

РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ

10

В 2010 г., как и в предыдущие годы, в рамках **радиационного мониторинга** в составе НСМОС осуществлялись регулярные наблюдения за радиационной обстановкой на территории Республики Беларусь: определялись уровни радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС (рис.10.1). Наблюдения осуществляют подразделения Департамента по гидрометеорологии.

На территории Республики Беларусь в 2010 г. функционировало 55 пунктов наблюдений **радиационного мониторинга по измерению мощности дозы гамма-излучения** (МД). Измерение уровней МД проводилось ежедневно, включая выходные и праздничные дни. На 27 пунктах наблюдений, расположенных на всей территории республики, контролировались радиоактивные выпадения из приземного слоя атмосферы (отбор проб производился с помощью горизонтальных планшетов). Определение суммарной бета-активности естественных атмосферных выпадений осуществлялось путем ежедневного отбора проб на 21 пункте наблюдений. На 6 пунктах, переведенных в дежурный режим, отбор проб производился один раз в 10 дней.

В семи городах Республики Беларусь (Браслав, Гомель, Минск, Могилев, Мозырь, Мстиславль, Пинск) производился отбор проб радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы с использованием фильтровентиляционных установок. В гг. Могилев, Минск пробы отбирались в дежурном режиме (1 раз в 10 дней), на остальных пунктах, расположенных в зонах влияния атомных электростанций сопредельных государств, ежедневно.

В пробах радиоактивных аэрозолей ежедневно измерялась суммарная бета-активность и содержание короткоживущих радионуклидов, и, в первую очередь, йода-131. Ежемесячно измерялся изотопный состав гамма-излучающих радионуклидов в месячных пробах радиоактивных аэрозолей, а также в месячных пробах выпадений из атмосферы, объединенных в группы по территориальному признаку.

В 2010 году уровни МД, радиоактивность естественных выпадений и аэрозолей в воздухе на территории Республики Беларусь соответствовали установившимся многолетним значениям.

Данные радиационного мониторинга атмосферного воздуха показали, что радиационная обстановка на территории республики оставалась стабильной. Уровни МД, превышающие доаварийные значения, зарегистрированы в контролируемых городах, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения: Брагин, Наровля, Славгород, Хойники, Чечерск.

Среднегодовые значения МД в 2010 г. составляли: в г. Брагин – 0,57 мкЗв/ч, в г. Наровля – 0,48 мкЗв/ч, в г. Славгород – 0,22 мкЗв/ч, в г. Хойники – 0,24 мкЗв/ч и в г. Чечерск – 0,23 мкЗв/ч. В областных городах в 2010 г. среднегодовой уровень МД находился в пределах от 0,10 до 0,12 мкЗв/ч.

В остальных контролируемых населенных пунктах МД не превышала уровень естественного гамма-фона (до 0,20 мкЗв/ч).

Средние за год значения суммарной бета-активности проб радиоактивных выпадений из атмосферы составили от 0,6 до 1,9 Бк/м²сут. Наибольшие среднемесячные уровни суммарной бета-активности зарегистрированы в феврале 2010 года в г. Могилев – 3,1 Бк/м²сут, в г. Мстиславль – 3,5 Бк/м²сут, в г. Славгород – 4,2 Бк/м²сут, а также в марте в г. Горки – 3,3 Бк/м²сут.

В результате анализа измерений суммарной бета-активности атмосферных аэрозолей установлено, что наибольшие среднемесячные уровни наблюдались в феврале в г. Минск – $33,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в декабре в г. Могилев – $31,0 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ и г. Мстиславль – $27,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, в августе в г. Гомель – $25,4 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

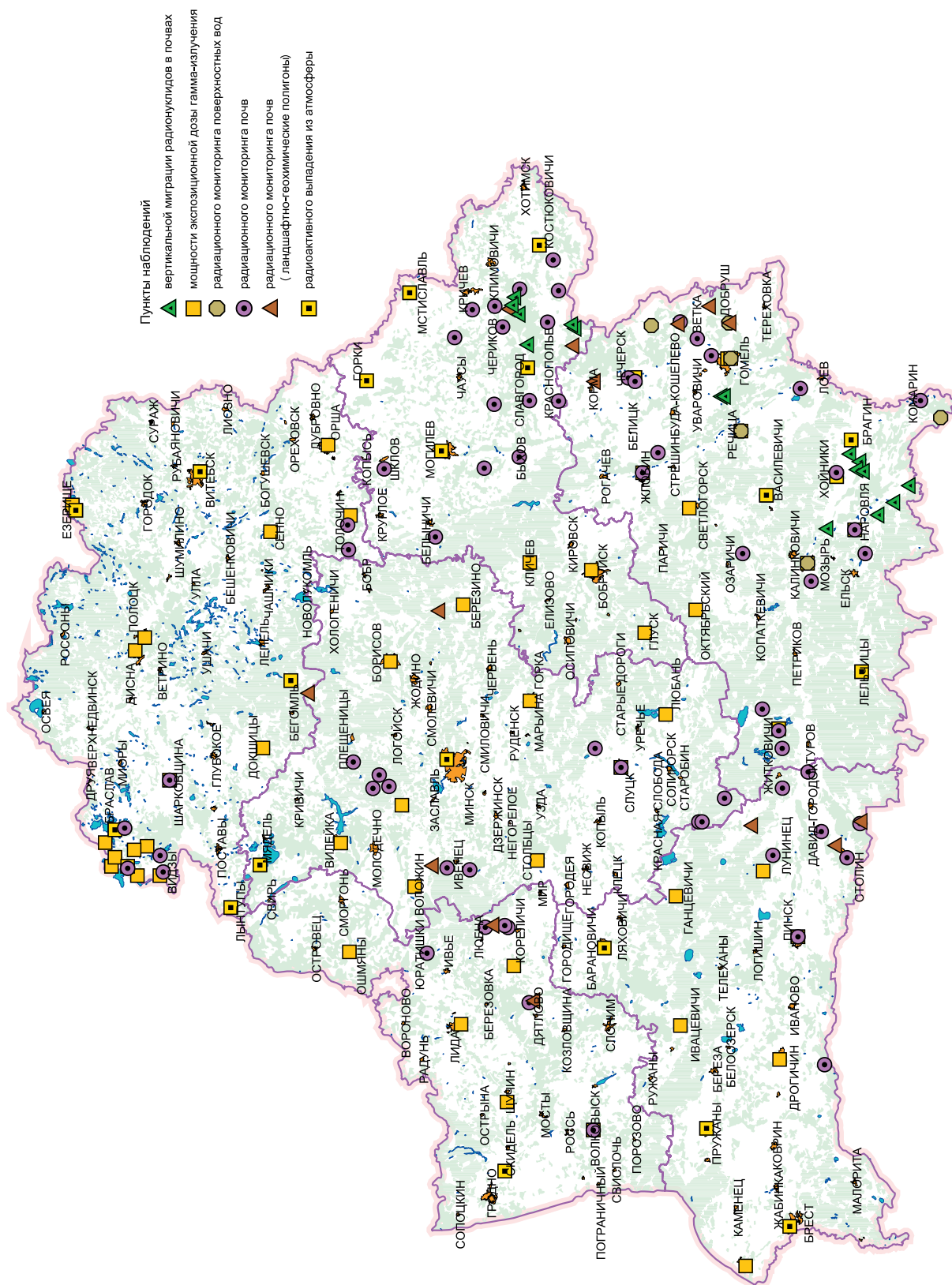


Рисунок 10.1 — Сеть пунктов наблюдений радиационного мониторинга атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв (по состоянию на 01.01.2011 г.)

По результатам гамма-спектрометрического анализа в 2010 г. в пробах аэрозолей идентифицировались такие радионуклиды, как цезий-137, бериллий-7, свинец-210.

В таблице 10.1 представлены среднемесячные значения суммарной бета-активности и содержания цезия-137 в пробах радиоактивных аэрозолей приземного слоя атмосферы за 2010 г.

Контрольные уровни суммарной бета-активности, при превышении которых проводятся защитные мероприятия, составляют:

- для радиоактивных выпадений из атмосферы – 110 Бк/м²сут;
- для радиоактивных аэрозолей – $3\,700 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³.

В пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из атмосферы короткоживущих изотопов, в том числе йода-131, не обнаружено, а также не отмечено существенных изменений в поведении цезия-137 в атмосферном воздухе по сравнению с предыдущими годами.

Доля «чернобыльского» цезия-137 в атмосферных аэрозолях составляла в среднем от 5 до 10%.

В 2010 г. продолжались регулярные измерения содержания свинца-210 в пробах атмосферного воздуха крупных городов. Содержание этого радионуклида определяется в месячных пробах радиоактивных аэрозолей, отобранных в гг. Минск, Могилев, Гомель, Мозырь, Браслав, Мстиславль, Пинск, а также в месячных пробах естественных выпадений из приземного слоя атмосферы, объединенных по территориальному признаку в зоны. Зона «Юго-Восток» включает населенные пункты Брагин, Чечерск, Мозырь, Василевичи, Наровля, Хойники, Гомель; зона «Восток» – населенные пункты Славгород, Костюковичи, Могилев, Мстиславль, Горки; зона «Центр» – г. Минск, зона «Север» – населенные пункты Лынтупы, Верхнедвинск, Нарочь, Шарковщина, Витебск, зона «Запад» – населенные пункты Гродно, Волковыск, зона «Игналина» – населенные пункты Браслав, Дрисвяты.

В таблице 10.2 представлены результаты измерения содержания свинца-210 в пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из приземного слоя атмосферы, отобранных в 2010 г.

Анализ данных по содержанию свинца-210 в пробах радиоактивных аэрозолей свидетельствует о незначительных сезонных колебаниях содержания этого естественного радионуклида. В целом активности естественных радионуклидов в приземном слое

Таблица 10.1 – Среднемесячные значения суммарной бета-активности ($\Sigma\beta$) и содержания цезия-137 (^{137}Cs) в радиоактивных аэрозолях приземного слоя атмосферы, 2010 г.

Месяц	Мозырь		Браслав		Гомель		Минск		Могилев		Мстиславль		Пинск	
	1·10 ⁻⁵ Бк/м ³													
	Σ β	¹³⁷ Cs	Σ β	¹³⁷ Cs	Σ β	¹³⁷ Cs	Σ β	¹³⁷ Cs	Σ β	¹³⁷ Cs	Σ β	¹³⁷ Cs	Σ β	¹³⁷ Cs
01	13,4	2,84	16,0	0,14	11,4	0,89	17,7	0,79	27	3,81	25,7	1,43	19,8	1,61
02	14,3	1,94	21,7	0,29	14,5	0,66	33,5	2,32	28,5	0,54	25,7	2,56	20,6	1,59
03	18,6	3,44	7,2	0,10	11,1	0,77	20,7	2,52	8,7	2,31	13,3	3,29	10,1	4,99
04	25,9	2,36	12,1	0,12	13,9	1,23	19,3	1,45	21,8	1,17	22,1	1,28	13,1	1,33
05	22,8	1,04	10,1	0,36	15,8	1,82	10	1,75	21,7	0,69	18,8	0,67	14,9	1,79
06	17,6	1,32	10,2	0,08	15,5	1,08	12,3	1,75	13,7	0,44	16,9	0,55	14,5	0,52
07	20,9	0,60	17,0	0,08	18,5	1,15	31,7	1,35	23	0,46	18,1	0,11	15,8	0,55
08	22,6	0,55	15,2	0,01	25,4	1,32	22,5	1,74	22,5	0,24	26,0	0,28	16,8	0,71
09	20,7	0,91	12,0	0,12	11,5	1,08	19,3	0,98	26,7	0,45	18,0	0,51	12,6	1,11
10	15,7	1,20	8,8	0,12	11,6	1,03	23,3	1,90	18	1,16	17,7	0,54	12,1	1,24
11	20,9	1,01	12,6	0,11	11,9	0,63	12	1,17	12	0,8	18,4	0,47	16,6	0,89
12	11,1	1,82	16,2	0,16	12,4	0,80	25,3	1,39	31	1,42	27,4	0,66	13,1	1,38
Ср	18,7	1,59	13,3	0,14	14,5	1,04	20,6	1,59	21,2	1,12	20,7	1,03	15,0	1,48

Таблица 10.2 – Среднемесячные значения содержания свинца-210 в пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из приземного слоя атмосферы, 2010 г.

Пункт / зона наблюдений	Содержание свинца-210											
	месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Радиоактивные аэрозоли, мкБк/м³</i>												
Минск	330	1307	203	242	166	139	659	845	382	358	203	527
Гомель	317	452	135	114	316	185	217	371	241	145	212	284
Пинск	516	926	762	363	472	219	324	565	372	418	482	534
Мстиславль	634	1033	553	523	573	214	522	743	366	364	406	591
Могилев	647	1156	151	325	423	127	463	358	149	321	237	738
Браслав	409	736	178	324	389	123	313	527	330	221	403	376
Мозырь	191	172	116	226	176	184	122	118	140	135	222	151
<i>Выпадения из атмосферы, Бк/м²</i>												
«Север»	0,10	0,26	0,21	0,35	0,65	0,38	0,50	0,48	0,41	0,28	0,43	0,28
«Запад»	0,05	0,36	0,18	0,33	0,37	0,19	0,34	0,24	0,15	0,03	0,31	0,11
«Юго-Запад»	0,32	0,36	0,17	0,43	0,81	0,29	0,34	0,34	0,53	0,28	0,49	0,29
«Юго-Восток»	0,19	0,19	0,11	0,25	0,53	0,25	0,18	0,20	0,17	0,11	0,12	0,08
«Игналина»	0,12	0,42	0,15	0,31	0,33	0,27	0,26	0,37	0,37	0,33	0,67	0,26
«Центр»	0,14	0,24	0,12	0,18	0,60	0,50	0,63	0,65	0,32	0,2	0,43	0,37
«Восток»	0,16	0,36	0,25	0,28	0,53	0,19	0,11	0,29	0,15	0,15	0,23	0,25

атмосферы соответствовали средним многолетним значениям.

Результаты радиационного мониторинга атмосферного воздуха в 2010 г. показали, что радиационная обстановка на территории республики оставалась стабильной. В пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из атмосферы, отобранных в зонах наблюдения работающих АЭС, расположенных на территории сопредельных государств, не обнаружено «свежих» радиоактивных выпадений – короткоживущих радионуклидов, в первую очередь, йода-131. Уровни суммарной бета-активности и содержание цезия-137 в атмосферном воздухе соответствовали установившимся многолетним значениям.

Радиационный мониторинг поверхностных вод в 2010 г. проводился на 6 реках Беларуси, протекающих по территориям, загрязненным в результате аварии на Чернобыльской АЭС: Днепр (г. Речица), Припять (г. Мозырь), Сож (г. Гомель), Ипуть (г. Добруш), Беседь (д. Светиловичи), Нижняя Брагинка (д. Гдень), а также на оз. Дрисвяты (д. Дрисвяты), которое являлось прудом-охладителем Игналинской АЭС.

На основных контролируемых реках ежемесячно отбирались пробы воды с одновременным измерением расходов. На р. Нижняя Брагинка отбор проводился

ежеквартально. В отобранных пробах определялось содержание цезия-137 и стронция-90. Относительная погрешность при измерении низких уровней активности цезия-137 в поверхностных водах составляла 25-30%.

В 2010 г. радиационная обстановка на водных объектах оставалась стабильной. Концентрации цезия-137 и стронция-90 в контролируемых реках, за исключением р.Нижняя Брагинка, были значительно ниже гигиенических нормативов, предусмотренных Республиканскими допустимыми уровнями для питьевой воды (РДУ-99 для цезия-137 – 10 Бк/л, для стронция-90 – 0,37 Бк/л).

В 2010 г. содержание цезия-137 в р. Припять находилось в пределах от 0,004 до 0,005 Бк/л; в р. Днепр – от 0,004 до 0,014 Бк/л; в р. Сож – от 0,009 до 0,100 Бк/л; в р. Ипуть – от 0,005 до 0,108 Бк/л; в р. Беседь – от 0,002 до 0,070 Бк/л. Содержание стронция-90 в р. Припять изменялось в интервале 0,007-0,048 Бк/л; в р. Днепр – 0,003-0,026 Бк/л; в р. Сож – 0,013-0,042 Бк/л; в р. Ипуть – 0,016-0,043 Бк/л; в р. Беседь – 0,021-0,042 Бк/л.

За счет динамичных процессов водного переноса, седиментации взвесей на дно водоемов и естественного распада радионуклидов активность цезия-137 на контролируемых реках значительно уменьшились по сравнению с первым поставарийным

периодом (1995 г.). Однако в поверхностных водах большинства контролируемых рек активность цезия-137 и стронция-90 все еще выше доаварийных уровней.

В р. Нижняя Брагинка, водосбор которой частично находится на территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, наблюдалось более высокое содержание радионуклидов по сравнению с другими контролируемыми реками. В 2010 г. диапазон изменения концентраций цезия-137 в р. Нижняя Брагинка составил 0,09-1,64 Бк/л; концентраций стронция-90 – 1,43-2,24 Бк/л. Таким образом, содержание цезия-137 в воде р. Нижняя Брагинка не превышало РДУ-99 по этому радионуклиду, в то время как содержание стронция-90 в 4-6 раз выше допустимого уровня.

Высокое содержание стронция-90 (с превышением РДУ-99) во время паводков наблюдалось в водах малых рек, водосборы которых полностью или частично находятся в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС.

На рисунке 10.2 представлены среднегодовые значения концентраций цезия-137

в поверхностных водах контролируемых рек за период 1987-2010 гг.

Среднегодовые концентрации стронция-90 за период 1990-2010 гг. имеют тенденцию к снижению, однако периодически наблюдаются их всплески (рис. 10.3). Это объясняется тем, что концентрации этого радионуклида в поверхностных водах напрямую зависят от водности года, поскольку стронций-90 в почве находится в основном в ионообменной форме и его смыл талыми и дождевыми водами с водосбора происходит в растворенном состоянии, заметно усиливаясь во время паводков.

Анализ данных показал, что содержание цезия-137 и стронция-90 в отобранных пробах поверхностных вод контролируемых рек (за исключением р. Нижняя Брагинка) не превышает санитарно-гигиенические нормативы (РДУ-99), предусмотренные в Республике Беларусь для питьевой воды.

В 2010 г. дополнительно проведены экспедиционные обследования (отобраны пробы поверхностных вод и донных отложений) рек Припять (район д. Ломачи),

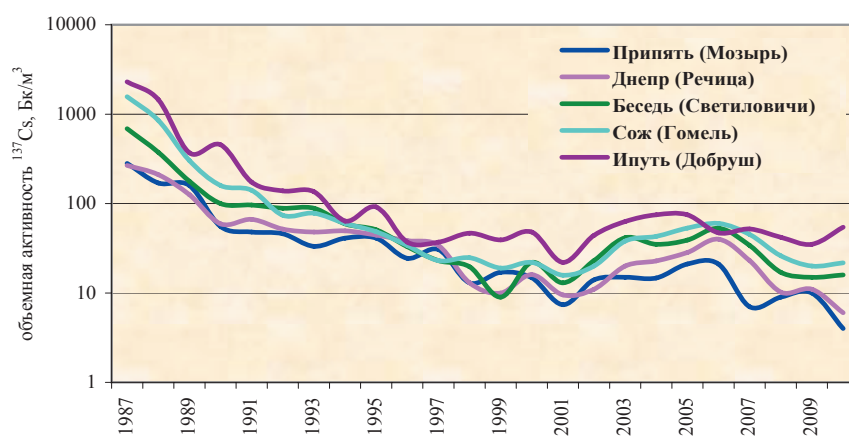


Рисунок 10.2 – Динамика среднегодовых концентраций цезия-137 в поверхностных водах рек Беларуси

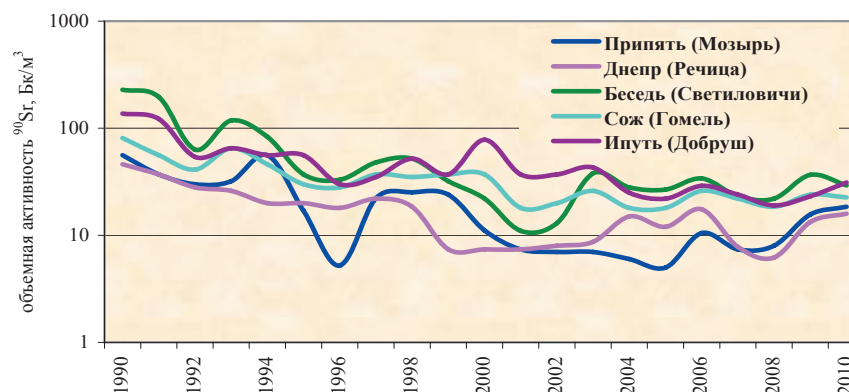


Рисунок 10.3 – Динамика среднегодовых концентраций стронция-90 в поверхностных водах рек Беларуси

Несвич (район д. Кулажин), Средняя Брагинка (район г. Брагина), Погонянского канала (д. Погонное).

Результаты гамма-спектрометрического и радиохимического анализа проб поверхностных вод и донных отложений представлены в таблицах 10.3, 10.4.

Активность цезия-137 в донных отложениях исследованных водных объектов находится в пределах 8-3858 Бк/кг.

Наиболее высокие уровни радиоактивного загрязнения донных отложений цезием-137 характерны для участков рек и каналов, находящихся на территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Как и ранее, самая высокая активность фиксируется в донных отложениях канала Погонянский в районе населенного пункта Погонное.

Радиоактивное загрязнение средних и малых рек, находящихся вне зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, остается стабильным. Однако водные объекты, водосборы которых полностью или частично находятся в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, требуют проведения постоянных наблюдений за содержанием радионуклидов в воде и донных отложениях.

Анализ результатов радиационного мониторинга поверхностных вод показал, что радиационная обстановка на контролируемых водных объектах оставалась стабильной. Среднегодовые концентрации цезия-137 и стронция-90 в контролируемых реках Гомельской области были значительно ниже санитарно-гигиенических нормативов, предусмотренных Республиканскими допустимыми уровнями для питьевой воды, однако все еще превышают уровни, наблюдавшиеся до аварии на Чернобыльской АЭС.

Изучение процессов *вертикальной миграции радионуклидов в почвах* проводится на сети ландшафтно-геохимических полигонов (ЛГХП), расположенных в типичных ландшафтно-геохимических условиях в зонах с различными уровнями загрязнения цезием-137, стронцием-90, изотопами плутония. Это позволяет оценить динамику миграционных процессов в различных типах почв для обеспечения прогноза самоочищения почв в результате природных процессов.

В 2010 г. исследования процессов вертикальной миграции радионуклидов были проведены на 4 пунктах наблюдений сети Департамента по гидрометеорологии

Таблица 10.3 – Содержание цезия-137 и стронция-90 в пробах поверхностных вод

Река, створ	Дата отбора	Объемная активность, Бк/л	
		цезий-137	стронций-90
р. Припять (д. Ломачи)	09.09.2010	0,010	0,084
р. Несвич (д. Кулажин)	07.09.2010	0,918	2,530
р. Ср.Брагинка (г. Брагин)	09.09.2010	0,016	0,086
Погонянский канал (д. Погонное)	09.09.2010	0,140	1,270

*РДУ-99 для цезия-137 в питьевой воде 10 Бк/л; для стронция-90 – 0,37 Бк/л

Таблица 10.4 – Содержание цезия-137 в пробах донных отложений некоторых водных объектов Гомельской области

№ точки	Дата отбора	Удельная активность цезия-137, Бк/кг	№ точки	Дата отбора	Удельная активность цезия-137, Бк/кг
<i>р. Припять (д. Ломачи)</i>			<i>р. Несвич (д. Кулажин)</i>		
1	09.09.2010	10	1	07.09.2010	1759
2	- // -	20	2	- // -	175
3	- // -	120	3	- // -	810
4	- // -	8	4	- // -	674
5	- // -	130	5	- // -	262
<i>р. Ср. Брагинка (г. Брагин)</i>			<i>канал Погонянский (д. Погонное)</i>		
1	09.09.2010	462	1	09.09.2010	481
2	- // -	124	2	- // -	2053
3	- // -	29	3	- // -	1774
4	- // -	192	4	- // -	1568
5	- // -	86	5	- // -	3858

Минприроды Республики Беларусь. Проведено измерение уровней МД на поверхности почвы и на высоте 1 м, выполнены гамма-спектрометрические испытания проб почвы.

Фактическое распределение активности цезия-137 по вертикальному профилю различных типов почв в 2010 г. представлено на рисунках 10.4, 10.5. Основной запас цезия-137 в различных типах почв продолжает оставаться в верхнем 7-10 см слое почвы.

Анализ данных фактического распределения стронция-90 по профилю дерново-глееватой песчаной на рыхлых песках почвы показал, что глубина проникновения этого радионуклида к 2010 г. составила 14 см (рис. 10.6).

По данным фактического распределения активности цезия-137 по профилю исследованных почв с использованием конвективно-диффузионной модели (КДМ) рассчитаны

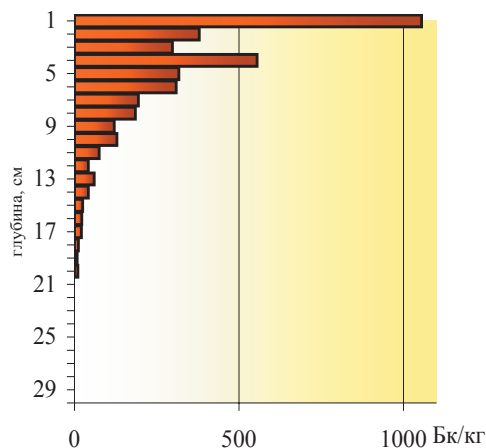


Рисунок 10.6 – Фактическое распределение стронция-90 по профилю дерново-глееватой песчаной на рыхлых песках почвы в 2010 г.

параметры вертикальной миграции этого радионуклида. Получены осредненные и распределенные значения параметров миграции. На рисунке 10.7 представлены графики,

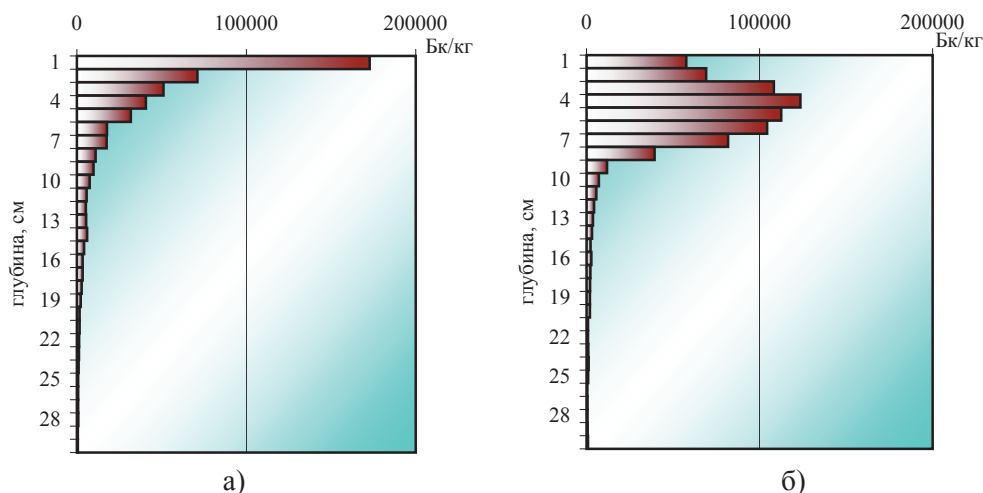


Рисунок 10.4 – Фактическое распределение цезия-137 по профилю дерново-подзолистой песчаной на рыхлых песках почвы (а) и торфяно-глеевой низинной почвы (б) в 2010 г.

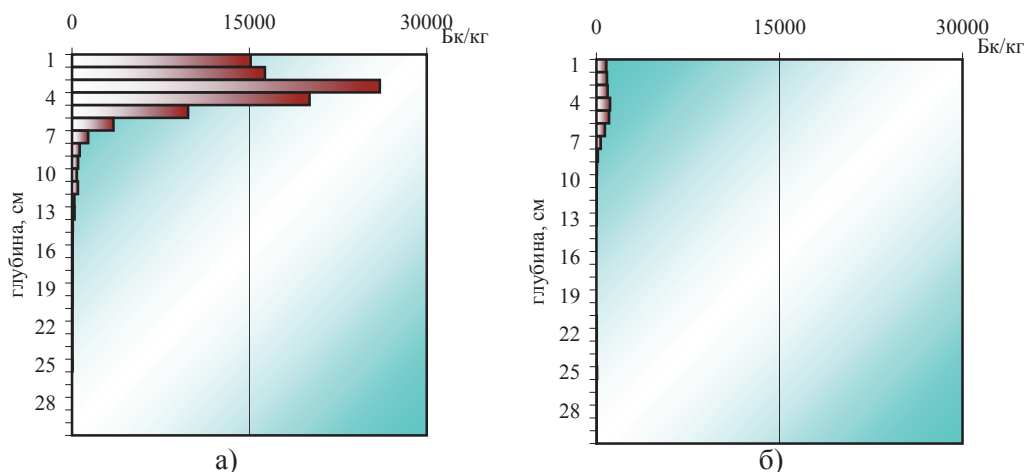


Рисунок 10.5 – Фактическое распределение цезия-137 по профилю дерново-глееватой песчаной на рыхлых песках почвы (а) и дерново-подзолистой с признаками избыточного увлажнения песчаной на рыхлых песках почвы (б) в 2010 г.

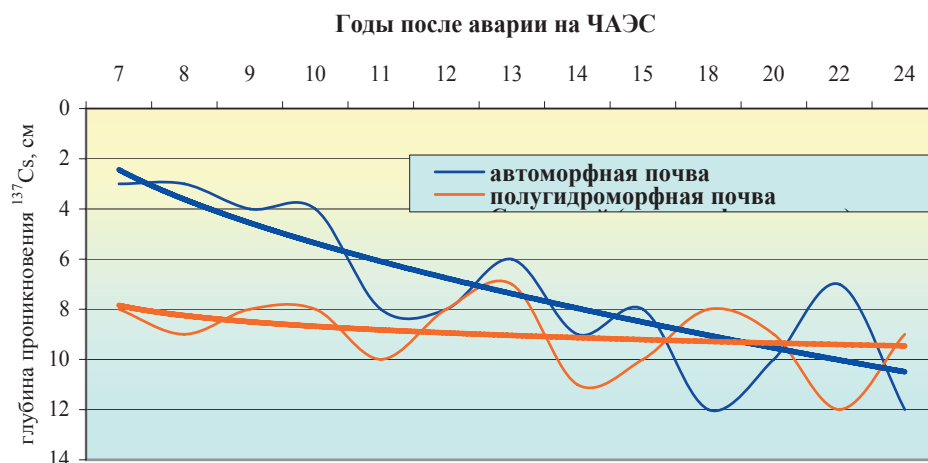


Рисунок 10.7 – Изменение глубины проникновения цезия-137 в автоморфной и полугидроморфной почвах за период 1993-2010 гг.

отражающие изменение во времени такого параметра вертикальной миграции, как глубина проникновения цезия-137 вглубь почвы (т.е. глубина, на которой зафиксировано более 1% активности радионуклида в 30-см слое почвы) за период 1993-2010 гг.

В дерново-подзолистой песчаной на рыхлых песках (автоморфной) почве наблюдалась устойчивая тенденция к постепенному увеличению глубины проникновения цезия-137 вглубь почвы, в то время как в торфяно-глеевой низинной (полугидроморфной) почве за наблюдаемый период не произошло существенного изменения в перераспределении этого радионуклида по вертикальному профилю.

С 1993 г. глубина проникновения этого радионуклида в дерново-подзолистой песчаной на рыхлых песках почве увеличилась с 3 до 12 см, в торфяно-глеевой низинной почве с 8 до 12 см. Таким образом, можно предположить, что в полугидроморфной почве интенсивная вертикальная миграция цезия-137 происходила в первые годы после аварии на ЧАЭС.

Результаты, полученные в 2010 г. при проведении радиационного мониторинга почв на сети ЛГХП, подтверждают сделанные ранее выводы о том, что в настоящее время интенсивность миграционных процессов снизилась. В почвах различной степени гидроморфности произошло уменьшение линейной скорости миграции радионуклидов за счет существенного уменьшения доли радионуклидов, которая в составе коллоидных частиц мигрировала вглубь почвы с

потоком влаги (конвективный перенос). В настоящее время диффузия является основным механизмом, который обуславливает пространственное перераспределение радионуклидов по вертикальному профилю почв.

Почвенный поглощающий комплекс представляет собой многофазную многокомпонентную систему, которая достигла некоего метастабильного равновесия. По всей вероятности, в ближайшем будущем при отсутствии какого-либо внешнего воздействия линейная скорость миграции радионуклидов в различных типах почв будет находиться в пределах 0,20-0,35 см/год.

Кроме того, наличие геохимических барьеров, фиксирующих радионуклиды и препятствующих их проникновению в более глубокие слои почвы, будет обуславливать низкую интенсивность миграционных процессов.

На основе анализа данных радиационного мониторинга сделан прогноз загрязнения цезием-137 территории Республики Беларусь на 2016 и 2046 гг. Если в 1986 г. 23% территории республики были загрязнены цезием-137 с уровнем 1 Ки/км² (37 кБк/м² и более), то в 2016 г. эта величина составит примерно 16% (т.е. уменьшится в 1,5 раза), а в 2046 г. – 10% (т.е. уменьшится в 2,3 раза) (рис.10.8).

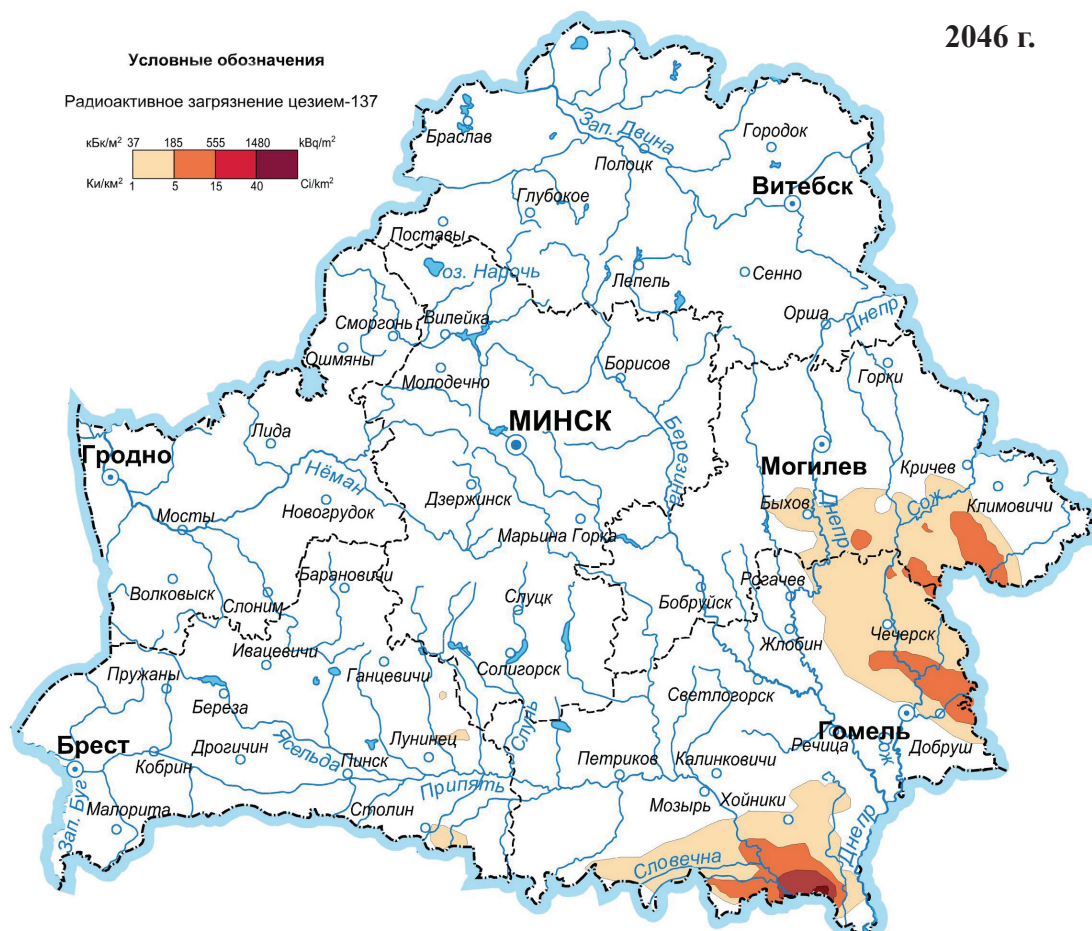
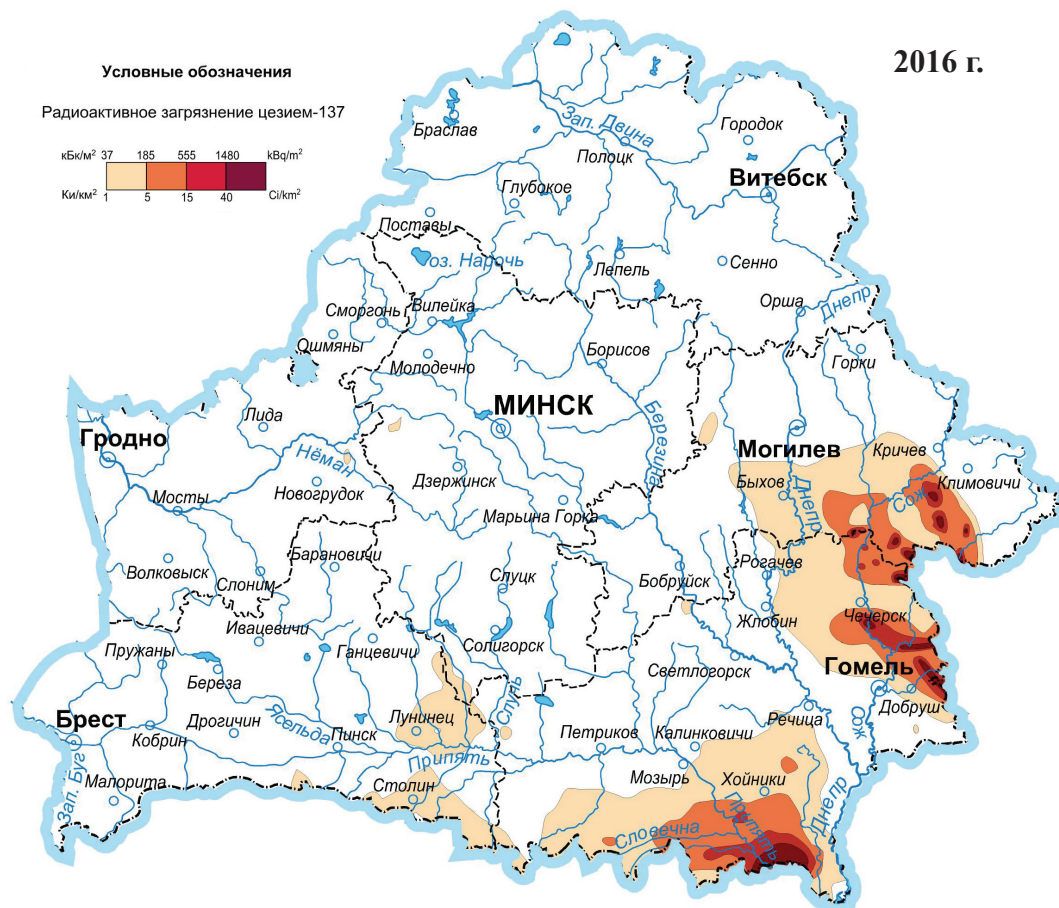


Рисунок 10.8 – Радиоактивное загрязнение цезием-137 территории Республики Беларусь (прогноз на 2016 и 2046 гг.)