распределение практически всех водноэкологических параметров крайне неустойчиво. Нарастает лимнофильность водных масс по сравнению с материнской рекой, активизация экзогенных процессов в зонах подпора обуславливает постоянный транспорт в водохранилища терригенного органического и минерального вещества, и наконец, нарастает энтропия в новых экосистемах.__

Не вызывает сомнений, что подобные изменения повлияли на свойства функционирования экосистем водохранилищ Ангаро - Енисейского каскада(рис.1). После впадения Ангары у Енисея меняется термический, скоростной, ледовый, уровневый режимы, изменяется прозрачность [Бахтин, 1960, 1961].

Рассмотрим изменения гидрологии, появившиеся на Енисее. Основные изменения коснулись следующих режимов: термического, уровенного, расходного, прозрачности и биогенных элементов.

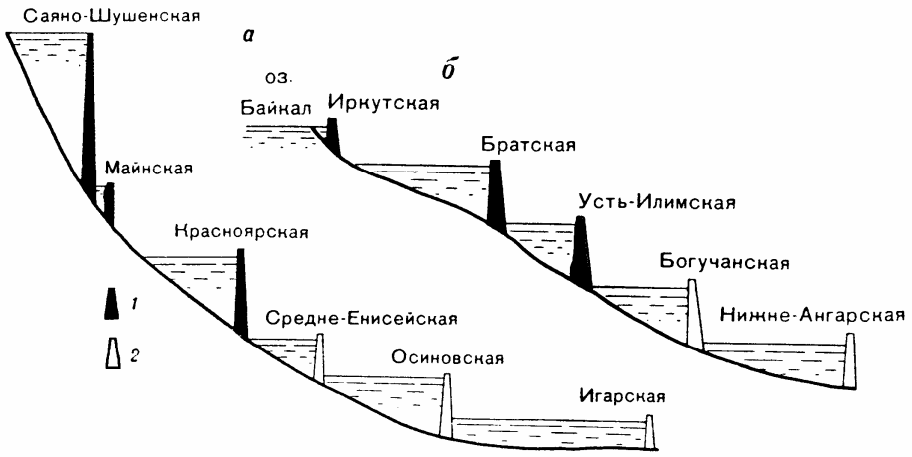


Рис. 1. Схема водохранилищ на Енисее (а) и Ангаре (б).
1 – действующие станции ГЭС; 2 – проектируемые

Термический режим. Как видно из рис. 2 значительное влияние ГЭС на термический режим Енисея отмечен от г. Дивногорска до р. Подкаменная Тунгуска, незначительное изменение температуры от Подкаменной Тунгуски до пос. Плахино, а севернее изменений не выявлено.

Такое изменение температур воды на верхнем и среднем участках Енисея вызвано тем, что нижний бъеф водохранилища перед плотиной Красноярской ГЭС имеет небольшую ширину (менее 700 м), скалистые берега и значительную глубину (до 105 м). Мощные слои воды зажатые между скалами не прогреваются даже в самые жаркие месяцы.

Второй причиной является забор воды для сброса через турбины ГЭС из глубинных слоев (с 40 м), где ее температура колеблется от 3 до 10^0С [Бахтин, 1967].

В период естественного стока в летнее время отмечался интенсивный прогрев воды и среднемесячные температуры мало отличались на всем протяжении реки от Саян до дельты.

В период регулируемого стока от Дивногорска до Дудинки разница температур в летний период достигает 13-15^{0}С и наиболее холодная вода в послеплотинном участке реки, обычно 7-8^{0}С. По ходу течения Енисея вода прогревается несмотря на северное направление и на участке с. Ярцево – с. Подкаменная Тунгуска имеет максимальные значения до 21^{0}С. Затем постепенное снижение температур обусловлено климатическими условиями, но до г. Игарки температура воды держится на сравнительно высоком уровне – до 18^{0}С. Лишь севернее она снижается под влиянием полярных широт.

В осенне-зимний период вода охлаждается значительно медленнее, чем в период

естественного стока, а за счет более теплых слоев воды, сбрасываемых из Красноярского водохранилища в зимний период наблюдается отсутствие ледостава от плотины Красноярской ГЭС до с. Казачинска, а севернее продолжительность ледостава значительно уменьшилась, в Енисейске на 1,5 месяца, а в Игарке – на 2 декады [Антонов , 1972; Бахтин, 1960].

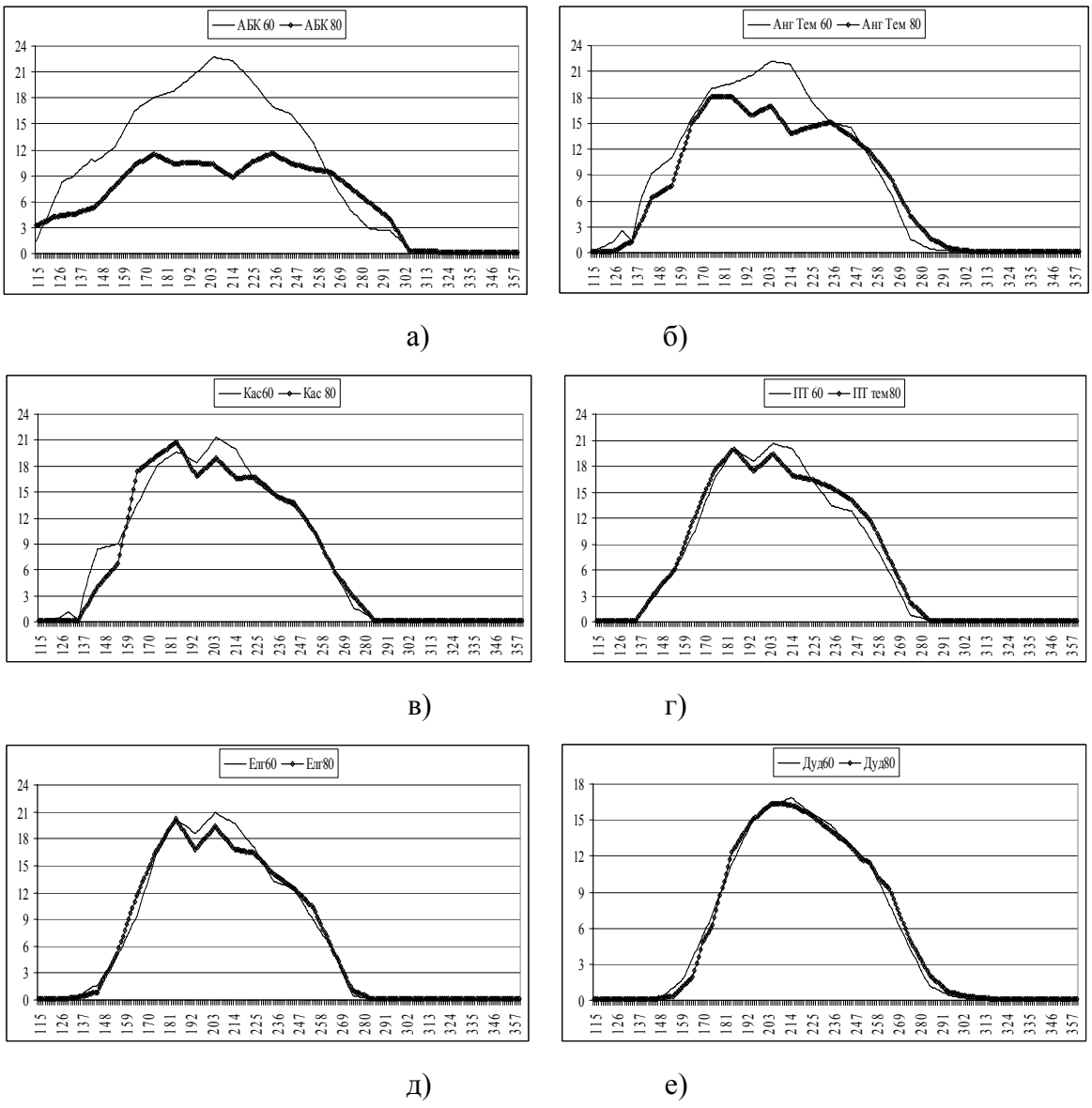


Рис. 2. Суточная динамика температуры воды по створу: (а) – Красноярск и (б) – Лесосибирск; (в) – Кас и (г) - Верхне - Имбатское; (д) – Елогуй и (е) Дудинка В ПЕС (период естественного стока) и ПРС(период регулируемого стока)

Уровенный режим. Основное питание Енисей получает от талых вод 35 – 50%, дождевых осадков – 37 – 42% и подземных вод – 15 – 23%.

Весенне-летнее половодье начинается на верхнем и среднем Енисее

в конце апреля –мае и проходит двумя волнами. Уровневый режим в связи с этим обусловлен неравномерным и неоднородным поступлением талых вод. Пик половодья на этих участках приходится на май – начало июня. Подъем в верхнем течении колеблется от 5 до 11 м, а в среднем от 10 до 13 м. В осенний период колебания уровней ниже и за несколько дней до ледостава, в октябре, уровни воды на этих участках минимальные.

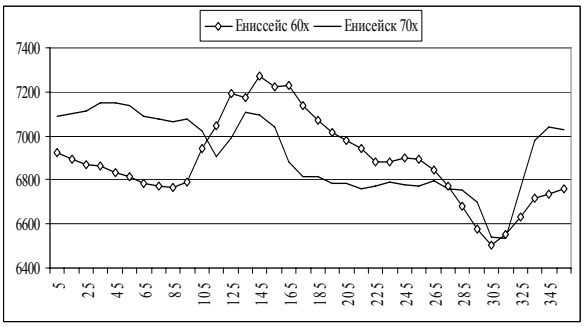
На нижнем Енисее весеннее половодье наступает на 15 – 30 дней позже чем на верхнем и среднем и имеет одну волну с постепенным спадом. Оно длится 2,5 – 3,5 месяца. Подъемы воды колеблются от 15 до 23 м. Также большое влияние оказывают приливы и сгонно-нагонные явления, амплитуда которых достигает 1 м [Бахтин, 1960, 1961].

В результате возведения плотин водохранилищ Ангаро - Енисейского каскада произошли существенные изменения в уровневом режиме р. Енисея. Результаты сравнения приведены на рис. 2.62 – 2.70 для двух базовых периодов – естественного и регулируемого стоков, из которых видно, что период естественного стока отличается большой неравномерностью (60% стока приходилось на период половодья), а в период регулируемого стока водность реки более равномерна в течение года. Это достигается за счет регулирования сброса воды из водохранилищ в период половодья 3-5 тыс.$м^3$/с, а в осенний период до 530 $м^3$/с [Антонов, 1972]. Регулирование сбросов воды из водохранилищ в периоды половодий позволяет управлять уровнями и уменьшить, а иногда и предотвратить, наводнения.

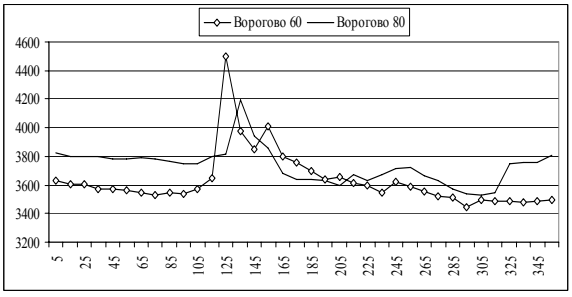
На основе анализа данных по уровневому режиму р. Енисея, приведенных на рис. 3. были получены следующие результаты:

- увеличение и стабилизация зимних уровней;
- до Подкаменной Тунгуски произошли существенные изменения времени наступления пиков паводков, и их параметров;
- севернее Подкаменной Тунгуски уровни остались прежние, но продолжительность пиков изменилась. Однако разности в периодах паводков (продолжительности пиков) сокращаются по мере приближения к дельте. Севернее п. Игарки разности практически не выявляется.

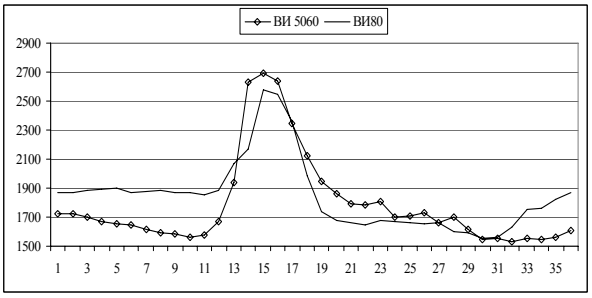
а)



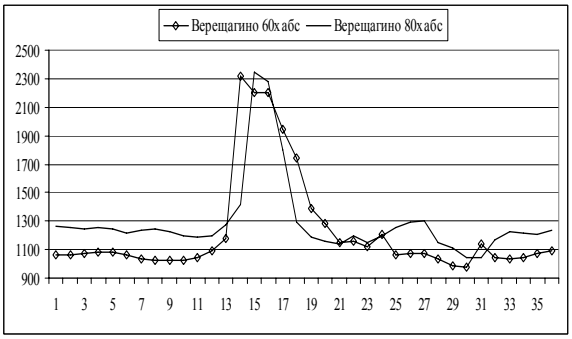
б)



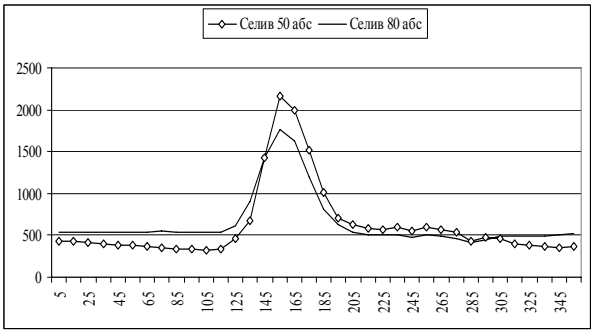
в)



г)



д)



е)

Рис. 3. Динамика уровней в ПЕС и ПРС по створу: (а) - г. Красноярска и (б) - г. Енисейска; (в) - п. Ворогово п. и (г) - Верхне – Имбатское;
(д) - п. Верещагино и (е) - п. Селиваниха

Важной задачей для получения комплексной оценки антропогенного воздействия на полибиом бассейна Енисея (ПБЕ) является сравнительный анализ среднегодовых расходов вод р. Енисея. В качестве базовых использованы два створа – Енисейск и Игарка. На створе г. Енисейска имеются наблюдения с 1903 г. Сведения по режиму расходов г. Игарки представлены с 1935 г.

На основании статистической обработки данных, приведенных на рис. 4, вычислена разность средних величин расходов для периодов естественного и регулируемого стоков - она составляет 2.5 %.

Однако, в работе [Антонов, 1972] прогнозировались более высокие потери стока

– 5 – 10 %. Для установления истинного положения дел в настоящем исследовани был проведен простой балансовый анализ, а именно расчитан суммарный объем испарения со всех водохранилищ Ангаро – Енисейского каскада. Он составляет 9.25 км^3/год и процентном отношении от среднего стока Енисея (600 км^3) составлет 1.54 %.

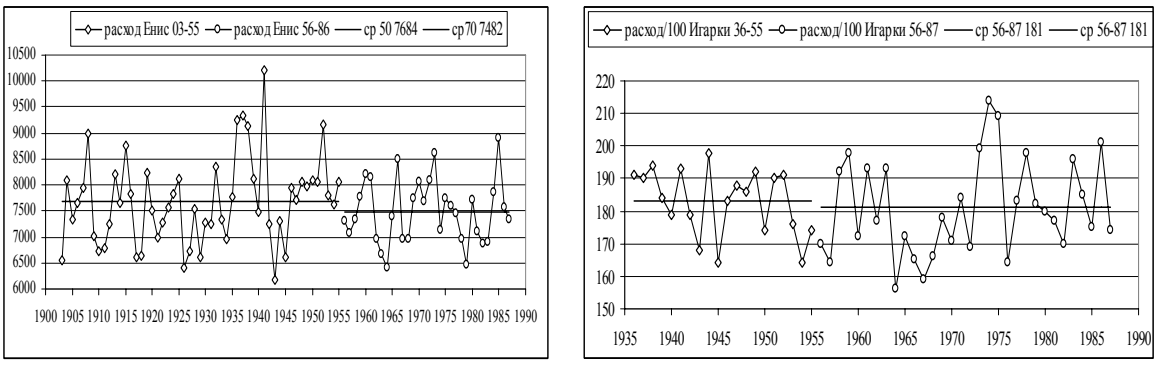


Рис. 4. Динамика расходов воды по створу г. Енисейска и г. Игарка в ПЕС и ПРС

Таким образом, проблема изменения стока р. Енисея обусловленная гидростроительством, главным образом сводится к перераспределению стока в верхнем и среднем течениях, а не к его уменьшению (рис. 5).

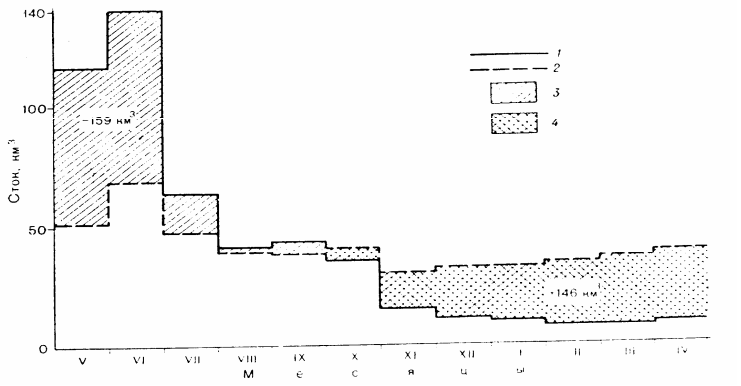


Рис. 5. Сезонное перераспределение стока Енисея по Игарскому створу после осуществления строительства ГЭС

1 – естественное; 2 – регулированное состояние;

3 – увеличение стока; 4 – уменьшение стока

1. Отметим, что представленный выше анализ сезонного распределения стока Енисея был проведен по данным наблюдений до 1987г. и не затрагивал закономерностей межгодовой изменчивости. Обращает на себя внимание увеличение примерно на 8% годового стока Енисея в период 1991–2000 гг. по данным наблюдений за 1978-2005гг., , что значительно меньше, чем для Лены и Индигирки (Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Т.1,2.Росгидромет, М., 2008. В дальнейшем - Доклад Росгидромета, 2008). Отметим, что увеличение зимнего стока в сезонном изменении речного стока Енисея за счет зарегулированности Ангаро-Енисейским каскадом ГЭС совпало по фазе с такой же тенденцией для других крупных слабо зарегулированных сибирских рек (Лена, Индигирка), вызванных изменением климата (Доклад Росгидромета, 2008). Однако, незначительное увеличение среднегодового расхода Енисея по сравнению с Леной возможно вызвано интенсивными вырубками лесов в бассейне Енисея.

Расчеты максимального стока на основе данных гидрологических наблюдений в створе проектируемой Богучанской ГЭС на Ангаре в период эксплуатации Ангарского касакада ГЭС, проведенные учеными Красноярского научного центра СО РАН согласно методике СП 33-101-2003 [Мартынова, Филиппова и др.,2010], показали значительно большие величины максимального стока с вероятностью превышения 0,1% и 0, 01%, чем рассчитанные по данным до 1975г. Это согласуется с положительным линейным трендом индексов повторяемости интенсивных осадков R10 за 1976–2006 гг.в бассейне Ангары (рис. 3.17 б Доклад Росгидромета, 2008).

Обнаруженная связь между изменениями среднего стока сибирских рек и индекса североатлантического колебания (САК) зимой за период 1936–1999 гг. показывает (рис. 3.23 Доклад Росгидромета, 2008), что эти реки заметно реагируют на крупномасштабные изменения циркуляции Северного полушария (Peterson et al., 2002). Более того, установлено, что в годы большой интенсивности САК области крупных положительных аномалий осадков наблюдаются в Скандинавии и распространяются через всю Сибирь до бассейна р. Лена (Dickson et al., 2000).Однако связаны ли эти изменения с антропогенным глобальным потеплением или это результат крупномасштабных естественных колебаний атмосферной циркуляции в Северном полушарии,остается не ясным[Доклад Росгидромета, 2008].

Режим прозрачности. Рассматриваемый показатель гидрофизического режима имеет большое значения для функционирования блока продуцентов биоценоза ПБЕ.

Действительно, коэффициент вертикального ослабления солнечной радиации α является функцией от прозрачности $P\alpha = a/P^b$. В частности в среднем для речного участка р. Енисея в работе [Продукционно …, 1973] получено соотношение $\alpha = 2.2/P^{0.85}$.

Рассмотрим особенности динамики прозрачности на различных участках р. Енисея в периоды естественного и регулируемого стоков. На нижнем плесе верхнего течения динамика прозрачности имеет следующий вид – рис. 6. [Антонов, 1972; Пирожников, 1937].

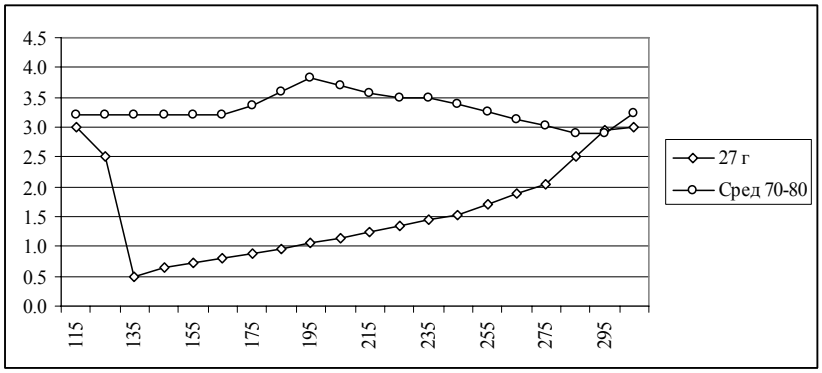


Рис. 6. Динамика прозрачности верхнего течения р. Енисея (створ Базаиха) в ПЕС и ПРС

Как видно из рис. 6. в результате сооружения Красноярского водохранилища прозрачность значительно повысилась и в среднем составляет 3 м в период регулируемого стока, против средних 1.5 м в период естественного. Данное изменение прозрачности существенным образом сказалось на функционировании фитопланктона и фитобентоса.

Рассмотрим особенности пространственно – временной динамики прозрачности на участках верхнего и среднего течений. Из рис.7 видно, что прозрачность участка “Ангара – Назимово” (СрАнг) начинает гораздо быстрее повышаться, чем прозрачность даже нижнего соседнего участка “Назимово – Подкаменная Тунгуска” (СрКас). Прозрачность на последнем участке является переходной от “Ангарской” к прозрачности на участке “Подкаменная Тунгуска - Верхнеимбатское” (СрПТ). Однако, р. Подкаменная Тунгуска понижает прозрачность, которая постепенно начинает повышаться в конце нижнего плеса среднего течения р. Енисея (СрЕл). Можно сказать, что с конца июля начинаеся постепенная “промывка” нижних участков сверху вниз.

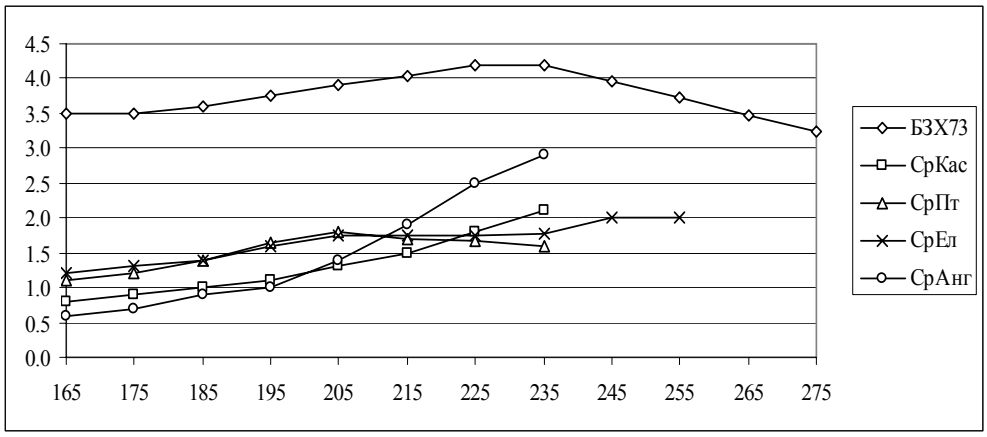


Рис. 7. Характер влияния Красноярского водохранилища
на режим прозрачности р. Енисея в ПРС

В период естественного стока благоприятные условия для функционирования фитопланктона наступали в более поздние сроки. Это привело исследователей фитопланктона в период естественного стока, сделать вывод о единственном пике его биомассы (численности) [Продукционно …, 1973, Усачев, 1928].

Биогенные элементы. В результате сооружения каскада ГЭС резко изменился за счет поступления фосфатов, образующихся в результате интенсивного выщелачивания горных пород в ложах водохранилищ. Начальные стадии существования водохранилищ по своей гидрохимической сущности эквивалентны тем, которые происходили на поверхности Земли в ранние геологические эпохи. Прогноз длительности существования повышенного фона фосфатов – несколько сотен лет.

Интенсивное поступление фосфатов в русло Енисея в сочетании с высокой прозрачностью и низкой температурой воды сделали Нижний бъеф Красноярского вдхр подобным оз. Байкал и данный участок Верхнего Течения Енисея на полном основании можно назвать «текущим Байкалом».

Действительно, здесь сложилось уникальное, высокопродуктивное биологическое сообщество, где фитодоминантом является микрофитобентос, а доминантом зообентосом – байкальские виды амфипод.

Рассмотрим особенности изменений режима биогенов. На основании данных, содержащихся в источниках [Ежегодные …, 1927 - 1986] были получены сведения по фосфатному режиму (ФР) р. Енисея, а именно: осредненные по десятилетиям ряды динамики Р – PO_4 для базовых створов Базаиха (верхнее течение), Лесосибирск (среднее течение) и Игарка (нижнее течение). Графическая иллюстрация динамики Р - PO_4 по указанным створам р. Енисея приведена на рис. 8 – 10.

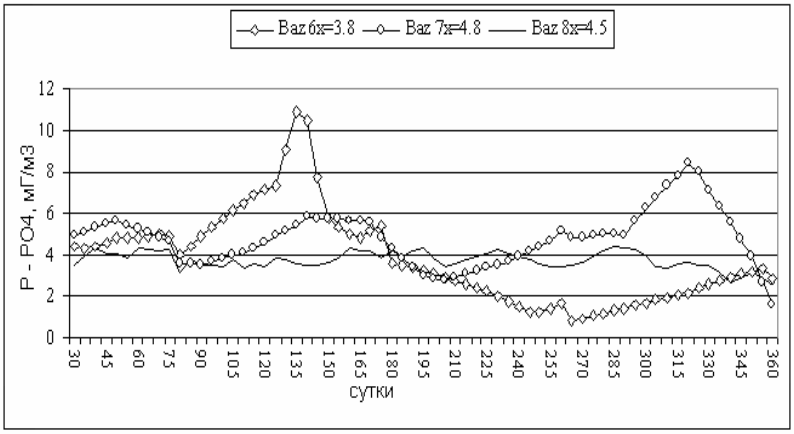


Рис. 8. Суточная динамика Р-PO_4 (мгР/$м^3$) по створу Базаиха (средние для 60 – х, 70 – х и 80 –х гг.)

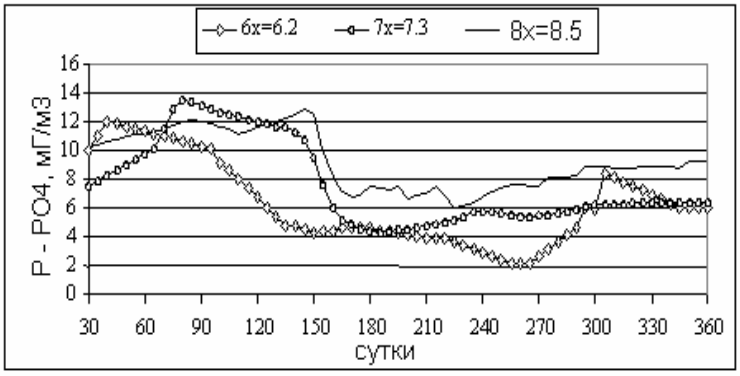


Рис. 9. Суточная динамика Р-PO_4 (мгР/$м^3$) по створу Лесосибирск (средние для 60 – х, 70 – х и 80 –х гг.)

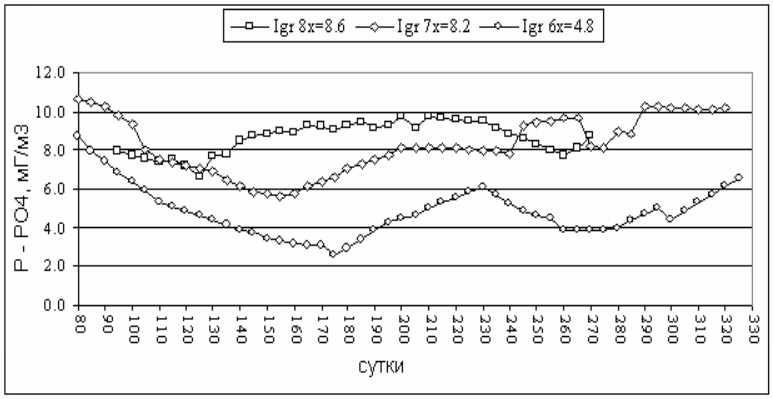


Рис. 10. Динамика Р-PO_4 мгР/$м^3$ по створу Игарка

(средние для 60 – х, 70 – х и 80 –х гг.)

На основании полученных результатов и сведений по средним по соответствующим десятилетиям по расходам воды на рассматриваемых створах были определены количества выносимого минерального фосфора и модули его стока территории бассейна указанного региона. Эти данные приводятся в табл. 1.

Таблица 1.

Сток $P\text{-}PO_4$ по створам (тР/год) и с территории бассейна по регионам (мгР/м^2/год)

Регион		Исток – Базаиха		Базаиха – Лесосибирск		Лесосибирск - Игарка
Створ	Базаиха		Лесосибирск		Игарка	
Период						
60х гг.	503	1.68	1358	0.76	2976	1.54
70х гг.	477	1.60	2192	1.62	4229	1.94
80х гг.	383	1.28	2662	1.20	4874	2.11
Среднее	454	1.52	2071	0.68	4026	1.86
Площадь бассейна, Ккм^2	299	299	1420	1121	2470	1050

Сведения, содержащиеся в табл. 1. явственно показывают влияние антропогенного воздействия на фосфатный режим р. Енисея, степень которого существенным образом зависит от участка реки.

Рассмотрим особенности фосфатного режима в период естественного стока (строка 60х гг. в табл. 1). В распределении стока $P\text{-}PO_4$ наблюдаются следующие особенности. В верхнем течении, где Енисей проходит по степной и лесостепной зонам, почвы которых сильно подвержены различным видам эрозии, наблюдаются достаточно высокие концентрации фосфатов и, как следствие, высокие значения модуля стока $P\text{-}PO_4$ с территории бассейна в регионе «Истоки – Базаиха».

Следующий створ г. Лесосибирска отражает влияние р. Ангары, проявляющиеся в понижении модуля стока $P\text{-}PO_4$ с территории бассейна данной реки. В бассейне Ангары присутствуют в основном лесные почвы при слабой заболоченности, что и служит

причиной уменьшения модуля стока $P\text{-}PO_4$.

Сведения по фосфотному режиму следующего участка течения р. Енисея – нижнего течения – представлены материалами по створу г. Игарка. Повышение модуля стока $P\text{-}PO_4$ в бассейне данного течения обусловлено высокой степенью заболоченности данного региона, особенно левобережья.

При анализе антропогенного воздействия на фосфатный режим р. Енисея, определено, что основными факторами являются: гидростроительство, лесосплав (включая переработку леса), водный транспорт и промышленность. Основные изменения антропогенного воздействия реализованы в нижнем плесе верхнего течения и верхнем плесе среднего течения (включая р. Ангару). Действительно, аккумуляция продуктов почвенной эрозии в Красноярском водохранилище и практическому процветанию в его экосистеме фитопланктона (широко наблюдается цветение воды, вызываемое фитоциановыми бактериями) привела к резкому уменьшению модуля стока $P\text{-}PO_4$.

Кроме фактора гидростроительства на уменьшение модуля стока $P\text{-}PO_4$ сказалось сокращение и последующее прекращение лесосплава в бассейне р. Мана, впадающей в Енисей выше г. Красноярска.

Антропогенное воздействие на участке (створ г. Лесосибирска) при переходе от ПЕС к ПРС имеет несколько иную картину. В 70 –е гг. в бассейнах р. Ангары и верхнего плеса среднего течения Енисея резко возросли объемы лесосплава, что не замедлило сказаться на повышение концентрации фосфатов. Последующее возведение системы водохранилищ Ангарского каскада и сокращение лесосплава привело к снижению модуля стока $P\text{-}PO_4$.

На участке нижнего течения (створ г. Игарка) антропогенное воздействие возрастало в результате повышения объема судоперевозок, разработки речных месторождений песка и гравия и общего освоения северных территорий Красноярского края.

Выводы

2. Анализ факторов формирования кумулятивных эффектов в каскаде водохранилищ на Ангаре, свидетельствуют в основном об ухудшении самоочишающих свойств речных экосистем. Это обстоятельство должно учитываться при расчете компенсаций накопленного ущерба для действующих ГЭС и разработке новых нормативов допустимого воздействия для водохранилищ ГЭС.
3. Незначительное увеличение среднегодового расхода Енисея по сравнению с Леной в период 1991–2000 гг. по данным наблюдений за 1978-2005гг., возможно, вызвано интенсивными вырубками лесов в бассейне Енисея.
4. Увеличение повторяемости максимальных стоков в створе проектируемой Богучан-

ской ГЭС, выявленные после 1975г. , позволяют ставить вопрос о необходимости пересчета условий и параметров безопасного пропуска высоких вод через гидротехнические сооружения как уже действующих, так и проектируемых ГЭС на Ангаре и Енисее.

Литература

1. Антонов В.С. Возможные изменения гидрологического режима низовьев Енисея при зарегулировании стока//Тр. ААНИИ.- Л., 1972.- Т. 297.- С. 5-20.
2. Бахтин Н.П. Оценка изменения гидрологического режима Енисея в результате антропогенного воздействия//Природа Арктики в условиях межзонального перераспределения водных ресурсов.- Л., 1960.- С. 45-47.
3. Бахтин Н.П. Река Енисей.-Л.: ГИМИЗ, 1961.-122 с.
4. Бахтин Н.П. Прогноз гидрологических условий Красноярского водохранилища// Тр. КрО СибНИИРХ. -Красноярск, 1967.- С. 387-409.
5. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Красноярский край//Тр. Красноярского Тер. Управл. ГМС России, - Красноярск, 1927 - 1986.
6. Мартынова А.М.,Филиппова С.Ю.,Мартынов Д.В. Оценка соответствия проекта Богучанской ГЭС требованиям гидрологической безопасности.
   Богучанская ГЭС: экологические риски и безопасность: сборник материалов. Красноярск, 2010г. с. 40-41. www.plotina.net
7. Пирожников П.Л. Зоопланктон реки Енисея и Енисейской губы и его роль в питании рыб//Труды Арктического института.-Л.,1937.-Т. 98.-141 с.
8. Продукционно - гидробиологические исследования Енисея/ Приймаченко А.Д., Шевелева Н.Г., Покатилова Т.Н. И др. - Новосибирск, 1993. - 197 с.
9. Усачев, П. И. Материалы к флоре водорослей реки Енисея/ П. И. Усачев// Труды Сибирской научной рыбохозяйственной станции. – Красноярск, 1928. – Т. 3. – № 2.
10. Отчет «Богучанская ГЭС мощностью 3000 МВТ. Социальная и экологическая оценка в рамках банковского ТЭО (СиЭО)», ЦЭО «Эколайн»(Москва), SE Solutions (South Africa), М., 2007г. www.plotina.net
11. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Т.1,2.Росгидромет, М., 2008. http://climate2008.igce.ru

Источник:

Глобальные и региональные проблемы устойчивого развития мира. Материалы международной конференции ЮНЕСКО. – Улан-Удэ, 2010. - 391с.(в печати)