

ДИНАМИКА И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО «КОВДОРСКИЙ ГОК»

В. В. Кульнев

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 22 сентября 2010 г.

Аннотация. С использованием новой методики, основанной на уточненном суммарном показателе загрязнения, проанализирована динамика загрязнения природных вод территории горнодобывающего предприятия. Показана эффективность проведенных природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: горно-обогатительный комбинат, природные воды, загрязнение, природоохранные мероприятия.

Abstract. With use of the new technique based on the specified total indicator of pollution, dynamics of pollution of natural waters of territory of the mining enterprise is analysed. Efficiency of the spent nature protection actions is shown.

Key words: mountain-concentrating industrial complex, natural waters, pollution, nature protection actions

Введение и методика оценки комплексного загрязнения территории

За почти полувековую историю «Ковдорский ГОК» переработал миллионы тонн руды, выпустил огромное количество бадделеитового, апатитового и железного концентратов. Такая интенсивная разработка недр не могла не сказаться на состоянии окружающей среды.

Целью данной работы является исследование динамики и пространственного распределения загрязнения природных вод в районе деятельности комбината.

Анализ корреляционных связей между уровнями загрязнения поверхностных и подземных вод показал высокую тесноту их связи – не менее 0,97. То есть подземные воды территории практически не защищены. Поэтому в дальнейшем поверхностные и подземные воды будут рассматриваться в едином комплексе природных вод.

Карта территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» с нанесенными на нее точками проб отбора природных вод представлена на рис. 1.

В течение периода мониторинга с 1999 по 2009 г. определялось содержание следующих поллютантов и показателей: азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, хлорид-ион, сульфат-ион, фосфат-ион, анионоактивные синтетические поверхностно-активные вещества, ионы кальция, магния, марганца, нефтепродукты, а также такие

показатели, как химическое потребление кислорода, общая жесткость и биохимическое потребление кислорода.

Комплексное загрязнение рассчитывается с помощью суммарного показателя загрязнения:

$$\text{СПЗ} = \sum K_c - (n - 1), \quad (1)$$

где $K_c = C_i / \text{ПДК}$, $i = 1, 2, \dots, n$; C_i – текущие измерения концентрации i -го загрязняющего вещества, ПДК – предельно-допустимая концентрация этого вещества, K_c – коэффициент концентрации, n – число загрязняющих веществ [1].

У этого показателя есть один существенный недостаток. Он хорошо работает только когда для всех загрязняющих веществ измерения дают результаты, большие ПДК, т. е. $K_c \geq 1$. Поэтому уровень загрязнения территории рассчитывался по уточненному суммарному показателю загрязнения [2].

Уточненный суммарный показатель загрязнения рассчитывается по формуле

$$\text{СПЗУ} = \sum C_i / \text{ПДК} - \log_2 n. \quad (2)$$

Минимальное значение этого показателя –3, что соответствует уровню природного фона, формируемого рядом загрязняющих веществ. Таблица 1 показывает ранжирование СПЗУ.

Предложенная методика базируется на понятии экологического кванта действия (ЭКД). Экологический квант действия – это концентрация компонента, которая не накапливается в организме человека. 16 ЭКД соответствует ПДК, и

Условные обозначения

Точки пробоотбора:

-  поверхностных вод
-  подземных вод
-  линии координатной сети

Наименование точек пробоотбора:

-  **поверхностных вод**
-  **подземных вод**

Список сокращений:

- г/п № - гидропост №
- ЗР - западный ряд скважин
- ВК - восточный куст скважин
- КВ - карьерный водоотлив

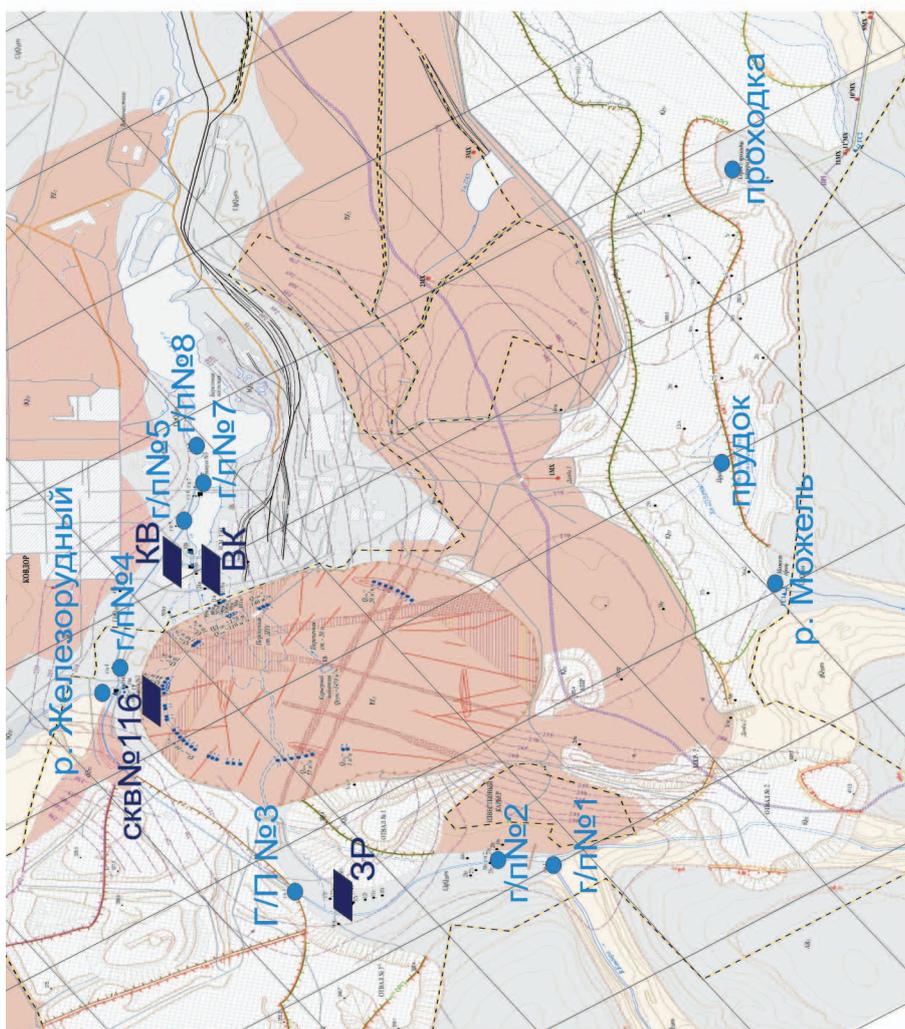


Рис. 1. Схематическая карта территории деятельности комбината и точки пробоотбора природных вод

они еще выводятся из организма без последствий. При накоплении большого числа ЭКД наступают экологические последствия. Предложенный уточненный суммарный показатель загрязнения позволяет с единых позиций описать экологическое состояние всех трех природных геосфер: литосферу, атмосферу и гидросферу. Ранжирование справедливо для 16 видов загрязняющих веществ, что достаточно для практических целей и позволяет четко классифицировать экологическую ситуацию по классическим рангам, строго разделяя понятия природного, техногенного фона и экологической нормы. Для $K_c > 1$ ранжирование СПЗУ совпадает с известным, предложенным В. Т. Трофимовым [3].

Таблица 1

Ранжирование СПЗУ

Доли ПДК	Количество ЭКД	СПЗУ	Ранг
0,0625–0,25	1–4	$-3 \leq * < -1$	Природный фон
0,25–0,5	4–8	$-1 \leq * \leq 0$	Техногенный фон
0,5–1	8–16	$0 \leq * \leq 2$	Экологическая норма
1–2	16–32	$2 \leq * \leq 4$	Экологический риск
2–4	32–64	$4 \leq * \leq 8$	Компенсированный кризис
4–8	64–128	$8 \leq * \leq 16$	Некомпенсированный кризис
> 8	> 128	$* \geq 16$	Бедствие

Динамика загрязнения природных вод территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК» и анализ результатов мониторинга

По результатам мониторинга был вычислен СПЗУ для всех 15 точек пробоотбора. Измерения проводились ежемесячно с последующим годовым усреднением результатов и вычислением годового СПЗУ. Результаты расчетов приведены в табл. 2 и графически изображены на рис. 2–16 с построением соответствующих трендов.

Описание состояния гидрохимической обстановки производится на базе коэффициентов корреляции уточненного суммарного показателя загрязнения в соседних точках пробоотбора, а также путем соотнесения уровня загрязнения в каждой точке с рангами СПЗУ.

Для описания целесообразно выбрать последовательное движение по течению р. Верхняя Ковдора, начиная от гидропоста № 1 и заканчивая гидропостом № 8 (верхняя часть территории на схематической карте) (см. рис. 1). В нижней ее части описание производится по течению р. Можель и проходческого водоотлива.

Между первым и вторым гидропостом (рис. 2, 3) коэффициент корреляции составляет 0,2. Вблизи гидропоста № 2 находится источник загрязнения – известковый карьер, а также отвалы вскрышных пород. Однако в целом комплексное загрязнение находится на уровне природного фона, т. е.

Таблица 2

Динамика изменения СПЗУ природных вод на территории деятельности ОАО «Ковдорский ГОК»

Точка опробования	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Гидропост № 1	-2,8	-3,0	-2,8	-2,4	-2,7	-2,5	-2,4	-2,2	-3,0	-2,5	-2,8
Гидропост № 2	-2,7	-3,0	-2,1	-2,9	-2,7	-2,6	-2,5	-2,6	-2,9	-3,0	-3,0
Гидропост № 3	-2,2	-2,4	-2,3	-2,4	-2,6	-2,2	-2,5	-2,4	-2,5	-2,4	-2,5
Ручей Железородный	-2,6	-2,1	-2,6	1,2	-2,4	-2,2	-2,0	-1,0	-0,9	-1,2	-2,7
Гидропост № 4	-2,5	-2,5	-2,5	-2,7	-2,3	-2,2	-2,0	-1,9	-2,0	-1,9	-2,7
Гидропост № 5	-2,4	-2,5	-2,3	-2,5	-2,7	-2,2	-2,0	-1,7	-2,0	-1,9	-2,7
Гидропост № 7	-0,7	-0,4	-0,5	-0,1	0,2	0,3	1,4	10,8	6,7	5,6	0,9
Гидропост № 8	-2,0	-1,6	-1,3	-1,6	-1,5	-1,5	-1,2	0,5	0,6	-0,5	-1,9
р. Можель	-2,9	-2,9	-2,9	0,3	-2,7	-2,6	-2,4	-2,6	-2,8	-0,9	-3,0
Прудок	-2,2	-2,6	-2,0	-2,5	-2,4	-2,0	-2,0	-2,2	-2,3	-2,3	0,4
Проходка	-0,6	-0,5	-1,1	4,2	6,0	3,8	4,8	3,4	8,5	4,0	2,1
Западный ряд	1,1	1,2	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	4,2	4,1	3,9	2,6
Северный ряд	-2,7	-2,8	-2,5	-2,6	-2,7	-2,6	-2,1	-1,8	-1,7	-2,0	-2,6
Карьерный водоотлив	-0,7	0,4	-0,5	0,2	1,0	0,7	2,5	10,7	10,2	6,5	0,8
Восточный куст	-1,7	-1,6	-1,6	-0,4	-1,3	-0,7	-0,2	2,5	2,2	2,5	1,2



Рис. 2. График изменения СПЗУ природных вод гидропоста № 1

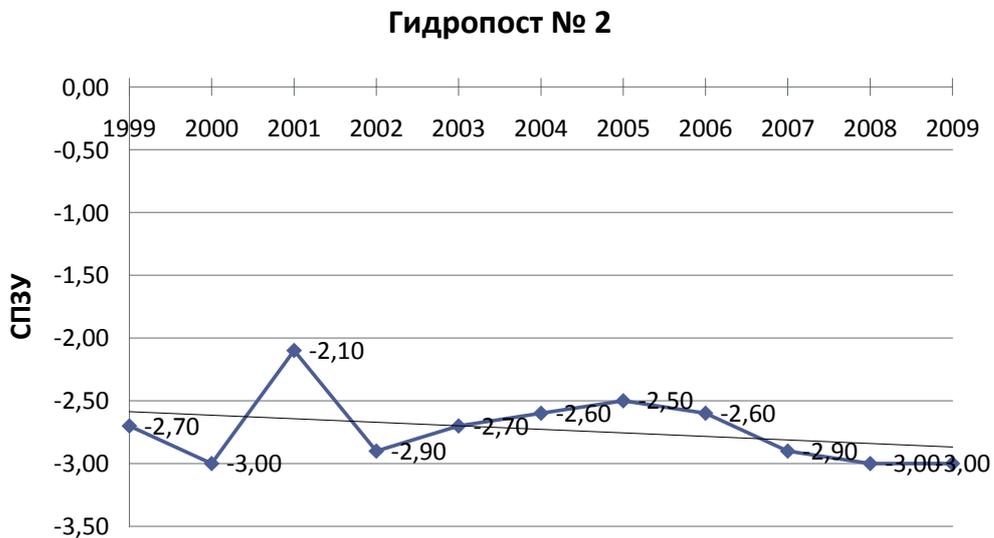


Рис. 3. График изменения СПЗУ природных вод гидропоста № 2



Рис. 4. График изменения СПЗУ природных вод гидропоста № 3



Рис. 5. График изменения СПЗУ природных вод западного ряда

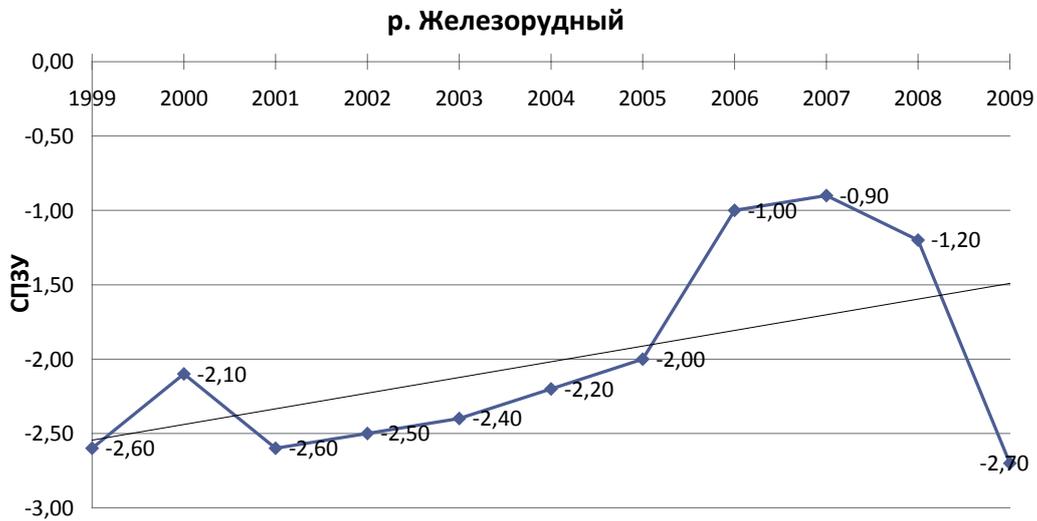


Рис. 6. График изменения СПЗУ природных вод в ручье Железорудном



Рис. 7. График изменения СПЗУ природных вод северного ряда

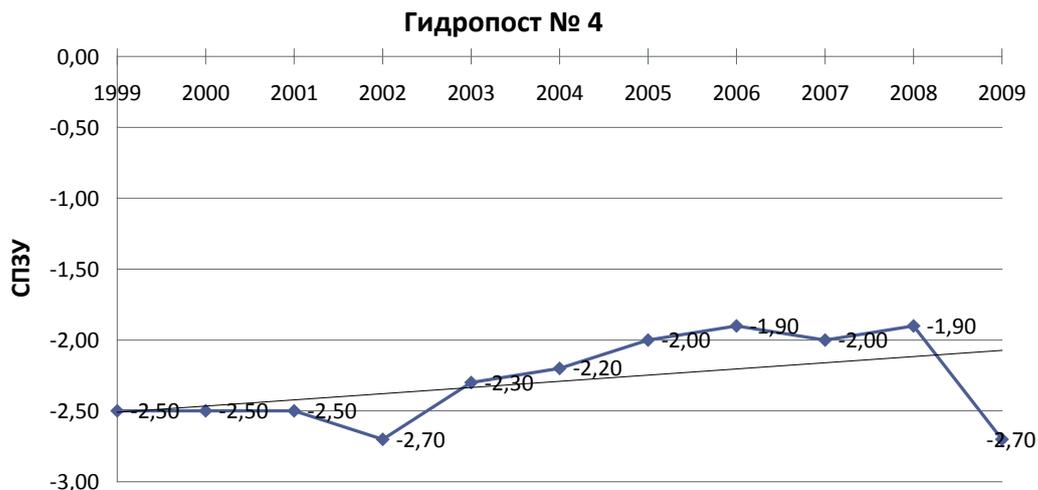


Рис. 8. График изменения СПЗУ природных вод гидропоста № 4



Рис. 9. График изменения СПЗУ природных вод гидропоста № 5



Рис. 10. График изменения СПЗУ природных вод восточного куста

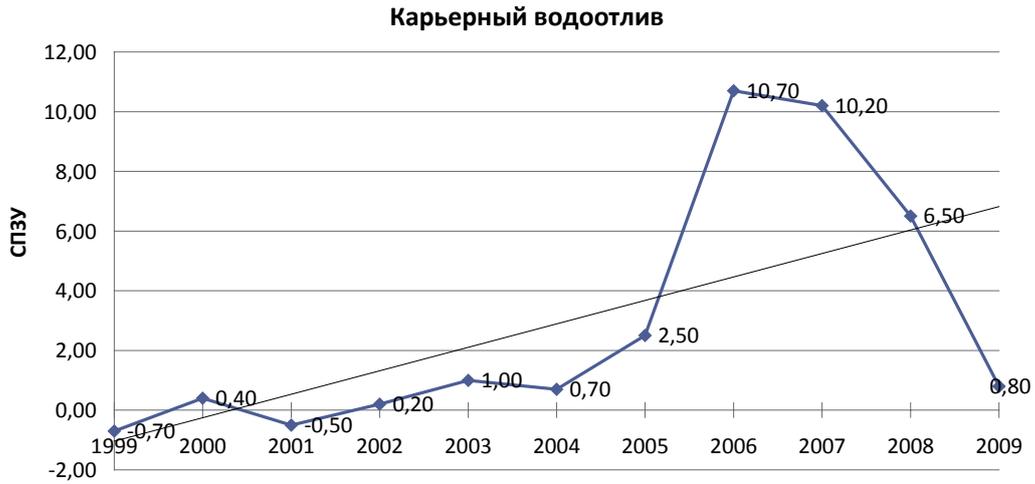


Рис. 11. График изменения СПЗУ природных вод карьерного водоотлива

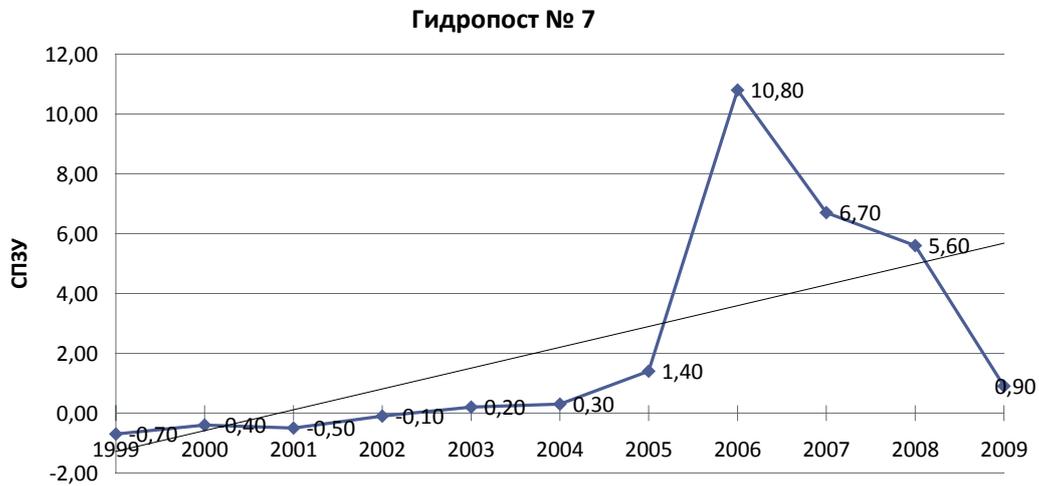


Рис. 12. График изменения СПЗУ природных вод гидропоста № 7

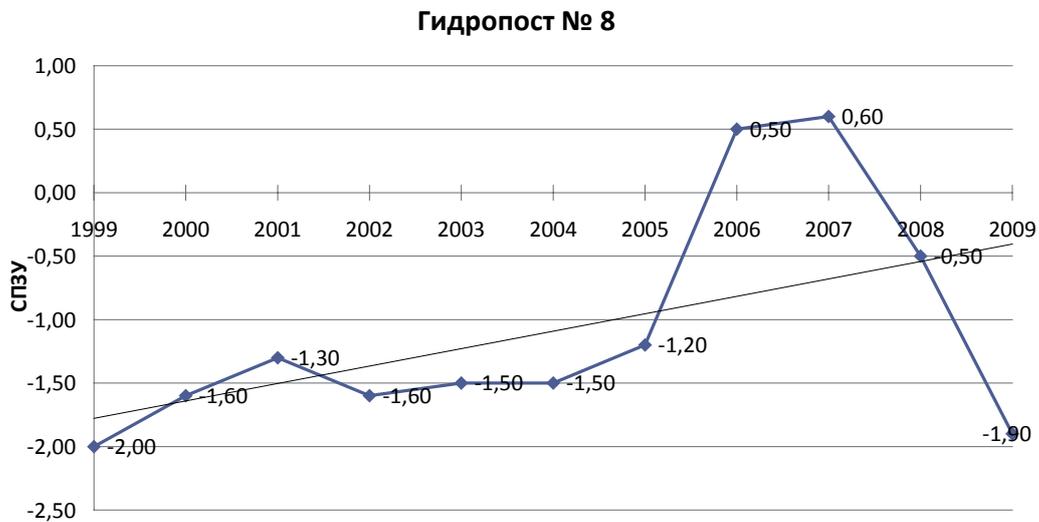


Рис. 13. График изменения СПЗУ природных вод гидропоста № 8

влияние этих источников незначительно. Тренды показывают, что изменения гидрохимической обстановки за последние одиннадцать лет практически не было. Низкий уровень корреляции свидетельствует только о случайных колебаниях СПЗУ.

Состояние природных вод в гидропостах № 2 и 3 (рис. 3 и 4) находится на уровне техногенного фона с коэффициентом корреляции 0,3, что свидетельствует о малых случайных годовых колебаниях СПЗУ. Однако на гидропосту № 3 явно выражена тенденция уменьшения комплексного уровня загрязнения.

Между гидропостом № 3 водопонижительных скважин и западным рядом (рис. 4, 5) коэффициент корреляции составляет $-0,3$. Значения СПЗУ находятся в пределах компенсированного кризиса. Отрицательное значение коэффициента корреляции указывает на разнонаправленность процессов в данном кусте скважин. Как видно из графиков, значение СПЗУ с течением мониторинга на гидропосту № 3 повышается, что обуславливается постоянным привнесом сульфатов из отвалов вскрышных пород и увеличением общей жесткости вследствие разработки известкового карьера.

Между западным рядом и ручьем Железородным (рис. 5, 6) коэффициент корреляции равен 0,9. Уровень СПЗУ находится в рамках техногенного фона. Следовательно, техногенное влияние источников, таких как отвалы вскрышных пород и карьер комплексного бадделеит-апатит-магнетитового месторождения, на данном участке остается достаточно значительным.

Между ручьем Железородным и северным рядом (рис. 6, 7) водопонижительных скважин коэффициент корреляции составляет 0,9. Это говорит о том, что рядом нет внешних дополнительных источников загрязнения. Также на это указывает уровень СПЗУ – природный фон.

Состояние природных вод в северном ряду водопонижительных скважин и на четвертом гидропосту № 4 (рис. 7, 8) соотносится между собой с коэффициентом корреляции, равным 0,8. Уровень СПЗУ не выходит за рамки природного фона. Этот факт свидетельствует о том, что происходит дополнительное разбавление загрязненных вод водами ручья Железородного.

Между гидропостами № 4 и 5 (рис. 8, 9) коэффициент корреляции составляет 0,6. Это говорит о том, что техногенное влияние на данном участке оказывает база буровой техники, при эксплуатации которой происходит увеличение СПЗУ за счет нефтепродуктов. Тем не менее состояние системы не выходит за рамки природного фона.

Гидропост № 5 и восточный куст (рис. 9, 10) водопонижительных скважин соотносятся друг с другом с коэффициентом корреляции, равным 0,7. Это говорит о том, что появляется дополнительный источник загрязнения. При этом уровень СПЗУ попадает в ранг экологического риска. Происходит это, по-видимому, за счет влияния отстойника карьерных вод.

Между восточным рядом водопонижительных скважин и карьерным водоотливом (рис. 10, 11) коэффициент корреляции составляет 0,9. Такая высокая корреляция свидетельствует о подобности процесса загрязнения. Стоит отметить, что уровень СПЗУ в карьерном водоотливе с 2006 по 2007 г. находится в пределах некомпенсированного кризиса. Это может быть вызвано увеличением числа работающих в карьере техники и переходом на другой тип взрывчатых веществ (с тротила на аммонит).

Между карьерным водоотливом и гидропостом № 7 (рис. 11, 12) коэффициент корреляции равен единице. Этот факт свидетельствует о синхронности процессов. Уровень загрязнения находится на уровне компенсируемого кризиса. Резкий скачок уровня СПЗУ нашел свое отражение и на гидропосту № 7, воды которого напрямую сбрасываются в озеро Ковдору через гидропост № 7.

Между гидропостами № 7 и 8 (рис. 12, 13) коэффициент корреляции составляет 0,9. Это объясняется тем, что данные точки наблюдения находятся друг от друга на близком расстоянии.

Уровень СПЗУ находится в пределах компенсируемого кризиса. Стоит отметить тот факт, что на гидропосту № 8 произошло значительное снижение уровня СПЗУ, вызванное высокой степенью разбавления сбрасываемых вод из отстойника.

Опишем обстановку, сложившуюся по течению р. Можель и проходческого водоотлива. Состояние природных вод между р. Можель и прудком (рис. 14, 15) находится в ранге природного фона. Это объясняется значительной удаленностью данных точек пробоотбора от источников техногенного воздействия.

Следует отметить, что значение коэффициента корреляции составляет $-0,3$. Это говорит о разнонаправленности процессов. Уровень СПЗУ не выходит за пределы техногенного фона.

Уровень СПЗУ в проходческом водоотливе находится в пределах компенсируемого кризиса. Высокий уровень СПЗУ обуславливается повышенной концентрацией нефтепродуктов за счет

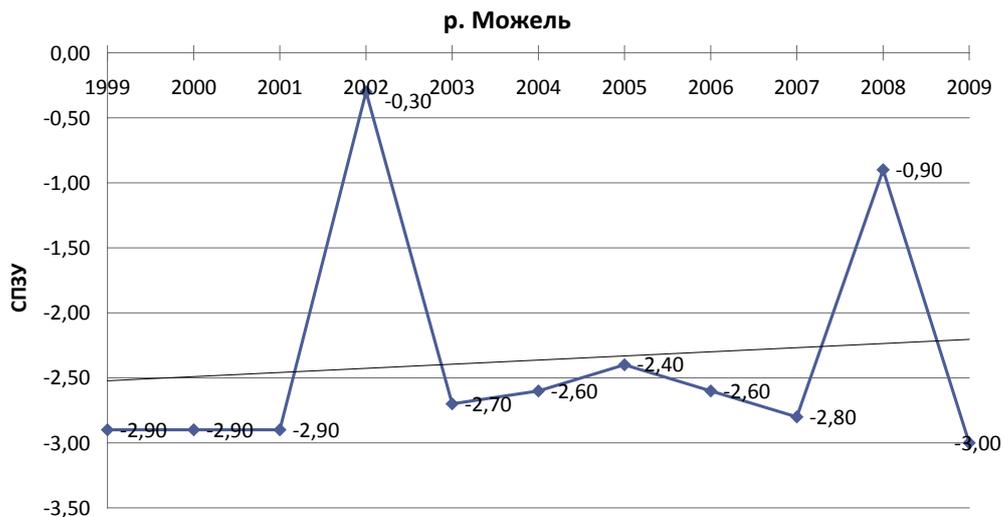


Рис. 14. График изменения СПЗУ природных вод в р. Можель

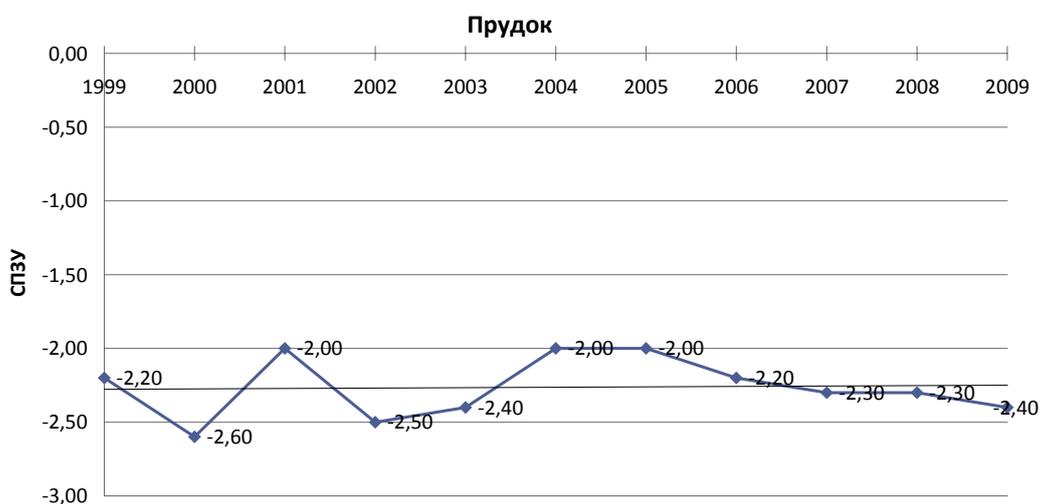


Рис. 15. График изменения СПЗУ природных вод в прудке

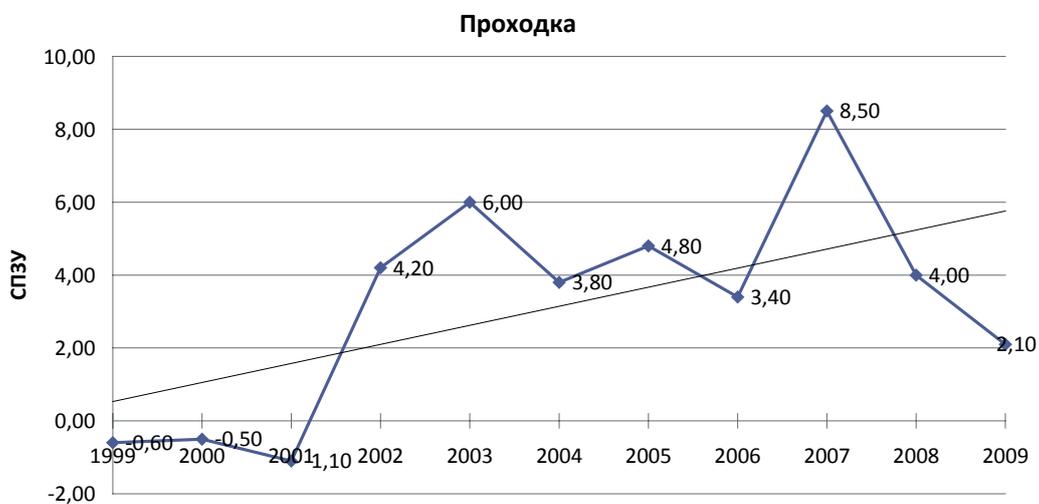


Рис. 16. График изменения СПЗУ природных вод в проходке

работы горнодобывающей техники. Между прудком и проходческим водоотливом (рис. 15, 16) коэффициент корреляции равен $-0,04$. Это говорит о том, что процесс загрязнения проходческого водоотлива не влияет на состояние вод в р. Можель.

По результатам проведенных исследований были построены карты, характеризующие динамику загрязнения территории ОАО «Ковдорский ГОК» (рис. 17–19).

В 1999 г. практически вся территория чистая, за исключением района проходки, где расположено хвостохранилище и гидропост № 3, вблизи которого расположены отвалы. Здесь экологическая ситуация соответствует уровню техногенного фона. Существует незначительная область техногенного фона – вблизи отстойника карьерных вод.

В 2006 г. экологическая ситуация резко ухудшилась. Неблагоприятная область вблизи отстойника увеличилась и достигла уровня компенсируемого кризиса. Вокруг хвостохранилища и отвалов образовалась область экологического риска. Области техногенного фона рассеклись клинья-

ми нормального экологического состояния, но с большими уровнями загрязнения. Отмеченные тенденции связаны с увеличением производительности комбината, без соответствующих природоохранных мероприятий.

Весной 2008 г. дамба хвостохранилища была засеяна травой, уменьшившей ее пыление. Кроме того, уменьшилась интенсивность отработки вследствие естественного подтопления хвостохранилища. В результате к 2009 г. экологическая ситуация значительно улучшилась. В областях хвостохранилища и отвалов экологическая ситуация пришла в норму, за исключением небольшого пятна загрязнения в районе проходческого водоотлива. Нормализовалась также ситуация в районе отстойника карьерных вод. Большая часть территории опять находится в ранге природного фона, рассекаемого узкими клиньями техногенного фона. Здесь видно, как правильно подобранные природоохранные мероприятия могут исправить экологическое состояние промышленной зоны даже при незначительных экономических затратах.

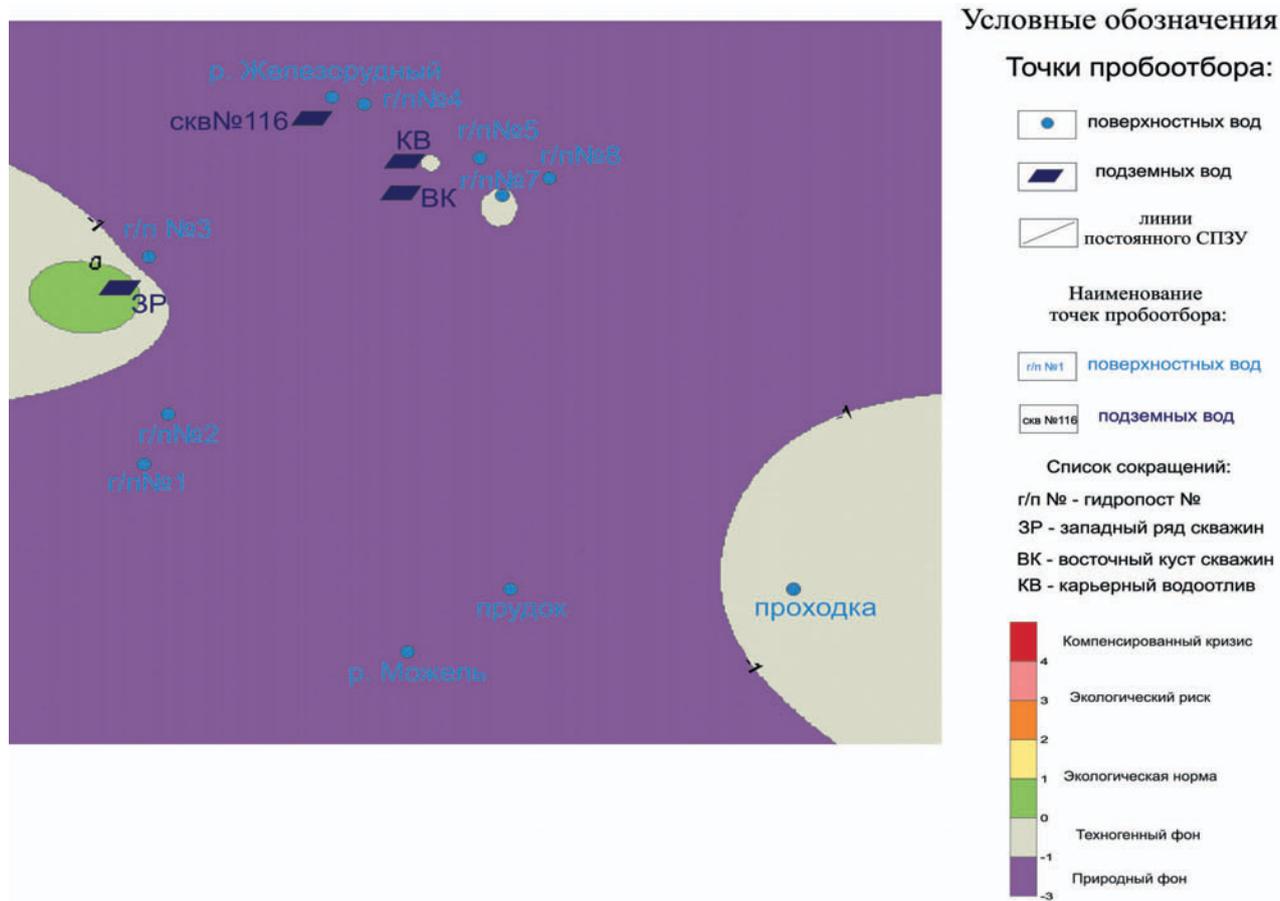


Рис. 17. Карта комплексного загрязнения природных вод территории ОАО «Ковдорский ГОК» за 1999 г.

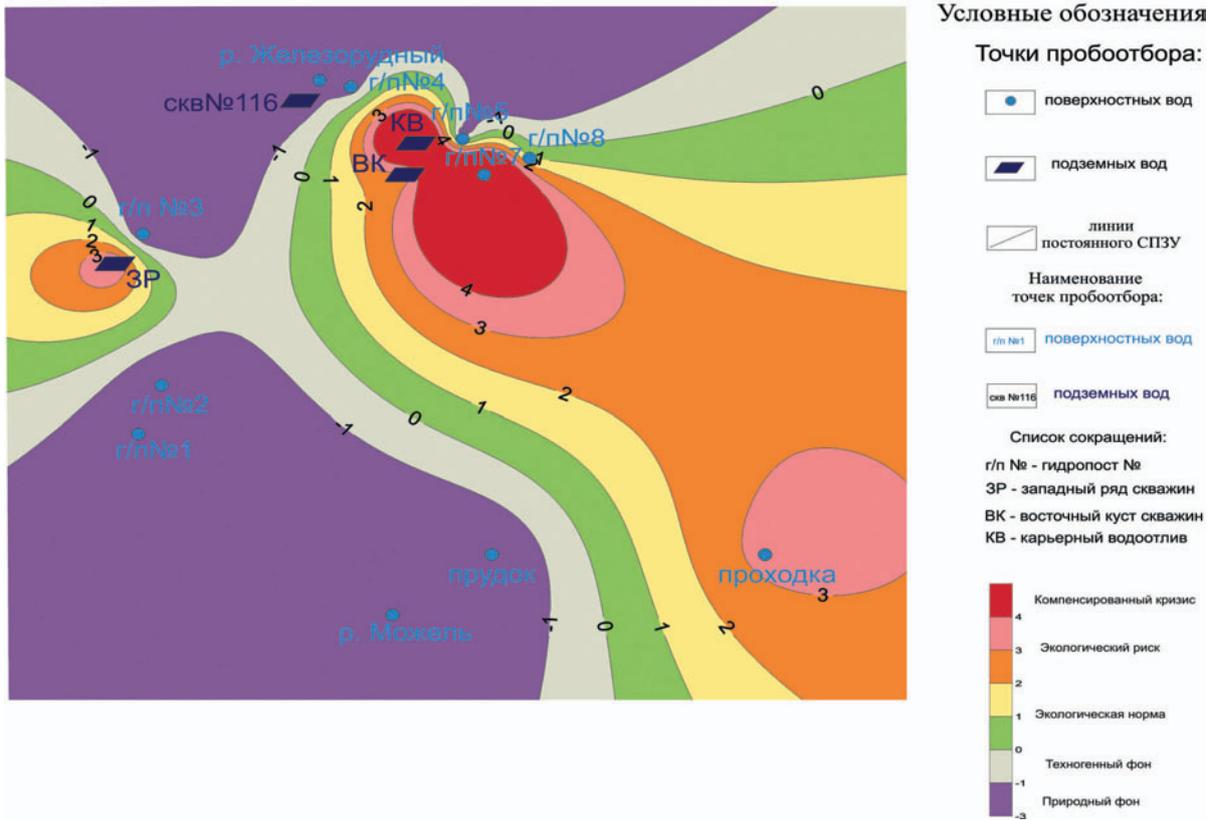


Рис. 18. Карта комплексного загрязнения природных вод территории ОАО «Ковдорский ГОК» за 2006 г.



Рис. 19. Карта комплексного загрязнения природных вод территории ОАО «Ковдорский ГОК» за 2009 г.

Выводы

Проведенный комплексный геоэкологический анализ природных вод территории ОАО «Ковдорский ГОК» показал, что первоначально их состояние было хорошим на уровне природного и техногенного фона.

Через 8 лет экологическое состояние природных вод территории резко ухудшилось. Появились значительные области экологического риска и компенсированного кризиса, т. е. состояние природных вод стало неудовлетворительным.

После проведенных в 2008 г. природоохранных мероприятий геоэкологическое состояние природных вод существенно улучшилось. Остались отдельные пятна экологического риска. В целом, состояние природных вод территории можно охарактеризовать как удовлетворительное.

*Воронежский государственный университет
В. В. Кульнев, аспирант кафедры экологической геологии
kulvad85@mail.ru
Тел.: 8 (473) 220-82-89, 8-920-219-33-62*

ЛИТЕРАТУРА

1. *Косинова И. И.* Методы эколого-геохимических, эколого-геофизических исследований и рациональное недропользование / И. И. Косинова, В. А. Богословский, В. А. Бударина. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2004. – 281 с.

2. *Базарский О. В.* Универсальная методика геоэкологической оценки состояния природных геосфер / О. В. Базарский, С. Ю. Боков // Экологическая геология: научно-практические, медицинские и экономико-правовые аспекты : мат-лы междунар. науч.-практ. конф., 6–10 окт. 2009 г. – Воронеж, 2009. – С. 119–122.

3. *Трофимов В. Т.* Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов [и др.]. – М. : Московский государственный университет, 2000. – 432 с.

*Voronezh State University
V. V. Kulnev, post-graduate student of Chair Ecological Geology
kulvad85@mail.ru
Tel.: 8 (473) 220-82-89, 8-920-219-33-62*