

ОЦЕНКА ПРИРОДООХРАННОГО РАСХОДА Р. АНГАРА В СТВОРЕ ПРОЕКТИРУЕМОЙ МОТЫГИНСКОЙ ГЭС

И.В. Бабкина, В.П. Корпачев

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»
660049 Красноярск, пр-т Мира, 82; e-mail: ivr@sibstu.kts.ru

В работе изложены условия сохранения целостности речной экосистемы и необходимость сохранения природоохранной водности в створах регулирования водотоков. Определен природоохранный сток в створе проектируемой Мотыгинской ГЭС для установления пределов регулирования и определения объемов попусков в нижний бьеф.

Ключевые слова: устойчивость речной экосистемы, Мотыгинская ГЭС, естественный сток, природоохранный (экологический) расход, свободный сток, пределы регулирования стока

In article are presented conditions of preservation of integrity of a river ecosystem and necessity preservations nature protection water contents in alignments of regulation of water currents. Is defined a nature protection drain in an alignment of projected Motygin sky hydroelectric power station for an establishment of limits of regulation and definition of outflow volumes in bottom tail water.

Key words: stability of a river ecosystem, natural drain, nature protection (ecological) expense, free drain, limits of regulation of a drain

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим условием обоснования предельно допустимого истощения речного стока ниже створов регулирования или водозаборов считается установление устойчивости и надёжности функционирования речной экосистемы (Фашевский, 1982; 1983).

Речная система рассматривается как взаимобусловленное сосуществование элементов живой и неживой природы. Существует связь между параметрами экосистемы и условиями внешней среды, представленными с одной стороны биопараметрами (воспроизводство фито- и зоопланктона, рыбопродуктивности, урожайности пойменных лугов), а с другой стороны - характеристиками стока реки, температурным режимом, содержанием кислорода, продолжительностью и глубиной затопления поймы. Для сохранения целостности речной экологической системы необходимо существование определенной области внешней среды, в которой механизмы взаимодействия обеспечивают гомеостаз системы – неустойчивое равновесное состояние, которое может колебаться около какой-то средней величины, но относительно постоянно. Для речной экосистемы это водность, представляемая стоком весеннего половодья, летне-осенними паводками, летней и зимней меженими, температурой воды и др. свойствами. Для всех экосистем существуют предельные минимальные и максимальные значения экологических факторов внешней среды, при выходе за пределы которых, равновесие не обеспечивается. У этих значений экосистема существует в неравновесном состоянии, которое поддерживается на очень низком уровне. В средней части допустимой области существования экосистемы (в данном случае речной) регулирующие механизмы обеспечивают хороший гомеостаз.

Существует взаимосвязь между урожайностью пойменных лугов, воспроизводством фито- и зоо-

планктона, донных беспозвоночных, сеголетков рыбы и улов рыбы со сдвигом на срок достижения промыслового возраста, воспроизводством околоводных млекопитающих и птиц с гидрологическими характеристиками. Они показывают, что для средних и крупных рек минимум продуктивности приходится на очень многоводные и маловодные годы. По мере приближения к среднему по водности году урожайность и продуктивность экосистемы достигают максимума.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При расчете остаточного экологического или природоохранного расхода ниже створов регулирования должны быть реализованы такие принципы его обоснования как дифференциация в зависимости от водности года и резервирование его во все сезоны года в виде гидрографов. Определение природоохранного расхода ниже створа регулирования является условием для установления величины природоохранного и других попусков в нижний бьеф.

Для установления экологического (природоохранного стока) в нижнем створе проектируемой Мотыгинской ГЭС использована методика, разработанная в Центральном научно-исследовательском институте комплексного использования водных ресурсов (ЦНИИКИВР, г. Минск) (Фашевский, 1988; 1989; Петенков, 1998), где были осуществлены исследования и получены выводы об устойчивости речных экосистем, включая одновременно элементы живой и неживой природы.

Используемая методика разработана для крупных рек с целью определения расходов воды, которые должны оставаться в нижнем бьефе створов регулирования стока или створов изъятия водных ресурсов.

Речной сток, оставляемый ниже створов регулирования и изъятия водных ресурсов для охраны

природы, несет в себе большую смысловую нагрузку, чем только количество воды. С изменением водности меняются многие физические и химические характеристики. Поэтому величина стока, ниже створа регулирования должна резервироваться во все сезоны года в виде гидрографов, и служит комплексным показателем, учитывающим все гидрологические характеристики. Оставляемый ниже створов регулирования и изъятия водных ресурсов сток по условиям охраны природы не может приниматься постоянной величиной, а должен изменяться по величине расходов от определенного минимума до определенного максимума. По времени внутри года он должен соответствовать типовым схемам внутригодового распределения стока, приближающегося к естественному режиму в годы данной водности. Согласно этой методике, подход к конкретной реке зависит от её экологической значимости. Под экологической значимостью речной системы понимается способность обеспечивать в той или иной мере воспроизводство основных компонентов живой природы (растительность поймы и русла, рыба, млекопитающие, птицы и др.), связанных с гидрологическим режимом реки. Она может выражаться как в абсолютных, так и удельных показателях воспроизводства, улова и добычи, а также в косвенных показателях, таких как коэффициент развитости поймы, уклонах реки и др.

Для сравнительной количественной оценки развитости поймы предложен коэффициент, представляющий собой отношение средней (для характерных участков) ширины водной поверхности реки при наивысшем уровне (1 % обеспеченности) к ширине реки при уровне воды в бровках русла. Коэффициент развитости поймы для отдельного участка реки рассчитывается как средневзвешенное значение по длине реки от верховьев до устья по формуле:

$$K_{п.н.} = \frac{B_o}{B_6}, \quad (1)$$

где B_o – средняя на участке (до створа) ширина затопления поймы при наивысшем уровне (определяется по топографическим картам крупного масштаба), м;

B_6 – средняя на участке ширина водной поверхности реки в бровках русла (определяется по материалам наблюдений сети Госкомгидромета или других ведомств на основе построения зависимостей $B = f(H)$, где B и H – измеренные значения ширины водной поверхности реки и уровня воды по отметке выхода воды на пойму оцениваются B_6), м.

На основе коэффициента развитости поймы все реки бывшего СССР, впадающие в моря или крупные водоемы, типизированы на 3 группы:

- с высокой экологической значимостью – с развитой поймой ($K_p > 5$), сток которых определяет

нормальное функционирование экосистем внутренних морей и озер (Дон, Кубань, Или, Ловат, Шелонь, Мста, Селенга и др.);

- со средней экологической значимостью – со среднеразвитой поймой

$$(2 < K_p < 5);$$

- с низкой экологической значимостью – с неразвитой поймой ($K_p < 2$).

В зависимости от экологической значимости реки имеются различия в определении экологического стока.

Для рек со средней экологической значимостью допускается вводить коэффициент снижения, который учитывает внутригодовую зарегулированность стока. Введение такого коэффициента снижает величину экологического стока, тем самым, позволяет использовать для нужд народного хозяйства больше воды из рек, имеющих большую естественную зарегулированность стока.

Для рек с низкой экологической значимостью, кроме того, во все месяцы, за исключением весеннего половодья, сток принимается равным минимальному меженному стоку (зимнему, летнему) данной расчетной обеспеченности.

Оценка экологической значимости р. Ангара. Оценка экологической значимости Ангары дана с помощью коэффициента развитости поймы. Он представляет собой отношение площади поймы, затопляемой при 1 %-м уровне воды к площади водного зеркала в пределах бровок русла. Это в определенной степени характеризует площади нагульных площадей, объем воспроизводства беспозвоночных, площади нерестовых и нагульных угодий, гнездовый водоплавающих птиц и околотовных млекопитающих.

Для р. Ангары на рассматриваемом участке, поскольку имеется пропорциональная связь между уровнями и расходами воды, в качестве относительной величины, характеризующей коэффициент развитости поймы, использовано соотношение наибольшего расхода ($20600 \text{ м}^3/\text{с}$), наблюдаемого за период 1975-2004 годы и наименьшего расхода ($547 \text{ м}^3/\text{с}$) за этот же период. То есть $K_p = 20600/547 = 38$.

Согласно приведенной выше типизации Ангара на участке проектируемого строительства оценивается как река с высокой экологической значимостью, так как $K_p > 5$, что подтверждается информацией, приведенной в работе (Фашевский, 1989), где Верхняя Ангара оценивается как река с высокой экологической значимостью.

Определение экологического (природоохранного) стока. Для определения экологического стока и объемов свободного стока, который может быть изъят или зарегулирован, реализована следующая схема расчетов:

1. Определен статистический диапазон колебаний характеристик стока в створе проектируемой ГЭС.

2. В условиях уже имеющегося зарегулирования нижний предел экологического стока описывается гидрографом естественного стока 97 %-й обеспеченности.

3. Верхний предел экологического стока описывается гидрографом 50 %-й обеспеченности, т.е. в условиях, когда наблюдается максимум воспроизводства живой природы. При этом руслоформирующий расход половодья, обеспечивающий сохранение реки как устойчивой ландшафтной единицы

для большей части равнинных рек соответствует 50 %-й обеспеченности.

4. Выполнен расчет естественного годового стока различной обеспеченности и выборка соответствующих значений стока расчетной обеспеченности в расчетном створе (табл. 1).

Таблица 1 – Параметры годового естественного, экологического (природоохранного) и свободного стока в створе проектируемой Мотыгинской ГЭС, км³

Параметры стока	Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95
Естественный сток	144,5	131,1	114,8	99,3	92,3
Экологический сток	114,8	114,8	99,3	92,3	91,3
Свободный сток	29,7	16,3	15,5	7,0	1,0

5. На основе естественного среднемесячного стока рассчитано его внутригодовое распределение в годы различной обеспеченности (таблица 2). Фактически по сгруппированным годам определенной водности определено помесечное распределение годового стока по распределению реальных лет.

6. Величина остаточного стока в год 95 %-й обеспеченности принят равным 97 %-й обеспеченности.

7. Величина естественного годового стока 50 %-й обеспеченности принята равной экологическому стоку 25 %-й обеспеченности.

8. По двум точкам проведена логнормальная кривая, позволяющая получить весь диапазон расчетных значений стока для всего диапазона обеспеченных значений стока.

9. Расчетное внутригодовое распределение экологического стока принято равным распределению естественного стока смежной обеспеченности (25-50 %, 50-95 %, 95-97 %).

10. Путем умножения годового экологического стока на относительную величину месячного стока получено внутригодовое распределение экологического стока в годы различной обеспеченности.

По разности величин естественного и экологического (природоохранного) стока, который должен остаться ниже створа регулирования, определены расходы и объемы свободного стока, которые могут

быть зарегулированы проектируемым сооружением. Объемы экологического (природоохранного) стока должны оставаться, резервироваться в нижнем бьефе плотины ГЭС для сохранения экологического природного равновесия в разные по водности годы. Объемы свободного стока могут быть использованы для регулирования стока без ущерба для экосистемы р. Ангара.

По результатам расчетов составляется обобщающая таблица, в которую заносятся результаты расчета годовых параметров естественного, экологического (природоохранного) и свободного стока в створе проектируемой Мотыгинской ГЭС, которые должны быть учтены при наполнении и эксплуатации водохранилища Мотыгинской ГЭС.

Основные исходные данные для расчета природоохранного стока в разные по водности годы приведены в таблицах 2 и 3.

В нижнем бьефе должен быть обеспечен водный режим максимально приближенный к естественному режиму, то есть должен обеспечиваться сток в виде гидрографа с сохранением всех фаз водного режима. Результат расчета помесечных значений параметров стока (км³ и м³/с) р. Ангара, которые должны сохраняться в нижнем бьефе плотины Мотыгинской ГЭС, приведены в таблице 4.

Графические иллюстрации результатов расчетов представлены на рисунках 1 и 2.

Таблица 2 – Помесечное распределение стока в проектном створе Мотыгинской ГЭС в разные по водности годы

Годы	Среднемесячные расходы воды, м ³ /с												Средне-годовое значение
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Многоводный год, 5 %-й обеспеченности													
Приточность по основному руслу	4400	4360	4440	3770	6080	3860	3510	4650	5710	4410	4010	3410	4390
Боковая приточность	120,80	108,80	100,20	115,70	207,80	253,00	291,40	294,00	264,60	228,30	187,80	158,70	194,30
Общий расход в проектном створе	4520,8	4468,8	4540,2	3885,7	6287,8	4113	3801,4	4944	5974,6	4638,3	4197,8	3568,7	4584,3
Средне многоводный год, 25 %-й обеспеченности													
Приточность по основному руслу	3530	3880	3770	4060	5470	3570	3380	3720	5300	4180	3870	2860	3970
Боковая приточность	119,90	108,80	99,60	112,00	185,10	254,00	273,20	258,80	259,80	232,20	193,30	159,80	188,00
Общий расход в проектном створе	3649,9	3988,8	3869,6	4172	5655,1	3824	3653,2	3978,8	5559,8	4412,2	4063,3	3019,8	4158

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Средний по водности год, 50 %-й обеспеченности													
Приточность по основному руслу	3380	3990	3220	3240	6290	3030	2880	3000	3320	3520	3440	2990	3480
Боковая приточность	108,3	99,5	92,9	99,7	169,7	223,7	276,7	239,5	199,4	170	129,2	111,9	160
Общий расход в проектном створе	3488,3	4089,5	3312,9	3339,7	6459,7	3253,7	3156,7	3239,5	3519,4	3690	3569,2	3101,9	3640
Средне маловодный год, 75 %-й обеспеченности													
Приточность по основному руслу	2660	2650	2540	2650	5130	3350	2760	2710	2840	2720	3110	2870	3000
Боковая приточность	101,2	96,3	92,6	152,3	157,6	173,2	189,5	204,1	189,1	171,6	138,2	120	148,8
Общий расход в проектном створе	2761,2	2746,3	2632,6	2802,3	5287,6	3523,2	2949,5	2914,1	3029,1	2891,6	3248,2	2990	3148,8
Маловодный год, 95%-й обеспеченности													
Приточность по основному руслу	3570	2240	1840	1520	4650	3460	3270	3410	3250	2930	1140	2020	2790
Боковая приточность	101,5	92	88,9	103,3	152,5	163,1	188,7	202,4	193,2	146,6	119,1	99,8	137,6
Общий расход в проектном створе	3671,5	2332	1928,9	1623,3	4802,5	3623,1	3458,7	3612,4	3443,2	3076,6	1259,1	2119,8	2927,6
Очень маловодный год, 97 %-й обеспеченности													
Приточность по основному руслу	2740	2680	2660	2690	4090	3070	2800	2760	2210	2250	2460	2700	2760
Боковая приточность	83,6	78,8	77,3	86,7	142	150,1	189,1	211,8	190,1	162,4	129,8	111,1	134,4
Общий расход в проектном створе	2823,6	2758,8	2737,3	2776,7	4232,0	3220,1	2989,1	2971,8	2400,1	2412,4	2589,8	2811,1	2894,4

Таблица 3 – Внутригодовое распределение стока (в долях от года) в разные по водности годы в створе проектируемой Мотыгинской ГЭС

Месяцы												Год
январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
Многоводный год, 5 %-й обеспеченности												
0,082	0,081	0,082	0,070	0,114	0,075	0,0695	0,0895	0,1085	0,0845	0,0765	0,065	1,000
Средне многоводный год, 25 %-й обеспеченности												
0,073	0,080	0,078	0,084	0,113	0,077	0,0737	0,080	0,111	0,088	0,081	0,060	1,000
Средний по водности год, 50 %-й обеспеченности												
0,080	0,094	0,076	0,0766	0,148	0,0748	0,0728	0,0748	0,080	0,084	0,082	0,071	1,000
Средне маловодный год, 75 %-й обеспеченности												
0,073	0,07	0,070	0,07	0,140	0,09	0,078	0,077	0,080	0,077	0,09	0,08	1,000
Маловодный год, 95 %-й обеспеченности												
0,081	0,079	0,079	0,080	0,122	0,093	0,086	0,085	0,069	0,069	0,074	0,081	1,000
Очень маловодный год, 97 %-й обеспеченности												
0,081	0,079	0,079	0,080	0,122	0,093	0,086	0,085	0,069	0,069	0,074	0,081	1,000

Таблица 4 – Стоковые параметры р. Ангара, которые должны сохраняться в нижнем бьефе плотины Мотыгинской ГЭС

Показатель	Месяцы											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Многоводный год, 5%-й обеспеченности												
W, км ³	10,373	10,246	10,373	8,855	14,421	9,488	8,792	11,322	13,725	10,689	9,677	8,22
Q, м ³ /с	3873	4235	3873	3416	5384	3660	3282	4227	5295	3991	3732	3069
Средне многоводный год, 25%-й обеспеченности												
W, км ³	8,161	8,943	8,720	9,390	12,632	8,608	8,239	8,943	12,409	9,838	9,055	6,707
Q, м ³ /с	3047	3697	3226	3623	4716	3321	3076	3338	4787	3673	3493	2504
Средний по водности год, 50%-й обеспеченности												
W, км ³	7,944	9,334	7,547	7,606	14,696	8,309	7,229	7,428	7,944	8,341	8,143	7,050
Q, м ³ /с	2966	3858	2818	2934	5487	2866	2699	2773	3065	3114	3141	2632
Средне маловодный год 75% -й обеспеченности												
W, км ³	6,739	6,462	6,462	6,462	12,925	8,309	7,201	7,109	7,386	7,109	8,309	7,386
Q, м ³ /с	2516	2671	2413	2493	4826	3206	2688	2654	2849	2654	3205	2758
Маловодный год, 95%-й обеспеченности												
W, км ³	7,39	7,21	7,21	7,302	11,136	8,489	7,850	7,759	6,298	6,298	6,755	7,394
Q, м ³ /с	2750	2980	2692	2816	4157	3275	2931	2897	2430	2351	2606	2761

Примечание: W – объем стока; Q – расход воды.

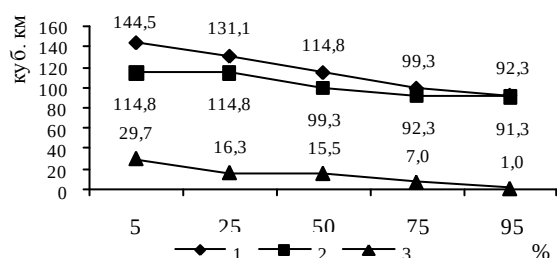


Рисунок 1 – Соотношение естественного стока (1), экологического (природоохранного) стока (2), и свободного стока, доступного для зарегулирования (3) в створе проектируемой Мотыгинской ГЭС

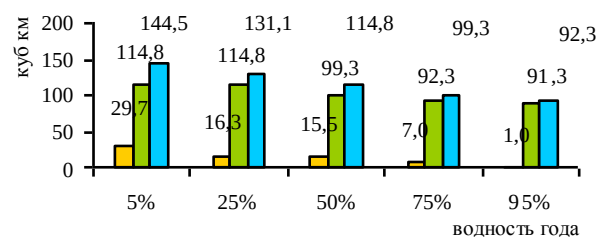


Рисунок 2 – Диаграмма распределения естественного, экологического и свободного для зарегулирования стока в разные по водности годы в створе Мотыгинской ГЭС

ВЫВОДЫ

Использованная методика позволила установить помесечные объемы и расходы воды, которые должны соблюдаться режимом эксплуатации водохранилища проектируемой Мотыгинской ГЭС для обеспечения экологического равновесия речной экосистемы р. Ангара в нижнем створе ГЭС. Фактически этими параметрами должна быть ограничена степень регулирования речного стока в рассматриваемом створе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бабкина, И. В. Природоохранный сток малых рек Средней Сибири как основа разработки нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты / И.В. Бабкина // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы межведомственной конференции СО РАН Томский научный центр.* – Томск: Изд-во «Научно-техническая литература», 2000. – С. 598-602.
- Гидрологическая изученность. – Т. 16. – Вып. 2. – Л., 1965.
- Гидрологические основы водопользования ресурсами малых рек бассейнов Верхнего Енисея, Верхнего Чулыма и Нижней Ангары: Рекомендации. – Красноярск: СибНИИГиМ, 1990. – 208 с.
- Материалы наблюдений гидрологических постов, расположенных в зоне проектируемого размещения Мотыгинского гидроузла. Справка Гидрометеорологического центра Среднесибирского УГМС от 13.10.2006 г. № ГМЦ-1651.
- Петенков, А. В. Природоохранные аспекты формирования и использования поверхностных вод / И.В. Бабкина, Л.М. Ершова // *Мелиорация земель: анализ и тенденции развития. Материалы Регионального науч.-практ. семинара-совещ. «Мелиорация земель как фактор устойчивого развития АПК» МСХиП РФ, СибНИИГиМ.* – Красноярск, 1998. – С. 113-120.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. – Т. 16. – Вып. 2.: Ангара-Енисейский район. Ангара. – Л.: Гидрометеоздат, 1972.
- Фащевский, Б. В. Критерии экологического стока / Б.В. Фащевский // *Проблемы и технические решения природоохранных мероприятий при мелиорации и водохозяйственном строительстве.* – М., 1988. – С. 28-32.
- Фащевский, Б. В. Методические основы оценки резервируемого природоохранного стока / Б.В. Фащевский // *Водные ресурсы Белоруссии и их охрана.* – Минск: Изд. БГУ, 1982. – С. 85-94.
- Фащевский, Б. В. Основы рационального использования водных ресурсов при количественном истощении речного стока / Б.В. Фащевский // *География и природные ресурсы.* – 1983. – № 3. – С. 37-41.
- Фащевский, Б. В. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока / Б.В. Фащевский. – Минск, 1989. – 53 с.

Поступила в редакцию 26 января 2010 г.
Принята к печати 27 апреля 2011 г.