

В.М. Никитин, В.А. Савельев, Т.В. Бережных, Н.В. Абасов

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

В статье рассматривается влияние гидроэнергетики на социально-экономическую сферу и природную среду Байкальского региона при разных гидрологических условиях и организации управления водными ресурсами. Гидроэнергетическое использование оз. Байкал в качестве водохранилища началось после перекрытия р. Ангары плотиной гидроузла Иркутской ГЭС. С вводом каскада ГЭС на Ангаре Иркутское водохранилище стало головным, что определило важную роль Байкала в объединенной энергосистеме Сибири и Ангарском водохозяйственном комплексе. В зависимости от гидрологической обстановки в процессе эксплуатации каскада ангарских ГЭС в колебаниях уровня оз. Байкал выделено несколько этапов. В 1983–1995 гг. уровень Иркутского водохранилища неоднократно превышал проектный. В 2014 г. в связи с катастрофическим маловодьем в водосборной зоне оз. Байкал обострились негативные последствия в социально-экономической сфере и природной среде на восточном побережье озера. Отнесение Байкала к объектам мирового природного наследия привело к законодательному ограничению предельных уровней озера метровым диапазоном. Это ограничение существенно повлияло на режимы ГЭС с точки зрения обеспечения социально-экономической безопасности в нижнем бьефе Иркутского гидроузла в черте г. Иркутска и на побережье оз. Байкал в новых экономических условиях, сложившихся в России в результате рыночных трансформаций и после принятия нового Водного кодекса. В статье исследуется роль оз. Байкал в качестве основной части водохранилища Иркутской ГЭС в развитии Байкальского региона. Рассматриваются проблемы использования озера в условиях маловодья и многоводья. Показаны гидрологические угрозы безопасности населения и хозяйственной деятельности в нижнем бьефе Иркутской

ГЭС и на восточном побережье Байкала в случае высокого притока воды в озеро. Предлагаются первоочередные меры по преодолению этих угроз и урегулированию взаимоотношений между регионами в водосборной зоне Байкала. К ним относятся организация страхования хозяйственных объектов и угодий в зонах периодического затопления и межрегиональное перераспределение гидроэнергетической ренты, получаемой собственниками ангарских ГЭС. Подчеркивается необходимость обеспечения эффективного управления функционированием и развитием природно-технической, экономической и социальной системы всего бассейна оз. Байкал и р. Ангары.

Ключевые слова: Байкал, Ангара, каскад ангарских ГЭС, объединенная энергосистема Сибири, социально-экономические и экологические последствия и угрозы, Байкальский регион, межрегиональные эколого-энергетические отношения

После сооружения Иркутской гидроэлектростанции оз. Байкал из естественного водоема превратилось в основную часть ее водохранилища. Тем самым было положено начало использованию водных ресурсов и регулирующих возможностей озера в интересах гидроэнергетики и других отраслей водного хозяйства (речного транспорта, промышленного и коммунально-бытового водоснабжения, рыбного хозяйства, рекреации) Байкальского региона. С сооружением Иркутской ГЭС возникла проблема антропогенного влияния гидроэнергетики на водный баланс, уровневый режим, уникальную экосистему и природную среду оз. Байкал, а также на социально-экономическую систему на прилегающей территории Байкальского региона. Исследования по этой проблеме проводили институты Сибирского отделения РАН, расположенные в Иркутске, Улан-Удэ, Новосибирске, Томске, Красноярске и Чите [9; 11; 13; 22]. В исследованиях влияния Иркутской ГЭС на социальную среду Прибайкалья и экосистему Байкала на разных этапах эксплуатации ГЭС участвовали сотрудники Лимнологического института СО РАН [2; 7; 8; 23], Института географии СО РАН [4; 22], Института земной коры СО РАН [17; 18], Института систем энергетики СО РАН [6; 21], Иркутского государственного университета [14; 15] и других научных учреждений.

По мере ввода в эксплуатацию последующих ГЭС Ангарского каскада (Братской, Усть-Илимской и Богучанской) влияние искусственной зарегулированности Байкала как головного водохранилища распространялось на все нижележащие ступени (см. таблицу). Регулирующая емкость Байкала позволяет контролировать примерно 53% притока воды в Братское водохранилище и около 48% – в Усть-Илимское. При этом возникает каскадный эффект, когда зарегулированный верхней ступенью расход воды используется на напо-

Характеристики Ангарского каскада гидроэлектростанций

Показатель	Гидроэлектростанции на р. Ангаре				
	Иркут- ская*	Брат- ская	Усть-Илим- ская	Богу- чанская	Всего
<i>Параметры ГЭС</i>					
Год ввода в эксплуатацию	1958	1967	1980	2014	–
Установленная мощность, МВт	662	4500	3840	2990	11992
Среднеголетняя выработка электро- энергии, млрд кВт·ч/год	4,1	22,5	21,2	17,6	65,4
Среднеголетний приток воды в водо- хранилище, куб. км	59,7	91,7	100,5	106,8	–
Расчетный напор, м	31	103	91	70	–
<i>Параметры водохранилища</i>					
Нормальный подпорный уровень, м**	457	402	296	208	–
Уровень мертвого объема, м**	455,54	392,2	294,5	207,0	–
Форсированный подпорный уровень, м**	457,5	403,0	296,8	209,5	–
Площадь зеркала, кв. км	33000	5470	1870	2320	42660
Объем полезный, куб. км	48,4	48,2	2,8	2,3	101,7

* Уровни Иркутского водохранилища приводятся в тихоокеанской системе высот, уровни остальных ГЭС – в балтийской системе высот.

** Нормальный подпорный уровень, уровень мертвого объема и форсированный подпорный уровень являются виртуальными проектными параметрами водохранилища, утверждаемыми при приемке гидроузла в промышленную эксплуатацию.

рах всех нижележащих ступеней. С учетом этого эффекта проектная полезная емкость оз. Байкал и Братского водохранилища позволяла накапливать до 27 млрд кВт·ч гидроэнергоресурсов (в энергетическом эквиваленте) при суммарной установленной мощности каскада ГЭС в 1192 МВт. Кроме того, вышележащие водохранилища Ангарского каскада могут участвовать в удовлетворении потребностей водопользователей и обеспечении безопасности режимов пропуска катастрофических половодий и паводков ниже по течению реки.

Гидроэнергетическое использование оз. Байкал началось со строительства Иркутской ГЭС и в течение многих лет осуществляется за счет ее эксплуатации как верхней ступени Ангарского каскада. В результате режим использования водных ресурсов, поступающих в озеро, его уровни и все связанные с этим использованием процессы в экосистеме Байкала зависят от расходов воды через турбины и водосбросные сооружения Иркутского гидроузла [5].

Строительство Иркутской ГЭС оказало большое влияние на развитие экономики и энергетики Приангарья [9]. Оно сыграло районобразующую роль в формировании и развитии Иркутско-Черемховского территориально-производственного района, определило его специализацию по производству электрометаллургической и электрохимической продукции, создало возможности для использования регулирующих способностей оз. Байкал при управлении режимами всех ГЭС Ангарского каскада в интересах гидроэнергетики и для гарантированного обеспечения потребностей неэнергетических водопользователей Ангарского водохозяйственного комплекса, предотвратило угрозу наводнений, особенно зимних на р. Ангаре на территории г. Иркутска и прилегающих районов [14].

Иркутская ГЭС обеспечивала потребности в электроэнергии при строительстве Иркутской ТЭЦ-10 и Братской ГЭС. Сооружение линий электропередач, в том числе ЛЭП-500 кВ «Ангарск – Братск», заложило основу Иркутской районной энергосистемы и Объединенной электроэнергетической системы Сибири. За годы эксплуатации Иркутская ГЭС выработала более 225 млрд кВт·ч дешевой электроэнергии. И в настоящее время совместно с другими ангарскими ГЭС она обеспечивает самые низкие в стране затраты на производство элект-

роэнергии и тарифы на нее для потребителей Байкальского региона и Красноярского края.

Проектная полезная емкость Иркутского водохранилища, основная часть которой приходится на оз. Байкал, позволяет осуществлять многолетнее регулирование притока воды в озеро. Накопленные в нем запасы воды являются легкодоступным и эффективным резервом энергоресурсов для ОЭС Сибири.

Следует отметить, что при разработке проекта Иркутского гидроузла большое внимание уделялось обеспечению надежности и безопасности его эксплуатации для всех затрагиваемых объектов и субъектов [15]. В частности, были определены границы территорий на побережье Байкала и в пойме р. Ангары в черте г. Иркутска, которые могут затопливаться соответственно при форсированном подпорном уровне водохранилища (457,5 м) и при максимально допустимом расходе в нижнем бьефе Иркутской ГЭС (6000 куб. м/с). Предполагалось, что это может случиться при наступлении половодий и паводков повторяемостью один раз в 1000 лет. В смете строительства Иркутского гидроузла были выделены специальные средства на подготовку этих территорий к возможному затоплению. Особое внимание уделялось защите прибайкальского участка Транссибирской железнодорожной магистрали. В частности, была запроектирована и сооружена специальная защитная дамба (впоследствии она была разрушена из-за ошибок при определении расчетной высоты волны).

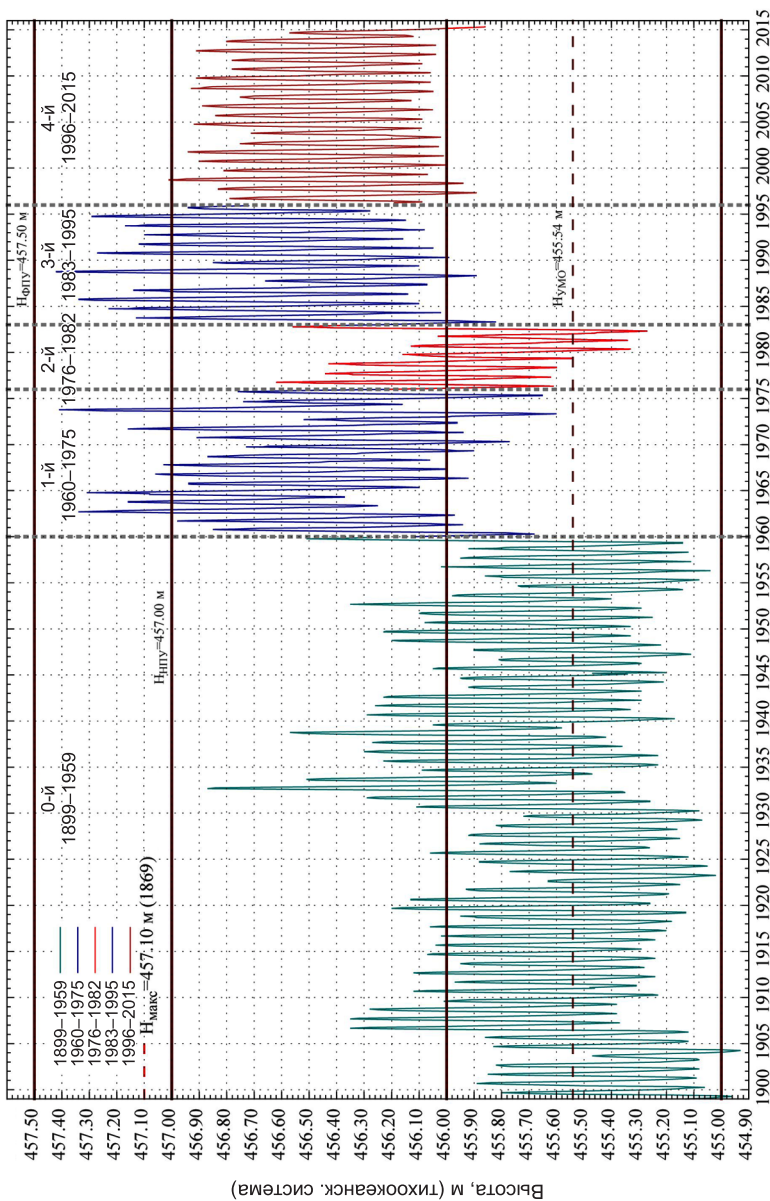
В процессе эксплуатации Иркутского гидроузла указанные территории (так называемые технологические зоны) из-за отсутствия контроля за их очисткой и последующими застройкой и хозяйственным использованием оказались не подготовленными к затоплению. Поэтому еще в 1980-е годы максимально допустимый расход в нижнем бьефе гидроузла был ограничен 3200 куб. м/с, а отдельные участки затопливаются уже при расходе 2800 куб. м/с. В результате возможность превышения отметки нормального подпорного уровня (НПУ) оз. Байкал в 457 м возникает при паводках повторяемостью один раз в пять лет, что подтвердилось в 1985 и 1988 гг. Кроме экономического ущерба это вызывает сложные социальные и экологические проблемы в Иркутске и на восточном побережье Байкала.

Условия работы Иркутской ГЭС в ОЭС Сибири в процессе ее эксплуатации существенно зависят от гидрологической обстановки в бассейне оз. Байкал. В связи с этим можно выделить четыре основных этапа, различающихся объемами притока воды в озеро, его уровнем режимом (см. рисунок) и экологическими и социально-экономическими последствиями.

Первый этап (1958–1975 гг.) характеризуется относительно благоприятными условиями по водности озера и условиями функционирования Иркутской и Братской ГЭС в составе ОЭС Сибири. В этот период экосистема Байкала адаптировалась к повышенному уровневому режиму [2]. По разным данным, средний уровень озера превысил естественный на 71–73 см. Следствием этого стало формирование новой береговой линии. В частности, в указанные годы была разрушена защитная дамба Транссибирской железной дороги. С повышением уровня озера связывалось сокращение уловов омуля, и с 1968 г. введен запрет на его промышленный вылов. Но возлагать ответственность за это полностью на энергетику при наличии других факторов (загрязнение р. Селенги, браконьерство и т.д.) нет оснований.

На *втором этапе* (1976–1982 гг.) наблюдалось катастрофическое маловодье в бассейне не только Байкала и Ангары, но и Енисея. В этих условиях запасы воды в Иркутском и Братском водохранилищах были полностью использованы для компенсации дефицита генерирующих мощностей на тепловых электростанциях ОЭС Сибири [1]. Но избежать ограничений для потребителей не удалось. Уровни обоих водохранилищ понижались ниже проектных уровней мертвого объема (см. таблицу). Так, уровень оз. Байкал опускался до 455,27 м. Как следствие, условия жизнедеятельности экосистемы озера приближались к естественным. К концу этого этапа численность омуля восстановилась, и в 1983 г. запрет на его промышленный вылов был отменен. Понижение уровня озера сопровождалось сдвигом береговой линии [18], понижением уровня грунтовых вод и другими явлениями в прибрежной зоне, что наблюдается и в настоящее время.

Третий этап (1983–1995 гг.) можно назвать критическим. За 13-летний период уровень Байкала превышал нормальный подпорный уровень 10 раз (всего за время эксплуатации Иркутской ГЭС это



Уровенный режим оз. Байкал в естественных (0-й этап) и зарегулированных (1-4-й этапы) условиях

НПУ – нормальный подпорный уровень; УМО – уровень мертвого объема

Источник: [19]

наблюдалось 17 раз). При этом только в многоводные 1985 и 1988 гг. превышения НПУ оправдывались сложившимися гидрологическими условиями [14]. Как следствие, отмечались значительные антропогенные воздействия на хозяйственную систему Байкальского региона, прежде всего Бурятии, и на экосистему озера [13]. Активизировались процессы эрозии берегов и разрушения хозяйственных объектов, жилых домов, прибрежных сооружений (портов, причалов судов, водозаборов), а также линий электропередачи и связи. Изменились условия нереста и нагула рыбы [20]. Это вызвало необходимость изменить энергетические режимы Иркутского водохранилища и уровня оз. Байкал [12].

После того как в 1996 г. ЮНЕСКО включила оз. Байкал в список объектов Всемирного природного наследия, в России был принят закон «Об охране озера Байкал» (2001 г.). В нем хозяйственная деятельность на акватории и в прибрежной зоне озера регламентируется с целью сохранения биоразнообразия в его уникальной экосистеме. Протесты общественности и руководства Республики Бурятия и принятие закона «Об охране озера Байкал» стали предпосылкой изданию постановления Правительства РФ «О предельных уровнях в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности» (2001 г.). В этом документе минимальные и максимальные отметки воды в озере ограничены метровым диапазоном 456 и 457 м в тихоокеанской системе высот. Таким образом был изменен главный принцип регулирования режимов оз. Байкал, обеспечивающий комплексное использование водных ресурсов бассейна. Теперь режим работы Иркутского гидроузла направлен прежде всего на поддержание уровней озера в заданных пределах. Следствием этого стали значительные трудности в обеспечении социально-экономической безопасности в нижнем бьефе Иркутской ГЭС и на восточном побережье Байкала.

Четвертый этап (1996–2013 гг.) в эксплуатации Иркутской ГЭС характеризуется рекордным по продолжительности маловодьем в бассейне Байкала. Годовые притоки воды в озеро за 17 лет ни разу не превышали его среднемноголетний объем, а среднегодовая амплитуда колебаний уровней озера за этот период составила 78 см, т.е. на 5 см

меньше среднемноголетней в естественных условиях до строительства Иркутской ГЭС. В этот период уровень воды в Байкале поддерживался в заданных пределах. Однако настораживает тот факт, что в последние годы резко сократилась численность омуля, и опять поднимается вопрос о необходимости введения запрета на его промышленный вылов.

Вместе с тем на условия работы Иркутской ГЭС в составе ОЭС Сибири и Ангарского водохозяйственного комплекса в этот период существенно повлияли изменения в институциональной основе и нормативно-правовой базе управления водными ресурсами в стране. Указ Президента РФ «Об организации управления электроэнергетическим комплексом Российской Федерации в условиях приватизации» (1992 г.) и постановление Правительства РФ «О федеральном (общероссийском) рынке электроэнергии и мощности» (1996 г.) положили начало процессу либерализации электроэнергетики и формированию электроэнергетического рынка страны. Возник плюрализм собственности на энергетические объекты. Гидроэлектростанции с их оборудованием и схемами выдачи мощности перешли в собственность разных акционерных обществ. Иркутская, Братская и Усть-Илимская ГЭС стали собственностью ОАО «Иркутскэнерго», позднее – ОАО «Евросибэнерго», Богучанская ГЭС – совместная собственность ОАО «РусГидро» и ОАО «РУСАЛ». При этом подпорные сооружения и водохранилища гидроузлов остаются в собственности государства в лице региональных органов управления водным хозяйством.

Механизмы оптимального управления режимами регулирования речного стока и рационального использования водных ресурсов на всех ГЭС энергообъединений заменены рыночной торговлей их электроэнергией (и мощностью)¹. При этом ГЭС оказались в благоприятных условиях для получения сверхприбыли. Если раньше их электроэнергия продавалась по средней для ОЭС цене, то в принятой в нашей

¹ См.: *Постановление* Правительства РФ от 27.12.2010 № 1172 «Об утверждении Правил оптового рынка электроэнергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности». – URL: <http://www.rg.ru/2011/04/05/electro-dok.html> .

стране схеме оптовой продажи электроэнергии на сутки вперед они выступают ценопринимающими субъектами с ценой продажи вырабатываемой электроэнергии, равной цене самого дорогого из ее поставщиков, замыкающего энергобаланс торговой зоны оптового рынка электроэнергии (и мощности).

Управление режимами российских гидроэлектростанций кардинально изменилось после принятия в 2006 г. нового Водного кодекса РФ². Этот акт направлен на охрану водных ресурсов и их защиту от истощения и загрязнения в условиях либерализации экономики страны. Водные ресурсы России в этом кодексе законодательно объявлены общедоступными и бесплатными природными ресурсами. Контроль за их использованием передан региональным водохозяйственным органам, в нашем случае – Енисейскому водному бассейновому управлению. При этом гидроэнергетика утратила приоритетную роль, а режимы использования воды из водохранилищ ГЭС стали полностью подчиняться выполнению водохозяйственных и экологических требований, а также требований безопасности гидросооружений. Данным целям служат правила использования водных ресурсов отдельных водохранилищ (ПИВР)³. В качестве инструмента ведения режимов регулирования стока применяются модифицированные диспетчерские графики. Особенность этих графиков состоит в жесткой увязке назначаемых расходов воды через турбины ГЭС и водосбросные сооружения гидроузлов с уровнем их водохранилищ. Так, линия безопасности на этих графиках соответствует НПУ водохранилищ. Это означает, что холостые сбросы воды через водосбросные сооружения разрешается осуществлять только после заполнения водохранилищ до этой отметки. Последнее создало, в частности, на Иркутском гидроузле парадоксальную ситуацию: с одной стороны, Байкал

² См.: *Водный кодекс Российской Федерации* // Собрание законодательства РФ. – 2006. – № 23. – Ст. 2381.

³ См. Методические указания по разработке Правил использования водных ресурсов водохранилищ. Утверждены приказом Минприроды РФ от 26 сентября 2011 г. № 17.

нельзя переполнять выше отметки НПУ 457 м⁴, а с другой – запрещено заранее сбрасывать излишки воды с целью подготовки емкости водохранилища.

Таким образом, подчинение режимов работы Иркутской ГЭС и оз. Байкал выполнению ограничений на пределы колебаний уровня Иркутского водохранилища и Байкала, требований речного транспорта, промышленного и коммунально-бытового водоснабжения, а также экологических требований существенно повлияло на свободу назначения режимов. Это в какой-то мере ограничило возможности в отношении дополнительного увеличения прибыли собственников ангарских ГЭС за счет оптимизации режимов регулирования притока воды в оз. Байкал в составе ОЭС Сибири.

Четвертый этап в эксплуатации Иркутской ГЭС и практическом использовании оз. Байкал закончился в 2014 г. катастрофическим маловодьем – рекордным за период эксплуатации Иркутского гидроузла. Годовой приток воды в указанном году составил 67% от нормы (более низкий приток воды был в 1903 г.). Отметим, что это маловодье, в отличие от ситуации 1976–1982 гг., не нарушило сбалансированности ОЭС Сибири. Объясняется это, в частности, вводом агрегатов на Богучанской ГЭС при отсутствии основного потребителя ее электроэнергии – Богучанского алюминиевого завода. Но сложилась непростая ситуация с обеспечением водохозяйственных требований из-за того, что к началу октября Иркутское водохранилище оказалось заполненным только наполовину. Возникла угроза снижения его уровня меньше минимально заданной отметки 456 м в случае выполнения требований по расходу воды в нижнем бьефе в объеме 1250–1300 куб. м/с, предусмотренном ПИВР Иркутского гидроузла [21]. Снижение этого расхода по сравнению с указанной величиной привело бы к прекращению водоснабжения теплоцентралей, обеспечивающих теплом г. Ангарск и Ангарский промышленный район,

⁴ См.: *Проект «Правил использования водных ресурсов водохранилищ Ангарского каскада ГЭС (Иркутского водохранилища и озера Байкал, Братского и Усть-Илимского водохранилищ)»* (шифр И-12-48). – М.: ФГБОУВПО «Моск. гос. ун-т природобустр-ва» Мин-ва сельск. хоз-ва РФ, 2013.

и коммунально-бытового сектора ниже по течению реки с серьезными социально-экономическими последствиями. На уменьшении пропуска в нижний бьеф Иркутской ГЭС настаивали представители Республики Бурятия, обосновывая это тем, что снижение уровня Байкала за указанную отметку нанесет катастрофический ущерб экосистеме озера.

Преодолением противоречия занимались многочисленные организации федерального и регионального уровней и даже Генеральная прокуратура РФ. Ситуация разрешилась только после принятия Постановления Правительства РФ от 4 февраля 2015 г. № 97 «О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в осенне-зимний период 2014/2015 года», в котором было снято ограничение на указанное снижение уровня озера для поддержания минимального расхода 1250–1300 куб. м/с. Однако это не исключает повторения подобной ситуации и всех связанных с ней проблем в ближайшем будущем. Следует отметить, что фактически уровень Байкала, по данным Федерального агентства водных ресурсов на 15 апреля 2015 г., снизился до 455,87 м в тихоокеанской системе высот и, как предполагалось, начал расти. К середине мая он достиг отметки 455,92 м. Всего за период эксплуатации Иркутской ГЭС уровень Байкала 22 раза опускался ниже отметки 456 м, в том числе даже до отметки 455,27 м. Понятно, что понижение уровня озера по отношению к 456 м всего на 13 см на экосистеме Байкала серьезно не сказалось.

Более вероятные и, главное, неустраимые последствия могут ожидать Иркутскую область и Республику Бурятию в связи с запретом на повышение уровня оз. Байкал сверх отметки НПУ в случае наступления высокой водности, и в том числе катастрофически многоводных лет. Вероятность подобного события, особенно отдельных лет высокой водности, после длительной серии маловодных лет довольно высока. Однако следует отметить, что согласно ранее полученным фоновым прогнозам для сибирских рек, вековая ветвь пониженной водности на оз. Байкал еще не закончилась. Глобальные климатические изменения в виде катастрофических паводков, наблюдаемые в раз-

личных регионах России, в частности на Дальнем Востоке в 2013 г., могут внести существенные коррективы в долгосрочные прогнозы относительно стока рек [6].

Как показали расчеты и анализ условий и режимов пропуска высоких и катастрофических половодий и паводков через сооружения Иркутского гидроузла, проведенные при его проектировании, уровень Байкала может превышать отметку 457 м при максимально допустимом расходе в нижнем бьефе, равном 6000 куб. м/с, и максимальном объеме притока воды в мае–октябре повторяемостью один раз в 20 лет (вероятность 5%). Вместе с тем вынужденное снижение расхода в нижнем бьефе Иркутского гидроузла до 2800–3200 куб. м/с привело к увеличению вероятности превышения отметки НПУ (как, в частности, отмечено в 1988 г.) до одного раза в 10 лет (вероятность 10%). Следовательно, и риск выхода территории периодических затоплений (наводнения) за границы выделенной зоны значительно возрастает.

Таким образом, жесткое ограничение на повышение уровня оз. Байкал, введенное правительственным постановлением 2001 г., не только противоречит проекту Иркутского гидроузла, но и порождает угрозу затопления неподготовленных территорий в районе г. Иркутска и на восточном побережье озера с неизбежным обострением социальных и экологических проблем. В этих условиях придется или увеличивать сбросные расходы через Иркутский гидроузел сверх 2800–3200 куб. м/с, или же идти на превышение уровня Байкала над отметкой 457 м. В любом случае произойдут затопления неподготовленных территорий и будет нанесен ущерб населению и хозяйственным объектам и угодьям, причем тем значительнее, чем больше возрастут указанные расход и повышение уровня и чем в большей степени уже освоены территории периодического затопления в черте г. Иркутска и на восточном побережье озера.

С целью ослабления социально-экономических и экологических последствий в случае пропуска катастрофических паводков необходимо определить границы затапливаемых территорий при разных расходах в нижнем бьефе Иркутского гидроузла и при разных повышениях уровня Байкала сверх НПУ на его восточном побережье. Наши рас-

четы показывают возможные зоны затопления⁵ при различных расходах воды через створ Иркутской ГЭС (4300, 5260, 6000 куб. м/с). В последующем будет проведена инвентаризация хозяйственных строений, объектов и угодий, попадающих под затопление территории. Это позволит определить степень риска и возможные ущербы при разной высоте паводка. Кроме того, должна быть проведена предупредительная работа с собственниками строений, объектов и угодий в зоне возможных затоплений с требованием ликвидировать или создать сооружения для их защиты. Поскольку ограничить хозяйственное использование привлекательной прибрежной территории невозможно, логичным выходом была бы организация системы страхования риска с дифференциацией ставок по зонам затопления с разной вероятностью. Средства из страхового фонда могли бы использоваться для компенсации материального ущерба страхуемым лицам при реализации угрозы.

Наблюдаемые в прошлом гидрологические условия в бассейне оз. Байкал дают основания сомневаться в возможности безусловного выполнения заданных правительственным постановлением 2001 г. ограничений предельных уровней озера при наступлении периодов с водностью, существенно отличающейся от среднеголетней. Таким образом, полностью предотвратить межрегиональные противоречия между Иркутской областью и Республикой Бурятия при появлении необходимости снижения уровня Байкала за отметку 456 м или повышения его уровня более 457 м не представляется возможным. Поэтому речь может идти только о смягчении последствий в первую очередь в социальной сфере.

Предвидя такую ситуацию, ученые из институтов СО РАН Иркутской области и Республики Бурятии, а также из МГУ направили в Министерство природных ресурсов и экологии РФ предложение о подготовке научного обоснования режимов регулирования уровня оз. Байкал. При соблюдении приоритета сохранения уникальной экосистемы

⁵ Расчеты выполнены с использованием математической модели установившихся режимов расходов воды. Также был создан программный компонент обработки данных спутникового зондирования рельефа местности высокого разрешения.

озера намечается использовать комплексный подход, учитывающий интересы различных участников Ангарского водохозяйственного комплекса и направленный на снижение угрозы безопасности экономике, природной среде и населению на прилегающей территории. Предметом исследований и согласований должны стать вопросы не только уровня режима озера, но и обеспечения эффективного функционирования и развития единой природной, технической и социально-экономической системы всего бассейна оз. Байкал и р. Ангары.

Проблема регулирования уровня озерных водохранилищ и расходов воды через сооружения каскадно расположенных гидроузлов возникает и в других регионах мира. Одним из примеров является проблема управления уровнем режимом оз. Онтарио и каскада ГЭС на р. Св. Лаврентия, которая вызвала международный интерес и привлекла внимание специалистов из разных стран [10].

Специального рассмотрения требует очень сложная проблема упорядочения взаимоотношений Республики Бурятия и Иркутской ГЭС при распределении доходов, получаемых от использования водных ресурсов и регулирующих возможностей оз. Байкал в энергетических и водохозяйственных целях (см., например, [3; 5]). Эта проблема носит чисто экономический характер и должна решаться экономическими методами.

Прежде всего отметим, из чего складываются доходы собственников ангарских ГЭС. Это в первую очередь низкие эксплуатационные затраты, что связано, с одной стороны, с отсутствием в них амортизационной составляющей, поскольку капиталовложения в строительство этих сооружений давно окупились, а с другой стороны, с установленной в России бесплатностью водных ресурсов. Затраты на содержание водохранилищ и подпорных сооружений гидроузлов теперь несет государство как их собственник. Кроме того, гидроэлектростанции являются только водопользователями, так как не влияют на объем располагаемых водных ресурсов. По этой причине ГЭС не могут быть субъектами рынка воды [10], хотя, заметим, запасы питьевой воды в Байкале привлекают внимание многих сопредельных государств [16].

С учетом сказанного можно сделать вывод, что высокие доходы собственников ангарских ГЭС обусловлены в основном тем, что собственники присваивают дифференциальную гидроэнергетическую ренту. Эта рента (рентный эффект) представляет собой дополнительный экономический выигрыш, который получает хозяйствующий субъект за счет использования эффективного природного ресурса или благоприятного экономико-географического фактора. Наиболее известна земельная рента, но можно говорить и о рентном эффекте от использования таких природных ресурсов, как вода (водная рента) и энергия падающей воды (гидроэнергетическая рента).

Ангарские гидроэлектростанции являются наиболее эффективными ГЭС России. Это связано с благоприятными гидрологическими и геоморфологическими характеристиками р. Ангары, и в том числе с наличием в ее истоке оз. Байкал с его значительными водными ресурсами и регулирующей емкостью. Именно уникальные природные условия позволяют вырабатывать на Ангарском каскаде ГЭС значительное количество электроэнергии с низкими по сравнению с другими электростанциями Сибири ценами и, следовательно, иметь большой рентный эффект. Сейчас этот эффект при низких тарифах на электроэнергию в «Иркутскэнерго» фактически переносится на электроремную продукцию, в частности на алюминий. Это стимулирует активное развитие в Иркутской области алюминиевой промышленности.

Как показали исследования [3], рентный эффект, получаемый от энергетического использования оз. Байкал, оценивается в миллиарды рублей. Создание законодательной базы для перераспределения этого эффекта между собственниками трансграничных водных объектов представляется единственным путем решения рассматриваемой проблемы.

* * *

Проблемы влияния гидроэнергетики на экосистему и прибрежную зону оз. Байкал возникли после перекрытия р. Ангары сооружениями Иркутской ГЭС. При этом условия работы Иркутской ГЭС

и режимы использования водных ресурсов озера определялись проектными решениями и требованиями того времени. За период эксплуатации ГЭС эти условия претерпели серьезные трансформации по разным причинам, особенно после изменения институциональной основы и нормативно-правовой базы управления водными ресурсами в России в связи с рыночными реформами в электроэнергетике и принятием нового Водного кодекса РФ.

Существующие законодательство и система управления режимами оз. Байкал в принципе позволяют удовлетворять потребности водопользователей и обеспечивать охрану экосистемы озера в средних и близких к ним гидрологических условиях. Но они не отвечают устойчивому и безопасному функционированию уникальной экосистемы Байкала и экономики на прилегающих территориях в периоды экстремальной (низкой или высокой) водности.

Полностью предотвратить угрозу обострения межсубфедеральных противоречий при появлении необходимости понижения уровня Байкала за отметку 456 м или переполнения озера выше отметки 457 м не представляется возможным. Одним из средств их урегулирования может стать перераспределение между регионами дифференциальной гидроэнергетической ренты [3], получаемой собственниками ГЭС и электроемкими потребителями.

Список источников

1. Асарин Е.А., Грачева Л.В., Терман И.А. Об использовании гидроэлектростанций в энергосистемах // Гидротехническое строительство. – 1984. – № 3. – С. 6–10.
2. Афанасьев А.Н. Водные ресурсы и водный баланс озера Байкал. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. – 238 с.
3. Безруков Л.А., Думова И.И., Никольский А.Ф. и др. Межрегиональное перераспределение гидроэнергетической ренты ангарских ГЭС // Регион: экономика и социология. – 1997. – № 4. – С. 117–129.
4. Безруков Л.А., Никольский А.Ф. Экономическая оценка ущербов от негативного воздействия Ангарского каскада ГЭС на природу, хозяйство и население Иркутской области // География и природные ресурсы. – 1995. – № 1. – С. 125–134.
5. Безруков Л.А., Савельев В.А., Никольский А.Ф., Подковальников С.В. Байкал и гидроэнергетика: экология и экономика // География и природные ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 156–166.

6. *Бережных Т.В., Резников А.П.* Фоновое прогнозирование речного стока на основе его пространственно-временных закономерностей // География и природные ресурсы. – 1996. – № 4. – С. 17–24.

7. *Галазий Г.И.* Рациональное использование и охрана природных ресурсов Байкала // Путь познания Байкала. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. – С. 275–294.

8. *Грачёв М.А.* О современном состоянии экологической системы озера Байкал. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 133 с.

9. *Гуков В.П., Кин А.А., Смирнов Н.В.* Возможности устойчивого роста экономики Иркутской области // Регион: экономика и социология. – 2001. – № 1. – С. 133–151.

10. *Данилов-Данильян В.И., Дёмин А.П., Пряжинская В.Г., Подкидышева И.В.* Рынки воды и водохозяйственных услуг в мире и в Российской Федерации. Ч. 1 // Водные ресурсы. – 2015. – Т. 42, № 2. – С. 229–239.

11. *Добрецов Н.Л.* Проблемы Байкала и их законодательное решение // Закон РФ «Об охране озера Байкал» как фактор устойчивого развития Байкальского региона. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003. – С. 3–6.

12. *Думова И.И.* Оценка эффективности функционирования хозяйства Иркутской области // Регион: экономика и социология. – 2001. – № 4. – С. 176–193.

13. *Думова И.И., Бардаханова Т.Б.* Обеспечение охраны оз. Байкал и рациональное использование природных ресурсов его бассейна // Регион: экономика и социология. – 1997. – № 1. – С. 76–93.

14. *Иванов И.Н.* Гидроэнергетика Ангары и природная среда. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 128 с.

15. *Ковалёв А.К.* Ангарский каскад. – М.: Стройиздат, 1975. – 125 с.

16. *Кузнецова А.Н.* Некоторые аспекты хозяйственного использования оз. Байкал и Байкальской природной территории // Регион: экономика и социология. – 2011. – № 3. – С. 269–271.

17. *Кусковский В.С., Тржцинский Ю.Б.* Влияние сибирских водохранилищ на окружающую среду // Гидротехническое строительство. – 1990. – № 2. – С. 13–17.

18. *Лециков Ф.Н.* Динамика береговой линии ангарских водохранилищ при низком уровне режиме // География и природные ресурсы. – 1988. – № 1. – С. 101–107.

19. *Лопатин Г.В.* Многолетние колебания уровня Байкала // Труды Байкальской лимнологической станции. – Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1957. Вып. XV. – С. 5–31.

20. *Потапов Л.В.* Проблемы Республики Бурятия, связанные с включением озера Байкал в список участков Мирового природного наследия // Байкал как участок Мирового природного наследия: результаты и перспективы международного сотрудничества. – Улан-Удэ, 1998. – С. 13–15.

21. *Савельев В.А.* Современные проблемы и будущее гидроэнергетики Сибири. – Новосибирск: Наука. Сиб. изд. фирма РАН, 2000. – 200 с.

22. Савельева И.Л., Корытный Л.М., Безруков Л.А. и др. Природно-ресурсный потенциал Иркутской области: интегральные оценки // Регион: экономика и социология. – 1998. – № 2. – С. 69–77.

23. Сеникович В.Н. Уровневый режим оз. Байкал после зарегулирования // Закон РФ «Об охране озера Байкал» как фактор устойчивого развития Байкальского региона. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003.

Информация об авторах

Никитин Вячеслав Михайлович (Россия, Иркутск) – доктор технических наук, главный специалист. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: nikitin1310@mail.ru).

Савельев Владимир Александрович (Россия, Иркутск) – старший научный сотрудник. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: rogoва@isem.sei.irk.ru).

Бережных Тамара Васильевна (Россия, Иркутск) – кандидат географических наук, заведующая сектором. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: berejn@isem.sei.irk.ru).

Абасов Николай Викторович (Россия, Иркутск) – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130, e-mail: abasov_nv@rambler.ru).

DOI: 10.15372/REG20150912

Region: Economics and Sociology, 2015, No. 3 (87), p. 273–295

V.M. Nikitin, V.A. Saveliev, T.V. Berezhnykh, N.V. Abasov

PROBLEMS IN HYDROPOWER DEVELOPMENT OF LAKE BAIKAL: THE PAST AND THE PRESENT

The article discusses the relationship of the hydropower industry with the socio-economic sphere and natural environment in the Baikal region under

different hydrological conditions and water management in Russia. The lake has been used as a reservoir for the Irkutsk Hydroelectric Power Station (HPS) since a hydroelectric dam blocked the Angara River. When the Angara Hydroelectric Power Chain started work, the Irkutsk Reservoir became the main one, which has defined the importance of Lake Baikal for the Siberian Interconnected Power System and Angarsk multipurpose water-resources scheme. Depending on hydrological conditions during the operation of the Angara Hydroelectric Power Chain, we can distinguish several stages of lake-level fluctuations. In 1983–1995, the level of the Irkutsk Reservoir repeatedly exceeded the normal design level. In 2014, a catastrophic water shortage in the catchment basin of Lake Baikal exacerbated negative effect on the socio-economic sphere and natural environment on the eastern shore of the lake. When Baikal became a World Natural Heritage site, legislative amendments of 2001 limited the threshold levels of the lake within one-meter range. This restriction substantially affected hydroelectric regimes in terms of social and economic security in the downstream of the Irkutsk HPS within the boundaries of Irkutsk and on the shore of Lake Baikal under the new Russian economic conditions that result from market transformations and the renovation of the Water Code. The article examines the role that the Irkutsk HPS and Lake Baikal, as the primary part of the Irkutsk Reservoir, play in the development of the Baikal region. We also consider the problems related to the use of Lake Baikal under low-water and high-water conditions. The article determines hydrological hazards and threats to the security of the population and the economy in the downstream of the Irkutsk HPS and on the eastern shore of Lake Baikal in the case of high water inflows. We propose priority measures to overcome these threats and settle the interregional relations in the catchment basin of Lake Baikal. The measures include ensuring economic entities and lands within areas of periodic flooding and redistributing the hydroelectricity rent received by the owners of the Angara HPS between the regions. The aim is to manage the functioning and development of natural, technical, economic and social systems of the entire basin of Lake Baikal and the Angara River.

Keywords: Baikal, Angara, hydroelectric power chain on the Angara River, Siberian Interconnected Power System, socio-economic and environmental consequences and threats, Baikal region, interregional environmental and energy relations

References

1. *Asarin, Ye.A., L.V. Gracheva & I.A. Terman.* (1984). Ob ispolzovanii gidroelektrostantsiy v energosistemakh [On the use of hydroelectric stations in power systems]. *Gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [Hydrotechnical Construction], 3, 6–10.
2. *Afanasyev, A.N.* (1976). *Vodnye resursy i vodnyy balans ozera Baykal* [Water Resources and Water Budget of Lake Baikal Watershed]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Department, 238.
3. *Bezrukov, L.A., I.I. Dumova, A.F. Nikolskiy, et al.* (1997). Mezhtseoblastnoye pereraspredeleniye gidroenergeticheskoy renty angarskikh GES [Redistribution of the economic rent of Angarsk hydropower plants between regions]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 4, 117–129.
4. *Bezrukov, L.A. & A.F. Nikolskiy.* (1995). Ekonomicheskaya otsenka ushcherbov ot negativnogo vozdeystviya Angarskogo kaskada GES na prirodu, khozyaystvo i naselenie Irkutskoy oblasti [Damage economic assessment of the Angarsky cascade hydro-power stations and storage reservoirs impact on nature, economy and population of Irkutsk Region]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], 1, 125–134.
5. *Bezrukov, L.A., V.A. Saveliev, A.F. Nikolskiy & S.V. Podkovalnikov.* (1997). Baykal i gidroenergetika: ekologiya i ekonomika [Baikal and hydraulic power industry: ecology and economics]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], 4, 156–166.
6. *Bereznykh, T.V. & A.P. Reznikov.* (1996). Fonovoe prognozirovaniye rechnogo stoka na osnove ego prostranstvenno-vremennykh zakonmernostey [Background forecasting of river flow based on its spatial and temporal patterns]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], 4, 17–24.
7. *Galaziy, G.I.* (1987). Ratsionalnoye ispolzovanie i okhrana prirodnykh resursov Baykala [Protection of Lake Baikal and rational use of its natural resources]. *Put poznaniya Baykala* [The Way of Knowing Baikal]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Department, 275–294.
8. *Grachev, M.A.* (2002). O sovremennom sostoyanii ekologicheskoy sistemy ozera Baykal [The current state of Lake Baikal's ecological system]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 133.
9. *Gukov, V.P., A.A. Kin & N.V. Smirnov.* (2001). Vozmozhnosti ustoychivogo rosta ekonomiki Irkutskoy oblasti [Opportunities for sustainable economic growth in the Irkutsk region]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 1, 133–151.
10. *Danilov-Danilyan, V.I., A.P. Demin, V.G. Pryazhinskaya & I.V. Podkidysheva.* (2015). Rynki vody i vodokhozyaystvennykh uslug v mire i v Rossiyskoy Federatsii. Ch. 1 [Markets of water and water management services in the world and the Russian Federation: Part 1]. *Vodnye resursy* [Water Resources], 42(2), 229–239.

11. *Dobretsov, N.L.* (2003). Problemy Baykala i ikh zakonodatelnoe reshenie [The problems of Baikal and their legislative solution]. *Zakon RF «Ob okhrane ozera Baykal» kak faktor ustoychivogo razvitiya Baykalskogo regiona* [Law of Russian Federation «About the Protection of Lake Baikal» as a factor of sustainable development in the Baikal Region]. Irkutsk, Izd-vo Instituta geografii SO RAN [Institute of Geography SB RAS Publ.], 3–6.

12. *Dumova, I.I.* (2001). Otsenka effektivnoski funktsionirovaniya khozyaystva Irkutskoy oblasti [Assessment of economic performance of the Irkutsk oblast]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 4, 176–193.

13. *Dumova, I.I. & T.B. Bardakhanova.* (1997). Obespechenie okhrany oz. Baykal i ratsionalnoe ispolzovanie pripodnykh resursov ego basseyna [Protection of Lake Baikal and rational use of the resources of its basin]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 1, 76–93.

14. *Ivanov, I.N.* (1991). *Gidroenergetika Angary i prirodnyaya sreda* [Hydraulic power engineering at the Angara River and the natural environment]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Department, 128.

15. *Kovalev, A.K.* (1975). *Angarskiy kaskad* [The Angara Cascade]. Moscow, Stroyizdat Publ., 125.

16. *Kuznetsova, A.N.* (2011). Nekotorye aspekty khozyaystvennogo ispolzovaniya oz. Baykal i Baykalskoy prirodnoy territorii [Some aspects of economic use of Baikal Lake and Baikal area]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 3, 269–271.

17. *Kuskovskiy, V.S. & Yu.B. Trzhtsin'skiy.* (1990). Vliyaniye sibirskikh vodokhranilishch na okruzhayushchuyu sredu [Impact of Siberian water reservoirs on the environment]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Hydrotechnical Construction], 2, 13–17.

18. *Leshchikov, F.N.* (1988). Dinamika beregovoy linii angarskikh vodokhranilishch pri nizkom urovnevom rezhime [Shore dynamics of Angara reservoirs with a low-level regime]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], 1, 101–107.

19. *Lopatin, G.V.* (1957). Mnogoletnie kolebaniya urovnya Baykala [On perennial fluctuations in the level of Lake Baikal]. *Trudy Baykalskoy limnologicheskoy stantsii, vypusk XV* [Proceedings of Baikal Limnological Station]. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., XV, 5–31.

20. *Potapov, L.V.* (1998). Problemy Respubliki Buryatiya, svyazannye s vkluycheniem ozera Baykal v spisok uchastkov Mirovogo pripodnogo naslediya [Problems of the Republic of Buryatia related to the inclusion of Lake Baikal in the World Heritage List]. *Baykal kak uchastok Mirovogo pripodnogo naslediya: rezultaty i perspektivy mezhdunarodnogo sotrudnichestva* [Baikal as a World Natural Heritage Site: Results and Prospects of International Cooperation]. Ulan-Ude, 13–15.

21. *Saveliev, V.A.* (2000). *Sovremennye problemy i budushchee gidroenergetiki Sibiri* [Current Problems and Future Prospects for the Hydraulic Power Industry of Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Department, 200.

22. *Savelieva, I.L., L.M. Korytnyy, L.A. Bezrukov, et al.* (1998). *Prirodno-resursnyy potentsial Irkutskoy oblasti: integralnye otsenki* [Natural resource potential of Irkutsk region: integral evaluations]. *Region: ekonomika i sotsiologiya* [Region: Economics and Sociology], 2, 69–77.

23. *Senyukovich, V.N.* (2003). *Urovnevyy rezhim oz. Baykal posle zaregulirovaniya* [Lake Baikal's level regime after regulation]. *Zakon RF «Ob okhrane ozera Baykal» kak faktor ustoychivogo razvitiya Baykalskogo regiona* [Law of Russian Federation «About the Protection of Lake Baikal» as a factor of sustainable development in the Baikal Region]. Irkutsk, Izd-vo Instituta geografii SO RAN [Institute of Geography SB RAS Publ.].

Information about the authors

Nikitin, Vyacheslav Mikhaylovich (Irkutsk, Russia) – Doctor of Sciences (Engineering), Chief Expert at the L.A. Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: nikitin1310@mail.ru).

Saveliev, Vladimir Aleksandrovich (Irkutsk, Russia) – Senior Researcher at the L.A. Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: rogova@isem.sei.irk.ru).

Berezhnykh, Tamara Vasilyevna (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Geography), Head of Sector at the L.A. Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: berejn@isem.sei.irk.ru).

Abasov, Nikolay Viktorovich (Irkutsk, Russia) – Candidate of Sciences (Engineering), Leading Researcher at the L.A. Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (130, Lermontov st., Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: abasov_nv@rambler.ru).

Рукопись статьи поступила в редколлегию 01.06.2015 г.