

УДК 556.11

ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Мусихина, О.М. Мусихина

Иркутский государственный технический университет

 olisiel2007@ya.ru

В статье представлен общий обзор состояния поверхностных водных ресурсов Иркутской области. Подробно анализируются характеристики загрязнения водохранилищ (Иркутское, Братское, Усть-Илимское), каскада Ангарских ГЭС с 1993 по 2005 годы включительно по данным Иркутского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Обосновывается необходимость разработки технологии комплексной оценки экологической емкости территории с учетом пространственных и временных параметров природной системы.

Ключевые слова: рациональное природопользование, водные ресурсы, антропогенное воздействие, загрязняющие вещества, технология комплексной оценки.

IRKUTSK REGION WATER RESOURCES EVALUATION

Е.А. Musikhina, О.М. Musikhina

Irkutsk state technical university

 olisiel2007@ya.ru

In the paper the general review of Irkutsk region surface water resources conditions is presented. Detailed pollution analysis is presented for dam lakes (Irkutsk, Bratsk, Ust-Ilimsk) and the complex of angara's hydroelectric stations basing on the data of 1993–2005 by the Irkutsk regional office on hydrometeorology and environment monitoring. The necessity for developing the technology of complex territory's ecological volume evaluation is substantiated.

Keywords: harmonious exploitation, water resources, anthropogenic influence, pollutants, complex evaluation technology.

Проблема рационального природопользования, основанного на эколого-экономических компромиссах, не нова, однако отнюдь не утратила своей актуальности. Грамотное, рачительное ведение хозяйства (любых масштабов), рекомендуемое Аристотелем еще со времен античности, вряд ли привело бы к экологическому кризису. Человечеству давно пора понять, что планета у нас одна и виноваты в наших проблемах мы сами, а не люди другой национальности или жители другого государства. Конформизм, равнодушие, лень или просто нежелание задуматься, а еще хуже обвинить себя, привели нас к такому, по сути, бесправному положению. Про-

живая на территории, располагающей уникальными природными ресурсами, мы не смогли отстоять крупнейшее озеро планеты — Байкал, позволив разместить на его берегу один из самых крупных источников загрязнения поверхностных вод «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат».

Водные ресурсы Иркутской области являются одним из наиболее ценных природных богатств. Площадь акватории всемирно известного озера Байкал — 31,5 тыс. км², протяженность с севера на юг — 636 км, максимальная ширина 79,5 км. При средней глубине озера 730 м и максимальной — 1637 м, запасы пресной воды составляют 23,6 тыс. км³ — более 20% доступной питьевой воды планеты. Кроме Байкала на территории Иркутской области расположено 229 озер общей площадью водного зеркала 7732,5 км².

Речная сеть области представлена бассейнами крупных рек (Ангара, Лена, Нижняя Тунгуска) и их многочисленными притоками. Густота речной сети области составляет 400 м на 1 км². Основной водной артерией Иркутской области является Ангара, водный режим которой во многом определяется Байкалом, ежегодно отдающим реке более 60 км³ достаточно чистой пресной воды. Река, на расстоянии 55 км от истока перекрытая плотиной Иркутской ГЭС, образует Иркутское водохранилище. Площадь водохранилища 154 км², длина береговой полосы — 300 км, объем водной массы — 2,1 км³. Режим стока реки Ангары от г. Иркутска до Братской ГЭС зависит от режима работы Иркутской ГЭС.

Братское водохранилище образовано в 605 км ниже по течению реки. Площадь

водного зеркала — 5470 км², полный объем — 169,3 км³, протяженность береговой линии — 6000 км. Замыкает каскад ГЭС, расположенных на реке Ангара, Усть-Илимское водохранилище, образованное плотиной, перекрывающей Ангару на 1026 км от истока. Площадь водной поверхности — 1922 км², полный объем — 58,93 км³, длина береговой линии — 2500 км.

За период эксплуатации каскада Ангарских ГЭС, согласно Государственному докладу «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2003 г.», возникло две проблемы:

— размывы берегов в рыхлых отложениях, которые составили для Усть-Илимского водохранилища порядка 70 метров, для Иркутского и Братского водохранилищ до 200 метров;

— маловодье озера Байкал и реки Ангары, начавшееся в 1996 году, приведшее к срабатыванию многолетних запасов водных ресурсов.

Кроме того, происходит систематическое и недопустимое с точки зрения разумного природопользователя загрязнение источников поверхностных вод и, в частности, озера Байкал, что привело к существенным негативным изменениям в экосистеме озера. Антропогенное воздействие на Байкал заметно повысилось, начиная с 1950 годов. Увеличилась заготовка леса на реках, и на Байкале была начата практика плывущей древесины в больших плотках, или «сигарах». Постоянно возрастающий поток туристов также не способствует улучшению экологической ситуации. Осуществляется сброс в озеро сточных вод Байкальского целлюлозно-бумажного комбината,

г.Слюдянки, станции Ангасолка, карьера Перевал и Южно-Байкальского рыбозавода. По северному берегу озера проложена Байкало-Амурская железная дорога, кроме того, на озере эксплуатируется примерно 90 единиц судов ведомственного и частного флота. Свою лепту в загрязнение озера вносят и ледовые переправы.

Характеристика загрязнения озера Байкал с 1993 года по 2005 год, по данным, полученным Иркутским межрегиональным территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ИУГМС), представлена в таблице 1. Наблюдение за качеством воды в озере ведется в семи пунктах, на семи створах. Сброс в озеро Байкал недостаточно-очищенных сточных вод осуществляет БЦБК, работающий с 1966 года. Предприятие расположено на самом берегу Байкала и сбрасывает сточные воды непосредственно в озеро (динамика сброса представлена в табл. 1). Дополнительно осуществляется сброс сточных вод следующими водопользователями: город Слюдянка — 1463 тыс. м³ недостаточно-очищенных сточных вод, станция Ангасолка — 41,4 тыс. м³ недостаточно-очищенных сточных вод и карьер «Перевал» — 242 тыс. м³ недостаточно-очищенных сточных вод (по данным за 1993 г). Кроме того, поступают хозяйственно-бытовые сточные воды с судов в объеме 0,7 тыс. м³, которые также относятся к категории недостаточно-очищенных, в связи с присутствием в них СПАВ (синтетических поверхностно-активных веществ). С 2005 года стал производиться анализ на загрязнение озера фторидами, количество которых в сточных водах оценивается в 2,312 тонн. Дополни-

тельно загрязняется вода промышленными выбросами, выбросами от многочисленных котельных и железнодорожных станций. В целом качество воды оценивается II классом (условно чистая), за исключением устья реки Маритуй, где качество воды оценивается III классом (умеренно загрязненная), из-за повышенного содержания нефтепродуктов и меди.

По данным за 2003 год суммарный сброс сточных вод по Иркутской области составил 1225,35 млн м³, из них поступило в поверхностные водные источники 1203,7 млн м³, что на 33,61 млн м³ больше, чем в прошлом году. Из них недостаточно-очищенных — 639,4 млн м³, загрязненных без очистки — 183,04 млн м³, нормативно-чистых — 360,3 млн м³, нормативно-очищенных — 20,95 млн м³. В поверхностные источники бассейна реки Ангара поступило 1124,4 млн м³, бассейна озера Байкал — 45,6 млн м³, бассейна реки Лена — 33,7 млн м³ сточных вод. Основными источниками загрязнения поверхностных вод Иркутской области являются предприятия целлюлозно-бумажной промышленности — ОАО «Байкальский ЦБК», ОАО «Братсккомплексхолдинг», ОАО «Усть-Илимский лесопромышленный концерн»; химической, нефтехимической и топливной промышленности — ООО «ХимпромУсолье», ОАО «Саянскхимпласт», ОАО «Ангарская нефтехимическая компания»; предприятия жилищно-коммунального хозяйства.

Наиболее распространенными загрязняющими веществами, выявленными в поверхностных источниках области, являются: нефтепродукты, ртуть, медь, органические и азотсодержащие вещества, сульфиды, се-

Таблица 1

Данные по загрязнению о. Байкал «Байкальским целлюлозно-бумажным комбинатом»

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Параметры, тонны													
БПК	377,3	532,6	484,5	428,3	428,4	424,8	331,4	376,5	380,8	358,6	331,5	337,7	313
взвеси	181,2	193,8	162,3	125,2	142,7	74,3	104,5	136,6	123,8	110,3	109,4	100,1	93
сульфаты	12137	9500	10900	8143	5788	4215	4808	6009,6	6420,2	5783,9	5292,2	5992,3	4798,3
хлориды	6653,1	6171	5278	4574	3257	1596	2767	3257	3719	4503	3082	3139	2404
орган. сернистые соединения	8,212	5,04	4,9	1,9	2,5	0,55	0,48	1,39					
фенолы	0,681	0,97	0,89	0,5	0,3	0,78	0,26	0,47	0,4	0,35	0,29	0,25	0,25
скипидар	4,439	4,04	10,3	4,6	3,9	2,95	4,2	4,22	5,39	6,23	6,35	5,57	4,7
остаточный аммоний	3,382												
азот аммонийный	28,774	17,5	27,7	26,4	20,9	14,4	1,9	1,87	0,52				
нитраты	14,251	32	30	32,4	25,2	11,9	13,4	14,2	15,37	12,3	12,8	12,63	11,33
нитриты	0,106	0,04							0,005				
СПАВ	5,226	2,9	3,3	2,9	2,3	0,59	1,47	1,96	2,31	1,91	1,5	1,97	1,87
фурфурол	3,732	2,3	0,85	0,13	1,2				0,29	0,21	0,4	0,31	0,58
хлороформ	9,162	7,7	9,4	3,1	2,7	0,97	1,96	3,03	3,34	2,24	2,18	1,57	1,22
фосфор общий	0,679	4,06	0,012	0,68	0,25								
формальдегид	2,516	2,4	2,6	1,3	2,1	0,59	0,35	1,2	0,93	0,16	0,5	1,2	0,74
метанол	0,02	0,06	0	1,6	13,9	10,86	12,4	5,1	4	3,5	3,2	3,5	2,3
нефтепродукты	4,5	2,9	2,1	2,2	3,2	1,5	1,2	1,5	1,3	2,5	1,3	1,4	1,1
сульфатное мыло	94,409	241,3	150,7	87,9	66,7	40,9	66,95	44,1	45,1	46,8	64	67,3	56,6
ртуть		0,02	0,02	0,015	0,006	0,003							
хлор органич. общий		70,4	82,8	59,2	51,2	25,8	32,8	29,1					
лигнин	217,165	241,3	287,9	296,4	222,5	145,9	185,9	305,8	236	282	260	229	207
алюминий		3,5	4,2	3,5	3,2	2,37	2,6	3,03	2,66	2,79	2,51	2,44	2,1
ХПК									1,6377				1,348
Итого, тонны	19368,55	16503,23	16957,97	13366,93	9609,756	6145,363	8005,37	9820,17	10582,25	10758,19	8838,63	9558,54	7586,438
Сброс млн м3		58,96	69,891	61,591	43,9	33,7	42,2	48,2	49,043	46,5	43,6	44,4	36,8
в т.ч. дренажные без очистки				0,067	0,072	0,0645	0,4745	0,12	0,117	0,11	0,168	0,204	0,242

роводород, лигнин и формальдегид. Вода реки Ангары и ее притоков загрязнена ртутью, железом, медью, нефтепродуктами и органическими веществами.

Подробная характеристика загрязнения всех поверхностных вод территории Иркутской области не укладывается в рамки статьи, поэтому предполагается особое внимание уделить расположенному на реке Ангаре каскаду ГЭС и ограничиться обзором загрязненности их водохранилищ (по данным за 2003 год).

Качество воды Иркутского водохранилища определяется характеристиками воды озера Байкал (наблюдения проводятся в 3 пунктах, 3 створах). Дополнительное влияние на качество воды оказывают судоходство и сточные воды поселка Листвянка. Максимальные концентрации загрязняющих веществ в истоке Ангары по органическим веществам на уровне ПДК, в районе пос. Патроны: по железу — 1,7 ПДК, по меди — 2 ПДК; в районе центрального водозабора: медь — 2 ПДК, органические вещества и нефтепродукты на уровне ПДК. Хлорорганические пестициды в Иркутском водохранилище не обнаружены (в 1997 году в воде водохранилища выявлен пестицид α -ГХЦГ в среднегодовом значении до 0,002 мкг/л). В целом, качество воды по химическим показателям, как и по гидробиологическим, официально соответствует II классу (условно чистая), за исключением створа пос. Патроны, где качество воды оценивается III классом (умеренно-загрязненная). Совершенно очевидно, что экосистема Иркутского водохранилища уже испытывает значительное антропогенное воздействие.

Река Ангара на участке «город Иркутск — город Ангарск» подвергается еще более интенсивному антропогенному воздействию. Основными источниками загрязнения реки в районе г. Иркутска являются сточные воды право- и левобережных очистных сооружений, ОАО Корпорация «Иркут», городские ливневые сточные воды. В контрольном створе, ниже сброса сточных вод Корпорации «Иркут» среднегодовая концентрация меди составила 2 ПДК, ртути — ПДК. Максимальные значения фенолов и меди — 3 ПДК, ртути — 2 ПДК, железа общего — 1,2 ПДК, фосфора минерального — 1,1 ПДК, азота аммонийного — 2,2 ПДК, азота нитритного — 3,7 ПДК, легкоокисляемых органических веществ по химическому потреблению кислорода (ХПК) — 2,5 нормы. По индексу загрязненности (ИЗВ) вода Ангары на данном участке отнесена ко II классу. В районе г. Ангарска основными источниками загрязнения реки являются сточные воды ИТЭЦ-9 и ИТЭЦ-10, завода «Ангара-реактив» и ОАО «Ангарская нефтехимическая компания». Качество воды в реке на этом участке оценивается III–IV классом.

По Братскому водохранилищу гидрохимические наблюдения ведутся в 7 пунктах, на 13 створах. Вода реки Ангары до поступления в Братское водохранилище испытывает значительное влияние сбросов сточных вод предприятиями городов Иркутска и Ангарска. На входном створе Братского водохранилища (г. Усолье-Сибирское) вода загрязняется стоками предприятий: ООО «Химпром Усолье», ОАО «Усольский химфармкомбинат» и свинокомплекс. В воде значительно возрастает концентрация хлоридов (в 14 раз), сульфатов (в 2 раза).

Максимальные концентрации составляют: по ртути — 2 ПДК, по фенолам — 3 ПДК, по железу общему — 1,9 ПДК, по азоту нитритному — 1,4 ПДК, органических веществ по БПК5 — 1,6 нормы, по ХПК — 2,1 нормы. Тем не менее, качество воды отнесено ко II классу. Далее по течению реки, в районе г. Свирска, в месте сброса сточных вод завода ОАО «Востсибэлемент», среднегодовые содержания меди составили 2 ПДК, ртути — на уровне ПДК. Максимальные концентрации: по меди — 3-2 ПДК, по ртути — 2 ПДК, по фенолам — 3 ПДК, по железу общему — 3,8 ПДК. Качество воды отнесено к III классу. По комплексу показателей качество воды верхней части Братского водохранилища в целом оценивается III-IV классом.

В районе пос. Балаганск значительны среднегодовые концентрации нефтепро-

дуктов (10,8 ПДК) и фенолов (3 ПДК). Максимальная концентрация азота аммонийного — 1,7 ПДК, нефтепродуктов — 19,8 ПДК, фенолов — 11 ПДК, органических веществ — 1,5 нормы. Качество воды оценивается IV классом (загрязненная). В связи с большим содержанием нефтепродуктов данный пункт наблюдений включен в Приоритетный список водных объектов, по которым необходимо неотложное осуществление водоохранных мероприятий.

Вода в приплотинной части водохранилища в районе г. Братска также загрязнена нефтепродуктами и фенолами. Максимальное значение составило: по фенолам — 3 ПДК, по нефтепродуктам — 17,6 ПДК, по содержанию органических веществ — 1,4 нормы, по азоту нитритному — 2,6 ПДК. Хлорорганические пестициды не обнаружены. Ка-

Таблица 2

Данные по загрязнению Братского водохранилища (залив Сухой Лог)

Параметры, тонны	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
БПК	117,5	132,3	88,2	67,6	42,2	56,1	28,8	14,1	32,8
взвеси	72,1	19,5	81,5	35,2	1,1	61,7	64,8	14,7	10,5
скипидар	0,11	0,22	0,09	0,01	0,013	0,26	0		
фенолы	0,87	0,5	0,4	0,41	0,19	0,22	0,09	0,025	0,14
формальдегид		9	2,9						
сульфаты	1365	800	500	54,8	89,8	584,4	381,1	179,8	167
органич. серн. соед.	0,65	0,3	0,09	0,14	0,009	0,1	0,001	0	0,24
хлориды	1651	1100	300	380	1823	1179,6	899,9	533,2	1484
нефтепродукты	16,7	19,5	71	1,3	3,3	2,5	0,9	0,4	0,09
Всего, тонны	3106,43	1949,02	955,98	471,86	1917,412	1828,78	1346,791	728,125	1661,97
СБРОС млн м3	66,111	56,6	38,7	33,8	27,2	20,1	17,9	9,4	8,23

чество воды в данном створе отнесено к III классу.

В заливе Сухой лог Братского водохранилища (динамика загрязнения вод которого

представлена в таблице 2) качество воды ухудшилось: среднегодовые концентрации нефтепродуктов — 8,4 ПДК, лигнина — 2,2 ПДК и фенолов — ПДК. Максимальные

концентрации нефтепродуктов составили 18,6 ПДК, лигнина — 8,8 ПДК, фенолов — 4 ПДК, формальдегида — 3,4 ПДК, органических веществ (по БПК5) — 1,8 нормы, по ХПК — 1,2 нормы. Качество воды оценивается V классом (грязная вода).

В створе залива Дондир среднегодовые концентрации составили по нефтепродуктам — 7,2 ПДК, по лигнину — 2,5 ПДК, по фенолам — 1 ПДК. Максимальные значения нефтепродуктов — 17,2 ПДК, лигнина — 8,5 ПДК, формальдегида — 2 ПДК, фенолов — 7 ПДК, органических веществ по ХПК — 1,3 нормы. Качество воды относится к VII классу (чрезвычайно грязная вода).

Гидрохимические наблюдения Усть-Илимского водохранилища осуществляются в 10 пунктах, 13 створах. Особенностью водохранилища является его неоднородный гидрогеологический режим на разных участках. Объем воды в водохранилище формируется за счет сбросов вод через Братскую ГЭС. Соответственно, и качество вод верхней части Усть-Илимского водохранилища определяется содержанием загрязняющих веществ, поступающих из Братского водохранилища. Наиболее загрязненным является залив реки Вихоревой, куда сбрасываются сточные воды ОАО «Братсккомплексхолдинг», «Братские инженерные сети жилищно-коммунального хозяйства», бытовые сточные воды г. Братска. Динамика загрязнения Усть-Илимского водохранилища представлена в таблице 3.

В створе пос. Седаново качество воды соответствует VII классу. Среднегодовые концентрации нефтепродуктов — 8 ПДК, фенолов — 2 ПДК, азота аммонийного — 1,2

ПДК. Максимальные значения достигали по нефтепродуктам — 11,6 ПДК, по фенолам — 4 ПДК, по фосфору минеральному — 1,8 ПДК, по железу общему — 2,6 ПДК, по азоту нитритному — 2,2 ПДК, по азоту аммонийному — 5,5 ПДК, по органическим веществам по по БПК5 — 1,3 нормы, по ХПК — 1,8 нормы.

Образование водохранилищ привело к изменению гидробиологического, гидрохимического и биологического режима водотоков. Уменьшилась скорость течения, возросли глубины, что привело к коренным изменениям в составе ихтиофауны. Вместо ценных и многочисленных видов широкое распространение получили низкосортные особи: плотва, окунь, карась и лещ. Отрицательное влияние на рыбопродуктивность водоемов оказывают сточные воды и огромные объемы затопленной древесины.

В настоящее время общая экологическая ситуация очень сложная, особенно в примагистральных районах Иркутской области, где чрезвычайно высокая антропогенная нагрузка. Значительная прежде таежная территория пройдена сплошными рубками на 25-50%. Увеличение площадей сплошных вырубок нарушает гидрологический режим территорий (учащаются наводнения, происходит постепенное снижение уровня воды в реках и озерах), изменяет микроклимат (появление и учащение песчаных бурь), оказывает негативное воздействие на биоразнообразие региона. Более того, районы интенсивных вырубок характеризуются высокой пожарной опасностью. Антропогенное воздействие, включающее образование и расширение уже имеющихся урбанизированных зон, сооружение водохранилищ,

Таблица 3

Данные по загрязнению Усть-Илимского водохранилища

Параметры, тонны	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
БПК	1140	1273,1	1536,1	763,8	309,4	442	716	728,6	831,2	593,2	647	459,1	840,6
взвеси	1558,6	1438,2	1631	1314,8	927	1011	1081	964,5	1229,5	1000,2	920,3	1137,1	1357
сухой остаток		48132	71237,8	54805,6	32441	47122	61796	71243	78833	68820	69712	84581	92405
азот аммонийный	29,37	43,2	50,19	36	20,1	25,3	39,24	20,24	19,8	11,4	16,3	14,4	11,3
нитраты	208,78	94,7	77,03	29,3	170,2	11,9	3,9	16,73	32,3	38,4			
нитриты	21,39	4,4	8,5	10,3	24,1	2,8	1,2	11,2	13,3	11,4	7,9	2,9	
сульфаты	7157,6	5409	6199	4720	2960	5333	7048	8417	7363	5285	6192	6940	6211
общий фосфор	23,4	19,5	24,7	17,6	27,7	20,8	22,9	23,1	31,2	26,8	25,2	20,4	26,3
нефтепродукты	19,1	20	26	9,8	5,05	0	0,4	1,7	0	0	0	0,3	0,5
метанол		20,9	45,69	20,6	11,1	28,9	44,7	89,9	75,63	63,56	59,33	61,54	70
хлориды	13461,5	13055	20452	15459	7787	12819	18667	20322	23108	18624	22826	27046	30607
скипидар	3,837	3,5	3,68	4,6	2	0	3,6	0,11	0	0,004	0	0	0
фенолы	0,47	0,6	1,19	0,5	0,4	0,45	0,98	0,71	0,92	1,11	1,39	1,34	1,41
формальдегид		5,15	10,39	4,1	1,7	0	0,34	7,65	5,49	5,03	5,22	5,18	4,85
СПАВ	5,32	3,7	6,28	2	1,01	2,3	4,4	3,87	6,91	5,43	5,42	6,02	8,57
жиры тапл. масло	184,46	80,5	108,8	68,9	52,8	87,7	148,3	154,9	104,1				110
сульф. мыло													
органич. сернистые соед.	3,79	4,04	19,4	0,3	0,8	0,8	1,2	0,43	0,14	0,017	0,041	0	0,071
сероводород	0,14	0,015	4,3	0,1	0,38	1,02	0,3	0,3	0,33	0,25	0,16	0,16	0,18
Всего, тонны	22677,76	68334,41	99905,95	76503,5	44432,34	66466,97	88863,46	101277,3	110823,6	93892,6	99771,26	119816,3	130813,2
СБРОС млн м ³	77,525	58,09	69,021	78,4	53,4	72,8	91,4	90,85	90,48	93,64	89,43	84,38	87,23

строительство крупных транспортных магистралей, развитие химических производств, расширение площадей вырубок и гарей приводят к большим изменениям в пространственной структуре отдельных популяций и сообществ растений и животных. В настоящее время продолжается процесс сокращения видового разнообразия и обилия аборигенных видов практически всех экологических комплексов. Виды темнохвойных таежных ландшафтов уступают место видам лесостепных ландшафтов. В сельскохозяйственных угодьях происходит деградация травостоев со сменой растительности и, как следствие, эрозия почв.

Подобные изменения являются прямыми последствиями воздействия человека на природную среду. Конечно, все можно списать на глобальные изменения климата, связанные с его потеплением или с вековыми природными циклами. Однако, не вызваны ли глобальные изменения климата и антропогенной деятельностью?

Необходимы специальные меры по стабилизации природной системы в области. В частности разработка и внедрение экологических систем, основанных на технологии комплексной оценки экологической емкости территорий, с различными режимами природопользования, обеспечивающими сохранение природного гомеостаза, с целью сохранения ландшафтного и биологического разнообразия.

Предлагаемая технология основана на пространственно-временной методике подсчета эколого-экономического ущерба:

$$Y = \frac{C_{нар} \cdot S_{нар}}{100 \cdot S_{общ}^n} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \cdot \left(\frac{1}{Ck}\right)^{n-1},$$

где $S_{нар}$ — площадь нарушенности; $S_{общ}$ — степень нарушенности; $S_{общ}$ — площадь пространственного таксона; $K_{св}$ — коэффициент связи, учитывающий количество нарушенных связей уровня, в данном случае принимается равным 3 (вода, воздух, почва); T_{max} — время жизни компонента; Ck — масштабный коэффициент подобия, принимающий значения от 2,3 до 3,6; n — индекс уровня, принимающий значения от 1 до количества уровней системы. Отношение $\frac{S_{нар}}{S_{общ}^n}$ является пространственным показателем, а $a_i^T \cdot \left(\frac{1}{Ck}\right)^{n-l}$ является показателем изменения времени взаимодействия уровней природной системы.

Преобразуя формулу путем замены коэффициента нарушенности на ПДК, а площадей — на объемы, получаем формулу для оценки ущерба водным ресурсам:

$$Y = \frac{ПДК \cdot V_{нар}}{V_{общ}} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \cdot \left(\frac{1}{Ck}\right)^{n-1}$$

Однако в случае оценки загрязнения водных объектов необходимо учитывать его распространение не только на периферию окружающего пространства, но и по течению, так как вода является динамической системой. В стационарных водоемах динамикой можно пренебречь, поскольку формула оценки ущерба сама по себе учитывает уровни загрязнения. Что же касается рек, можно рассчитать пределы распространения загрязнения следующим образом:

$$L = v \cdot t,$$

где L — расстояние, которое успеет преодолеть загрязняющее вещество, распространяясь по течению реки; v — средняя скорость

течения реки; t – время распада загрязняющего вещества на относительно безопасные компоненты.

Значительное количество данных, трудоемкость расчетов, ведомственные интересы и т.д. предполагают разработку технических (программных) средств. Для облегчения работы и визуального представления эколого-экономического ущерба, наносимого природной системе антропогенным воздействием, ведется разработка программы WaterRisk, функциональная спецификация которой включает:

хранение данных о загрязнении некоторых рек и водоемов;

хранение правил, описывающих некоторые моменты применения авторской методики, в частности, выбор радиуса окружности локального уровня в зависимости от интенсивности загрязнения;

определение областей распространения загрязнений по водным ресурсам;

расчет ущерба по авторской методике;

визуальное представление областей воздействия на водную среду;

расчет ущерба в областях наложения различных типов воздействия;

анализ рассчитанного ущерба;

прогнозирование возможного воздействия на водную среду;

занесение результатов расчета в базу данных.

Человек живет в природной среде как в системе с конечным запасом энергии, определяемым известными методами ее получения. Сегодня запросы населения превысили возможности природных систем к самовосстановлению. Дальнейшее развитие человечества невозможно без эколого-экономических компромиссов. Поэтому комплексный анализ экологической емкости территорий является необходимым атрибутом грамотного природопользования.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Иркутской области в 2003 году» / Под ред. М.Н. Щербакова. — Иркутск: ОАО НПО «Облмашинформ», 2004. — 384 с.

2. Ежегодники качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории деятельности Иркутскгидромета за 1993–2005 гг.

3. Мусихина Е.А. Исследование влияния фактора времени на оценку состояния окружающей среды в условиях работы горнодобывающих предприятий. — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. — 90 с.