

Рис. 3. Динамика содержания натрия в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по скважине 2-Г промплощадки ЧАЭС.

Выводы

Изотопы стронция и цезия, благодаря своей способности к сорбции, не могут служить надежными индикаторами проникновения внутренних вод блока в геологическую среду. Фиксации стронция в нижних помещениях «Саркофага»

способствует щелочная реакция блочных вод и наличие в них большого количества карбонат-ионов, которые, образуя со стронцием плохо растворимые соединения, ограничивают его дальнейшую миграцию. Поступление же ^{137}Cs в водоносный горизонт резко увеличивает возможность его контакта с глинистыми минералами водовмещающих пород и, соответственно, ограничивает его водную миграцию. Исходя из этих соображений можно заключить, что наиболее достоверным индикатором поступления блочных вод в грунтовые воды является тритий, конвертации которого в водах отдельных помещений «Саркофага» достигает $2300 \text{ Бк}\cdot\text{l}^{-1}$. Косвенным свидетельством гидравлической связи внутренних вод объекта с грунтовыми водами служит некоторый рост концентраций элементов, сбрасывавшихся в аварийный реактор при попытках заглушить его в 1986 г, вдоль линии тока ниже объекта. В пользу существования гидравлической связи внутриблочных вод с грунтовыми говорят также водобалансовые расчеты.

На радиохимическом составе блочных вод несомненно сказываются ядерно-химические процессы благодаря мощнейшим радиационным полям внутри объекта.

Литература

- Павлюченко Н.И. и Хоренко И.П. 1996 Обзор работ по изучению техногеологического разреза и загрязнения радионуклидами грунтовых вод промплощадки объекта «Укрытие». *Проблеми Чорнобильської зони відчуження* Вып. 4. Киев: Наукова думка, с. 58–65.
- Боровой А.А., Евстратенко А.С., Криницын А.П. и др. (1996) Динамика радиационной обстановки на объекте «Укрытие». *Объект «Укрытие» — 10 лет. Основн. рез. научн. исслед.* — Чернобыль: МНТЦ «Укрытие», с. 100–111.
- Казаков С.В., Вовк П.С. и Фильчагов Л.П. (1994) Радиоэкологическое состояние пруда-охладителя ЧАЭС. *Проблеми Чорнобильської зони відчуження*. Вып. 1. Киев: Наукова думка, с. 129–138.
- Вовк И.Ф. (1979) Радиолиз подземных вод, как фактор формирования их химического состава. В кн.: *Проблемы теоретической и региональной гидрогеохимии*. М.: изд-во МГУ, с. 106–110.
- Титаева Н.А. (1992) *Ядерная геохимия*. М.: изд-во МГУ, 272 с.
- Нефедов В.Д., Текстер Е.Н. и Торопова М.А.. (1987) *Радиохимия*. М.: Высшая Школа, 272 с.
- Бугай Д.А., Гудзенко В.В., Джепо С.П. и Скальский А.С. (1995) Радионуклиды в грунтовых водах «Рыжего леса». *Экологич. хим.* 4, 302–307.

“SARCOPHAGUS” AND WATER

V. I. Panasyuk, I. P. Onischenko, V. V. Gudzenko, M. G. Buzynnyi

Preliminary estimation of water balance was made with respect to the construction built on the site of fourth power generating unit of the Chernobyl nuclear power station. The factors forming the composition of interior and underground water are more or less detailed. The importance of powerfull radiation fields is emphasized. This specific factor makes very difficult the monitoring and on the other hand intensifies radiolysis processes initiated with free radicals. The role of α -activity in the forming of interior water composition as result of preferable leaching of nuclear decomposition products was established.

«САРКОФАГ» И ВОДА

¹В.И. Панасюк, И.П. Онищенко, ²В.В. Гудзенко, ³М.Г. Бузынныи.

¹Межотраслевой Научно-Технический Центр «Укрытие», г. Чернобыль,

²НИЦ Радиагидроэкологических Полигонных Исследований,
г. Киев, ³УНЦРМ, г. Киев, Украина

(Принята к опубликованию 12 мая 1998 г.)

Выполнены предварительные оценки баланса воды в сооружении, возведенном на месте четвертого блока ЧАЭС. Рассмотрены с разной степенью детальности факторы, влияющие на формирование состава блочных и подземных вод. Подчеркнута важность специфического фактора — мощных радиационных полей, которые, с одной стороны, крайне усложняют условия опробования, а с другой — резко интенсифицируют радиолитические процессы за счет образования свободных радикалов. Отмечается роль процессов α -отдачи в формировании в результате преимущественного выплавления ряда продуктов распада по сравнению с градиентами радиостабильных рядов.

Ключевые слова: Чернобыльская АЭС, «Саркофаг», грунтовые воды, радиохимический состав, радионуклиды.

Введение

Как известно, объект «Укрытие», возведенный на развалинах четвертого блока Чернобыльской АЭС в 1987 г. и называемый в прессе «Саркофагом», призван предотвратить дальнейшее рассеяние радиоактивных загрязнений в окружающей среде. Ввиду экстремальных условий строительства «Саркофага» и отсутствия на тот момент четких представлений о происходящих в нем процессах, внутренние помещения объекта оказались доступны воздействию атмосферной влаги. К настоящему времени накоплен огромный фактический материал о химическом (радиохимическом) составе внутренних вод «Саркофага» и грунтовых вод близлежащих территорий. За более чем 11-летнюю историю этого сооружения в помещениях нижних уровней блока скопилось достаточно много воды, как за счёт проникновения атмосферных осадков через отверстия кровли, так и за счёт конденсации влаги в зимние месяцы. Мероприятия по пылеподавлению внутри «Саркофага» также способствовали увеличению объёма воды в помещениях объекта. Находясь в непосредственном контакте с топливосодержащими массами и радиоактивной пылью, воды «Саркофага» накопили достаточно высокие концентрации продуктов

деления и активации, а также собственно актинидов. Таким образом «Саркофаг» стал потенциальным источником радиоактивного загрязнения подземных вод, поскольку не исключено существование гидравлической связи внутренних помещений четвертого блока с водами четвертичного водоносного горизонта.

В известной мере конкурирующими источниками радиоактивного загрязнения подземных вод промплощадки можно считать выброшенные взрывом за пределы аварийного блока фрагменты ТВЭЛОв, графитовой кладки, продуктов активации и многочисленные остатки строительных конструкций. Учет вклада каждого из возможных источников чрезвычайно сложен и требует проведения скрупулезных радиохимических и гидрологических исследований.

Настоящая статья посвящена вопросам формирования химического (радиохимического) состава вод четвертого блока ЧАЭС и подземных вод промплощадки. Не менее важными в отношении радиационной безопасности представляются: возможность возникновения самопроизвольной цепной реакции (СЦР) в топливосодержащих массах при взаимодействии с водой, а также проблема долговременной устойчивости строительных конструкций, разрушение которых способно спровоцировать мощный пылевой

выброс. Этим вопросам посвящена обширная литература и многочисленные фоновые материалы.

Источники воды в «Саркофаге»

По оценкам [1,2] приходные статьи водного баланса объекта выглядят следующим образом:

1. Поступление через щели в кровле в помещение реакторного отделения составляет $3000 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$, в деаэраторную этажерку — $1800 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$ и в машинный зал — $6000 \text{ м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$.

2. Конденсация атмосферной влаги.
3. Поступление с растворами пылеподавляющих средств.

Расходные статьи включают:

1. Испарение в тёплое время года.
2. Откачка в систему водоочистки станции.
3. Потери на инфильтрацию.

Благодаря работам по снижению водопроницаемости кровли первая статья приходного баланса имеет тенденцию к уменьшению. В настоящий момент в «Саркофаге» находится примерно 3300 м^3 воды, пребывающей в динамическом равновесии с источниками её поступления и оттока. Исходя из приведенных цифр (которые представляются нам несколько завышенными, т.к. приводят к нереальным значениям модулей питания), среднее время пребывания воды в помещениях «Саркофага» может быть оценено примерно в четыре месяца.

Факторы влияющие на формирование химического состава воды «Саркофага»

Поскольку главной приходной составляющей водного баланса следует считать поступление атмосферных осадков, первоначальный химический состав поступающей внутрь сооружения воды соответствовал атмосферному, т.е. воды были пресными и ультрапресными и содержали преимущественно карбонаты магния, щелочных и щелочноземельных металлов. Трансформация химического состава начиналась с момента вступления дождевых или талых вод в контакт с веществом. Кроме того в момент аварии в бл-

ке находилось определенное количество технологических вод (воды реки Припять и пруда-охладителя), значительная часть которых могла испариться во время взрыва и последующего пожара. Оценка пропорций смешения метеорных вод с водами пруда-охладителя может быть выполнена по стабильным изотопам водорода и кислорода [3].

В то же время в помещениях первого этажа бассейна-барбатера общая минерализация составляет уже $5-6 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. Воды здесь содержат преимущественно гидрокарбонаты и карбонаты натрия, калия и кальция. Иными словами наблюдается рост минерализации на величину от одного до двух с лишним порядков. Действительно, находясь внутри объекта, вода взаимодействует с:

- строительными конструкциями, выполненными преимущественно из бетона высоких марок;
- тяжеловодящими массами (лавообразными и пылеобразными);
- веществами, которые забрасывались с вертолётов в жерло горящего реактора (бор, доломит, свинец,...)
- коррозионно устойчивыми остатками теплоизделяющих элементов (кассет, ТВЭЛОв);
- пылеподавляющими компонентами.

Что касается последних, то суммарное количество растворов поливинилового спирта, бутадиен-стирольного латекса, сульфатно-спиртовой барды, поливинилацетатной эмульсии и других органических реагентов, использованных для пылеподавления внутри «Саркофага» в мае — сентябре 1986 года, составило около 11 тыс. т [2]. Это обстоятельство могло послужить одной из причин повышенных концентраций органических веществ в водах сооружения. Окисляемость вод, профильтровавшихся через завал в районе главных циркуляционных насосов, достигала $364 \text{ мг O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$.

Следует особо отметить, что при высоких температурах в горящем блоке происходила возгонка легколетучих компонентов, таких как свинец и некоторые продукты деления. Более тугоплав-

Таблица 1

Усреднённый химический состав вод, содержащихся внутри «Саркофага», и грунтовых вод промплощадки, вскрытых экспериментальными скважинами.

Объект	рН	Eh,	M,	Концентрации, $\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$								
				мВ	$\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
Блок	10.7	+205	1.26	0.017	0.004	0.366	0.058	0.20	0.092	0.124	0.732	0.04
Грунтовые воды	6.3	+350	0.50	0.052	0.012	0.048	0.013	0.46	0.106	0.018	и.с.	0.05

Таблица 2

Некоторые параметры Cs и Sr, определяющие химическую активность их соединений.

Элемент	Потенциал ионизации, эВ	Работа выхода, эВ	Атомный радиус при K=12, А	Ионный радиус при K=6, А
Цезий	3.893	1.94	2.68	1.65
Стронций	5.692	2.74	2.15	1.20

Примечание: К — координационное число.

кие вещества вошли в состав топливосодержащих лав. Отжиг строительных конструкций во время пожара, когда температура внутри сооружения местами превышала 1600 °С, привёл к усилению их растворимости и выщелачиваемости внутриблочными водами.

Для блочных вод в целом характерна щелочная реакция. Значения pH варьируют от 9.8 до 12.1. Высокие содержания карбонатов в каплях влаги на потолках ряда помещений свидетельствуют о выщелачивании бетона.

В условиях мощных радиационных полей объекта важнейшим фактором формирования химического состава вод является радиолиз [4]. Чрезвычайно высокие концентрации альфа-излучателей в лавообразных и туфообразных масах, образовавшихся во время аварии, способствуют эффектам изотопного фракционирования за счёт α-отдачи [5]. Однако их роль в формировании (радио)химического состава вод внутренних помещений «Саркофага» по-видимому существенно уступает роли чисто химиче-

ких взаимодействий в системе вода — твёрдая фаза.

Концентрации макрокомпонентов и некоторые физико-химические параметры вод изучаемого объекта, по данным МНТЦ «Укрытие» и ИГН НАНУ на 1997 г., приведены в табл. 1

Как видно из табл. 1, различия в химическом составе вод внутри разрушенного блока и грунтовых вод весьма значительны. На первый взгляд имеется теоретическая возможность использовать особенности макрохимического состава для прослеживания потока вод из «Саркофага» в окружающую среду. Однако реализация этой возможности наталкивается на серьезные трудности.

Некоторые термодинамические особенности основных продуктов деления

Практическая неразделимость понятий «химический» и «радиохимический» применительно к исследуемому объекту вытекает из весьма

Таблица 3

Некоторые термодинамические параметры элементов и неорганических соединений Cs и Sr (твердые вещества).

Вещество	C° _p , кал·моль ⁻¹ ·град ⁻¹	S°, кал·моль ⁻¹ ·град ⁻¹	ΔH°, кал·моль ⁻¹ ·град ⁻¹	ΔF°, кал·моль ⁻¹ ·град ⁻¹
Cs	7.42	19.8	0.000	0.000
CsBr	12.4	29.0	-94.3	-91.6
CsClO ₄	25.71	41.89	-103.86	-73.28
CsI	12.4	31.0	-60.5	-79.7
Cs ₂ O	-75.9	...
CsCl	-103.5	...
Sr	6.0	13.0	0.000	0.000
SrCO ₃	19.46	23.2	-291.2	-271.9
SrCl ₂	18.9	28.0	-198.0	-186.7
Sr(NO ₃) ₂	38.3	...	-233.25	...
SrSO ₄	...	29.1	-345.3	-318.9
SrSiO ₄	-371.2	...

C°_p — молярная теплоемкость вещества в стандартном состоянии;

S° — энтропия вещества в стандартном состоянии;

ΔH° — стандартная теплота образования;

ΔF° — стандартная свободная энергия образования.

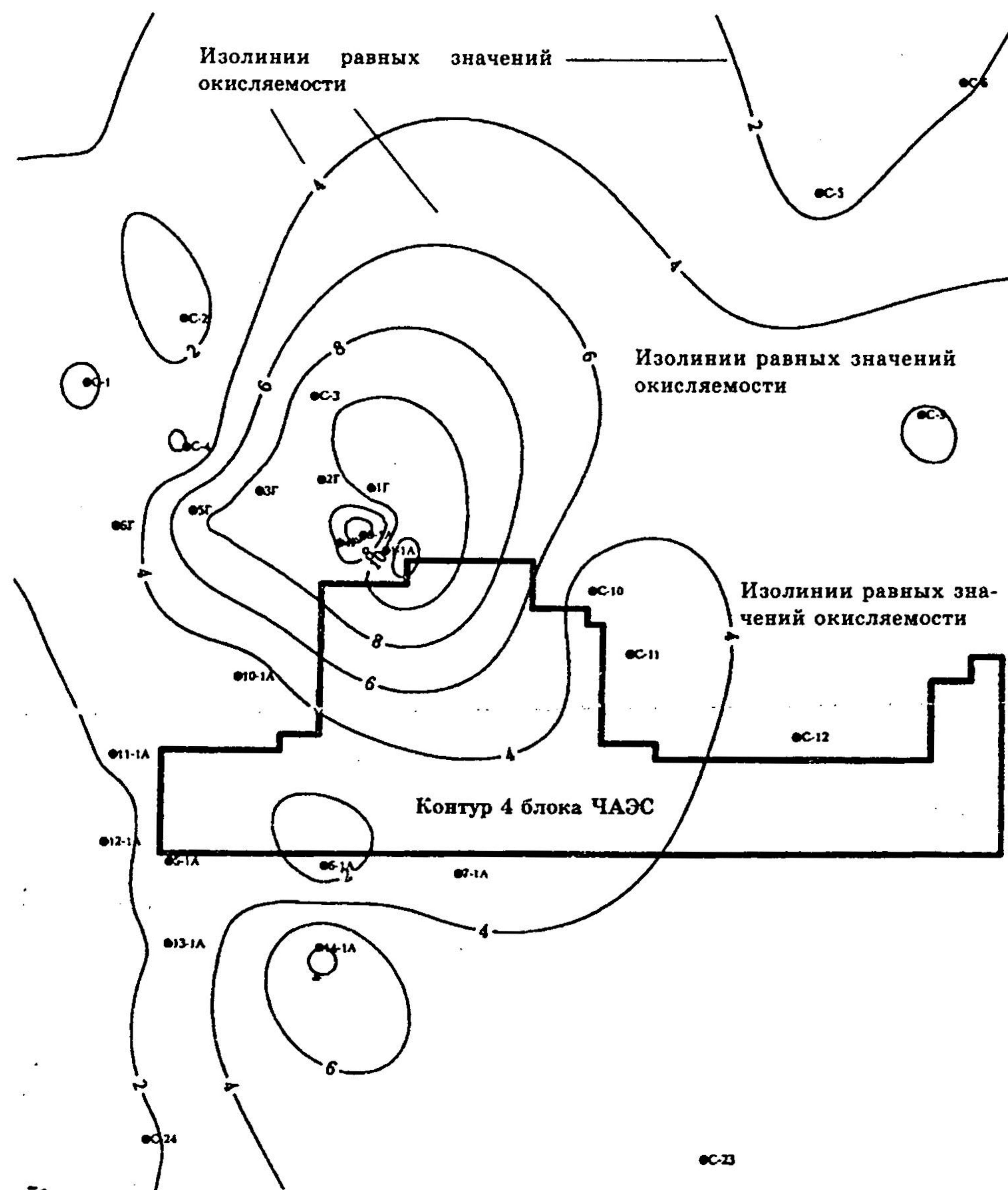


Рис. 1 Окисляемость грунтовых вод (четвертичный водоносный горизонт) промплощадки ЧАЭС по состоянию на июль 1997 г., мг $O_2 \cdot l^{-1}$, ($C_{1,2,3} \dots$ — наблюдательные станции).

высоких концентраций радионуклидных компонентов как в твердой, так и в жидкой фазе. Как известно [6], ощутимое воздействие на термодинамические характеристики системы большинство компонентов оказывает, начиная с концентраций $10^{-18} M \cdot l^{-1}$. Заметим, что для ^{90}Sr и ^{137}Cs

этим концентрациям отвечают крайне низкие удельные активности (соответственно 0.47 и $0.44 \text{ мБк} \cdot l^{-1}$), что на порядок с лишним ниже фоновых концентраций этих нуклидов в подземных водах многих регионов. Как будет показано ниже, концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде помеще-

Таблица 4

Осколки деления в грунтовых водах окрестностей "Саркофага" [1]

Нуклид	Среднегодовые значения $Bk \cdot l^{-1}$		
	1992	1993	1994
^{137}Cs (фильтрат)	346	201	133
^{137}Cs (осадок)	5371	254	153
^{90}Sr (фильтрат)	428	255	271

Таблица 5

Радионуклиды ($\text{Бк}\cdot\text{l}^{-1}$) и гелий (объемные %, 10^{-6}) в водах наблюдательных скважин промплощадки объекта «Укрытие» зимой 1996–97 гг.

Скважина	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H	^4He
1-г	16.1	152.4	13.2	5.2
2-г	14.6	102.0	81.8	5.2
3-г	13.6	839.8	57.9	5.2
4-г	37.4	38.7	144.3	5.2
5-г	12.9	44.5	14.3	5.2
6-г	7.3	91.6	4.1	5.26
13-1А	2.4	3.4	6.7	6.46
9-1А	9.0	6.0	4037.0*	н.а
10-1А	19.0	7.0	386.0	н.а

*Апрель 1997 г., н.а. — не анализировалось.

ний четвертого блока на низших отметках превышают указанные лимиты в 20 млн. раз, при чём концентрации радиоцезия превосходят соответствующие показатели радиостронция. Сравнительная характеристика некоторых физико-химических параметров цезия и стронция, изотопы которых являются важнейшими продуктами деления, приведена в табл. 2.

Как видно из табл. 2, потенциал ионизации и работа выхода цезия заметно ниже соответствующих показателей стронция, что и определяет большую химическую активность первого. Ионный радиус Cs весьма близок к величине межслоевого промежутка многих глинистых минералов. Поэтому, двигаясь в растворенной форме с потоком инфильтрационных вод, он легко сорбируется глинистыми минералами и прочно удерживается ими. Это свойство цезия порождает в известной мере парадоксальную ситуацию — соединения стронция являются более активными водными мигрантами, будучи менее растворимыми по сравнению с соединениями цезия. В силу этого обстоятельства избыток ^{137}Cs в водах четвертого блока и его ближайших окрестностей сменяется избытком ^{90}Sr в грунтовых водах зоны отчуждения на больших удалениях от «Саркофага» [7].

Некоторые термодинамические параметры соединений цезия и стронция представлены в табл. 3. Здесь присутствуют соединения, вероятность обнаружения которых в водах «Саркофага» достаточно высока. Вместе с тем приведенные данные, естественно, не ограничивают круг возможных соединений продуктов деления в жидкой фазе.

4. Результаты мониторинга вод

В ходе работ 1996–1997 гг силами ряда организаций были исследованы воды подвальных помещений четвертого блока и подземные (включая антропогенные) воды четвертичных отложений промплощадки в ближайших окрестностях «Саркофага», вскрытые наблюдательными скважинами на глубинах до 10–12 м. Наряду с макрокомпонентным составом исследовалось содержание трития, ^4He , продуктов деления ^{137}Cs , ^{90}Sr и актиноидов (^{241}Am и плутония). Схема расположения наблюдательных скважин системы мониторинга промплощадки представлена на рис. 1. Здесь же нанесены изолинии окисляемости грунтовых вод в $\text{MgO}_2\cdot\text{l}^{-1}$. Конфигурация изолиний не противоречит результатам наблюдений за режимом подземных вод на разных уровнях, согласно которым основной водный поток направлен в северо-восток.

Отношение $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ (выраженное в единицах активности) в так называемых «блочных» водах для большинства пунктов наблюдения проявляет устойчивую тенденцию к росту. За четыре месяца наблюдений зимой-весной 1996–1997 г. это отношение выросло в 1.2 – 5 раз для воды из помещений на нижних уровнях сооружения и скважин, пробуренных в каскадной стене. Абсолютные значения концентраций осколков деления в водах «Саркофага» колебались в интервалах 2700 – 14000000 и 1100 – 4300000 $\text{Бк}\cdot\text{l}^{-1}$ соответственно для ^{137}Cs и ^{90}Sr . К середине лета 1997 г. максимальные концентрации этих нуклидов достигли 98 и $4.4 \text{ МБк}\cdot\text{l}^{-1}$.

Ход объемных активностей внутренних вод объекта представлен на рис. 2, в основу которо-

го легли данные [2], дополненные результатами наших наблюдений. Максимальные и минимальные значения концентраций продуктов деления соответствуют различным пунктам взятия проб. Весьма водообильный 1996 г. отмечен снижением содержания ^{137}Cs и урана, возможно, за счет разбавления, хотя снижение концентраций плутония наблюдалось и раньше.

Радиоактивное загрязнение грунтовых вод окрестностей «Саркофага» заметно ниже приведенных цифр. По данным МНТЦ «Укрытие», на начальных этапах исследования подземных вод шести скважин, пробуренных к северо-западу от объекта (скважины 1г–6г, рис.1), среднегодовые концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr характеризуется данными табл. 4.

Некоторые результаты γ -спектрометрических и жидкостно-сцинтилляционных измерений проб воды, отобранных из этой же группы скважин 1996–97 гг., а также из трех других, представлены в табл. 5. Гамма-спектрометрические измерения и определение содержания гелия на приборе ИНГЕМ-1 выполнены в лабораториях НИЦ РПИ. Определения концентраций ^{90}Sr и трития — в лаборатории УНЦРМ. Статистические погрешности измерений не превышали 10%. Концентрации ^{137}Cs измерялись после многократной фильтрации не подкислевшихся предварительно проб, в которых при отстаивании появлялась муть, вероятно органического происхождения. Следует отметить, что для большинства исследованных проб поземных вод

характерно присутствие большого количества взвесей, способных сорбировать как цезий, так и стронций.

Сравнение данных табл. 4 и 5 показывает, что существенная часть соединений ^{137}Cs присутствует в подземных водах промплощадки в виде взвесей. Соединения стронция (табл. 5) мигрируют преимущественно в водорастворимых формах, а концентрации его отличаются большей вариабельностью по сравнению с концентрациями растворимых форм ^{137}Cs . Данные измерений водорастворенного гелия свидетельствуют об исключительно метеорном происхождении грунтовых вод промплощадки.

Особый интерес, на наш взгляд, представляют результаты измерений концентраций трития, как в блочных, так и в грунтовых водах. Достаточно большой массив данных, обработанных УНЦРМ, позволил установить близкую к обратно пропорциональной зависимость между концентрациями этого нуклида и ^{90}Sr в водах наблюдательных скважин и прямо пропорциональную — в водах внутренних помещений блока. Эта зависимость описывается двумя соответствующими уравнениями:

$$\lg[^3\text{H}] = 1.889 - 0.215 \cdot \lg[^{90}\text{Sr}]$$

$$\lg[^3\text{H}] = 2.862 + 0.155 \cdot \lg[^{90}\text{Sr}]$$

Исходя из того обстоятельства, что тритий входит в состав молекул воды, а фактор замедления для соединений стронция хоть и невелик,

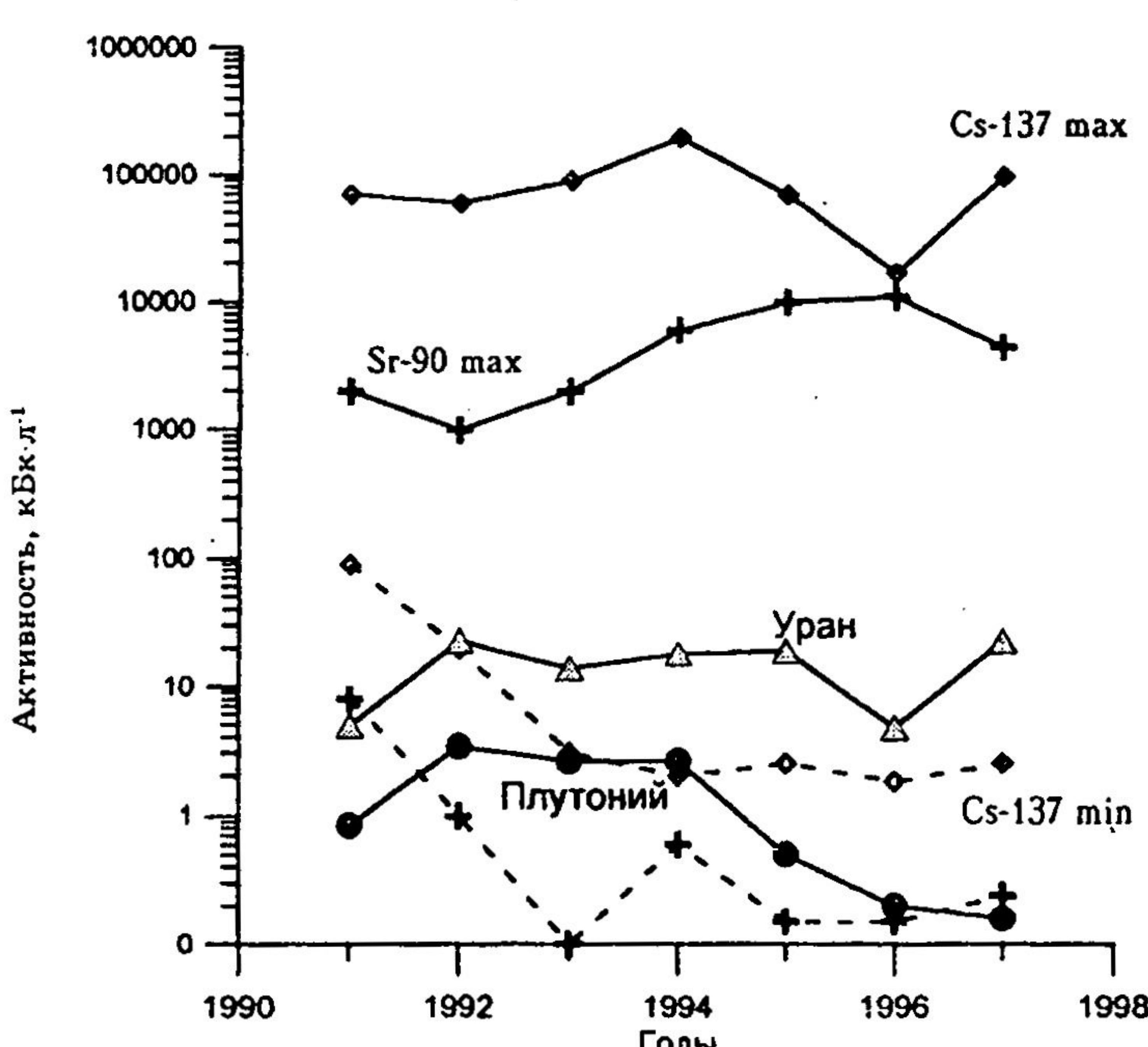


Рис. 2. Ход объемных активностей внутренних вод «Саркофага» по [2]/

Таблица 6

Осколки деления и актиноиды в водах «Саркофага», зима 1996–97 гг, $\text{Бк}\cdot\text{л}^{-1}$

Место отбора проб [2]	^{137}Cs		^{90}Sr		Плутоний Σ		Уран, мкг $\cdot\text{l}^{-1}$	
	От	До	От	До	От	До	От	До
Точка 8 скважина 1 -116 (п.01 /3)	2.5B+3	3.1B+5	1.5E+2	2.6E+4	2	8	5	110
Точка 20 (п.01 /3) труба из ПРК	7.1E+6	1.4E+7	4.0E+4	3.5E+5	12	57	115	1890
Точка 30 (п.001/3)	5.6E+6	9.7.E+6	3.8E+5	1.1E+6	33	201	2160	4950
Точка 7 (п.009 /4)		2.4E+7	6.4E+4	3.6E+3	39	125	250	870
Точка 103/32 (п.012/7)	9.7E+6	9.8E+7	3.1E+6	4.4E+6	77	411	16170	22450
Точка 101 (п.01 /3) скважина 4.5 -121	7.3E+7	7.4E+3	2.4E+3	7.9+3	1	4	6	8
Точка 102 (п.01 /3)	2.5E+3	3.3E+5	1.3E+3	1.4E+3	4	12	8	10
Точка 104 (п.002 /2)	—	1.3E+5	—	1.4E+3	—	4	—	20

но все-таки существенен [7], можно предположить, что в потоке инфильтрационных вод стронций отстает от трития, если главным источником последнего считать топливосодержащие массы из внутренних помещений «Саркофага»

Представления о концентрациях осколков деления актиноидов в водах внутренних помещений «Саркофага» в том же временном промежутке можно получить из табл. 6.

Специфика радионуклидного загрязнения территории промплощадки состоит в том, что достаточно трудно провести грань между внутренним загрязнением и загрязнением прилегающих территорий. В процессе аварии и при последующих работах по ограничению ее последствий огромное количество фрагментов топлива, графита и активированных конструкционных материалов было захоронено под каскадной стеной во время строительства «Саркофага» и осталось лежать на доаварийной поверхности промплощадки под слоем бетона различной мощности. Значимость подобных источников загрязнения подземных вод, наряду с утечками из внутренних помещений, подтверждают результаты г-каротажа [1]. Мощность экспозиционной дозы в интервалах, близких к плоскости доаварийной поверхности и над ней, колеблется от 05 до 45 $\text{мР}\cdot\text{час}^{-1}$. Таким образом в случае достаточной водопроницаемости техногенной части геологического разреза промплощадки, источники загрязнения грунтовых вод могут служить не

только (и не столько!) фильтрационные потери внутриблочных вод, но и инфильтрационный поток, обогащающийся продуктами деления и актиноидами в антропогенных поставарийных отложениях.

Как отмечалось выше, поток грунтовых вод в районе объекта направлен на северо-восток. Результаты исследований макрохимического состава подземных вод промплощадки свидетельствуют о росте концентраций ряда компонентов в пунктах опробования, заложенных вблизи линий тока от объекта. Временные изменения концентраций натрия в воде скв. 1-г представлены на рис 3. Схожие тенденции проявляют также показатели окисляемости подземных вод. Анализ пространственного распределения в подземных водах таких элементов и соединений, как калий, фтор, железо, а также сульфатов, нитратов и фосфатов по профилям скважин вкрест линий тока, проходящих через «Саркофаг» подтверждает возможность существования значительных фильтрационных потерь «блочных» вод. Вместе с тем, фундамент и стены на нижних уровнях объекта служат своеобразным геохимическим барьером как для ^{137}Cs , так и для ^{90}Sr , что обуславливает резкий скачек отношения их активностей при переходе вод внутренних помещений в грунтовый водоносный горизонт. Поведение актиноидов при этом процессе требует дополнительного изучения.