

УДК 502 (07)

А.В. ГОЛУБЕВ, доктор физико-математических наук, глава города Саров, Нижегородская область, e-mail: alexeyglbv@gmail.com

ПОВЕДЕНИЕ ТРИТИЯ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

A.V. Golubev

THE BEHAVIOR OF TRITIUM IN THE ENVIRONMENT

Статья посвящена одной из актуальных задач радиационной экологии – изучению процессов переноса сверхтяжёлого изотопа водорода-трития в окружающей среде. Приводятся результаты исследований процессов окисления трития в ненасыщенном слое почвы, миграции в водоносном слое, вымывания из атмосферы каплями дождя и переноса в атмосфере.

Ключевые слова: тритий, окисление трития, метод жидкостной сцинтилляции

Article is devoted to one of actual problems of radiation ecology – to studying of processes of transfer of a superheavy isotope of hydrogen-tritium in environment. Results of researches of processes of oxidation of tritium are given in a nonsaturated layer of earth, migration in a water-bearing layer, washing away from the atmosphere by drops of a rain and transfer in the atmosphere.

Keywords: tritium, tritium oxidation of tritium, a method of liquid scintillation

Объекты атомной энергетики и промышленности являются источниками поступления трития в окружающую среду (тритий – сверхтяжелый изотоп водорода). Поведение трития в окружающей среде, обладает рядом особенностей: в биосфере элементарный тритий сравнительно быстро превращается в оксид - *HTO* за счет окисления почвенными микроорганизмами, а оксид трития, как составная часть воды, легко распространяется в почве, растениях, грунтовых и поверхностных водах, и атмосферной влаге. Изучение процессов переноса трития в окружающей среде является одной из актуальных задач радиационной экологии. В настоящей статье приведены результаты исследований процессов окисления трития в ненасыщенном слое почвы, миграции в водоносном слое, вымывания из атмосферы каплями дождя и переноса в атмосфере.

Изучение окисления трития в почве проводили с помощью методики, основанной на продувке образцов почвы воздухом с постоянной активностью трития (рисунок 1). Для исследований использовали пробы верхнего слоя почвы (0...5 см), очищенные от видимых остатков растений. Активность *HTO*, накопившейся в почве в ходе продувки, измеряли методом жидкостной сцинтилляции после извлечения влаги из образцов почвы.

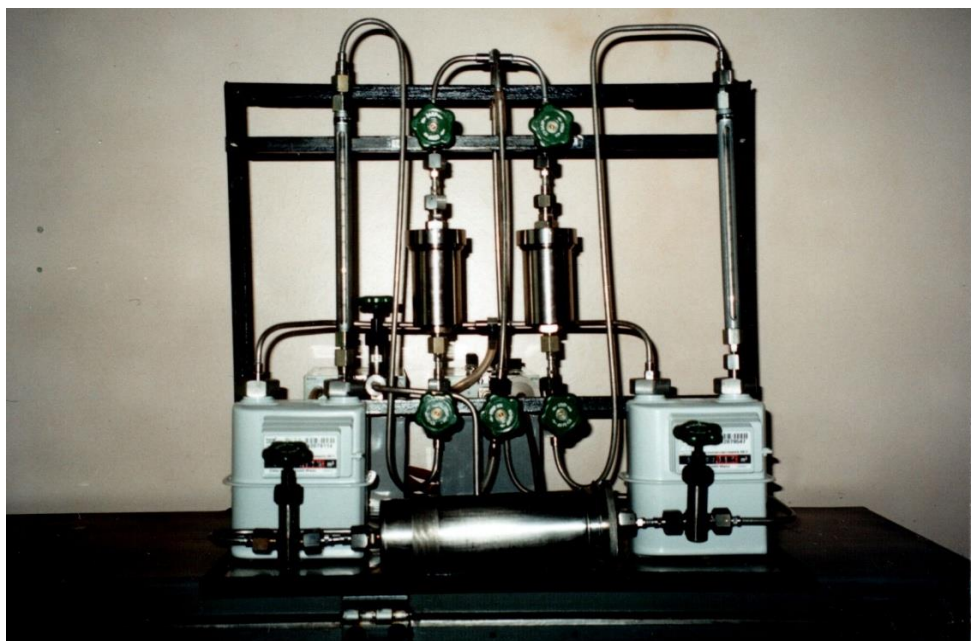


Рисунок 1 – Вид установки для исследования кинетики окисления НТ в почве

На рисунке 2 представлены зависимости накопления трития в образцах почвы от времени продувки воздухом с постоянной активностью.

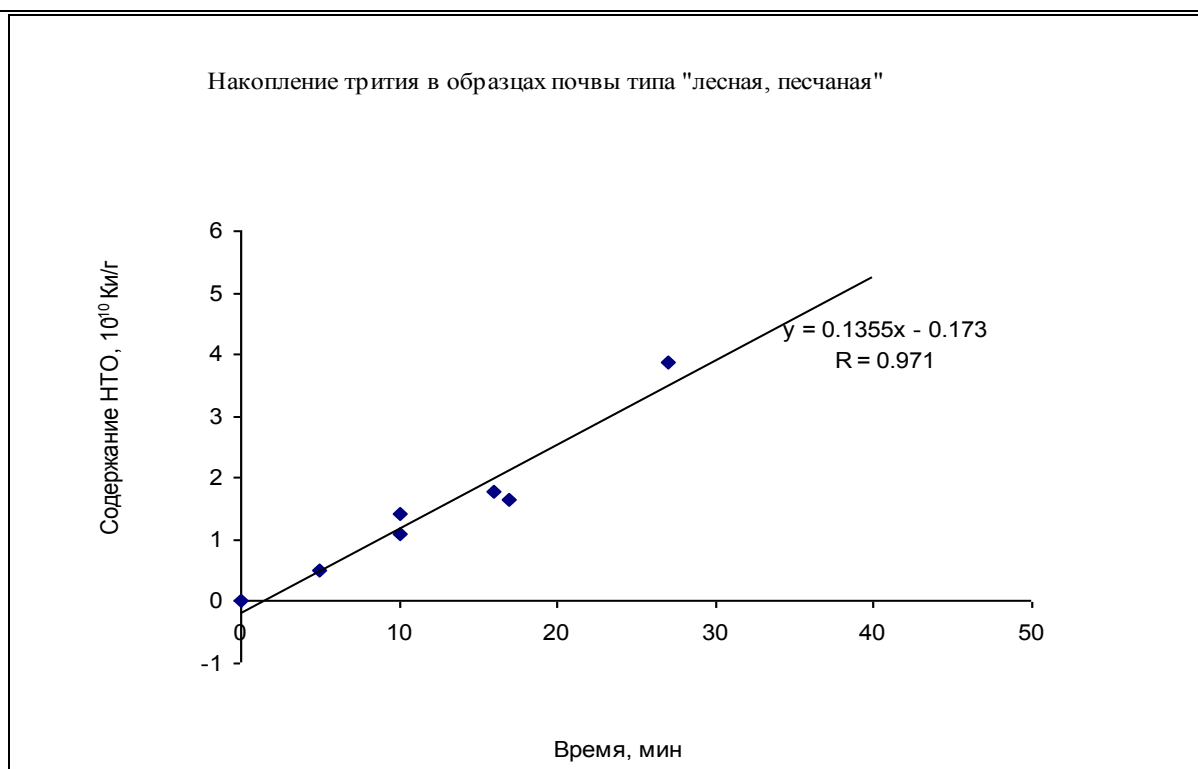


Рисунок 2 – Кинетика накопления активности трития в образцах лесной почвы

Получено, что накопление активности трития в почве линейно зависит от времени продувки, причем скорость накопления *НТО* в лесной почве в ~ 3 раза выше, чем в культивируемой почве – это указывает на различную биохимическую активность почв.

Термическая обработка почвы ($T=400\text{K}$, 1 час) приводит к уменьшению скорости окисления в ≈ 10 раз, что свидетельствует о гибели почвенных микроорганизмов. На основе результатов исследований предложен способ уменьшения концентрации изотопов водорода в газовой среде [1], оформленный патентом РФ.

Показано, что при использовании в качестве катализатора окисления водорода палладия (Pd), активность катализатора существенно снижается при наличии монооксида углерода CO в газовой среде. Кроме того, катализатор теряет активность при содержании H_2O выше $\sim 20\%$. Как видно из рисунка 3 [2], почва в аналогичных условиях не теряет свои окислительные свойства.

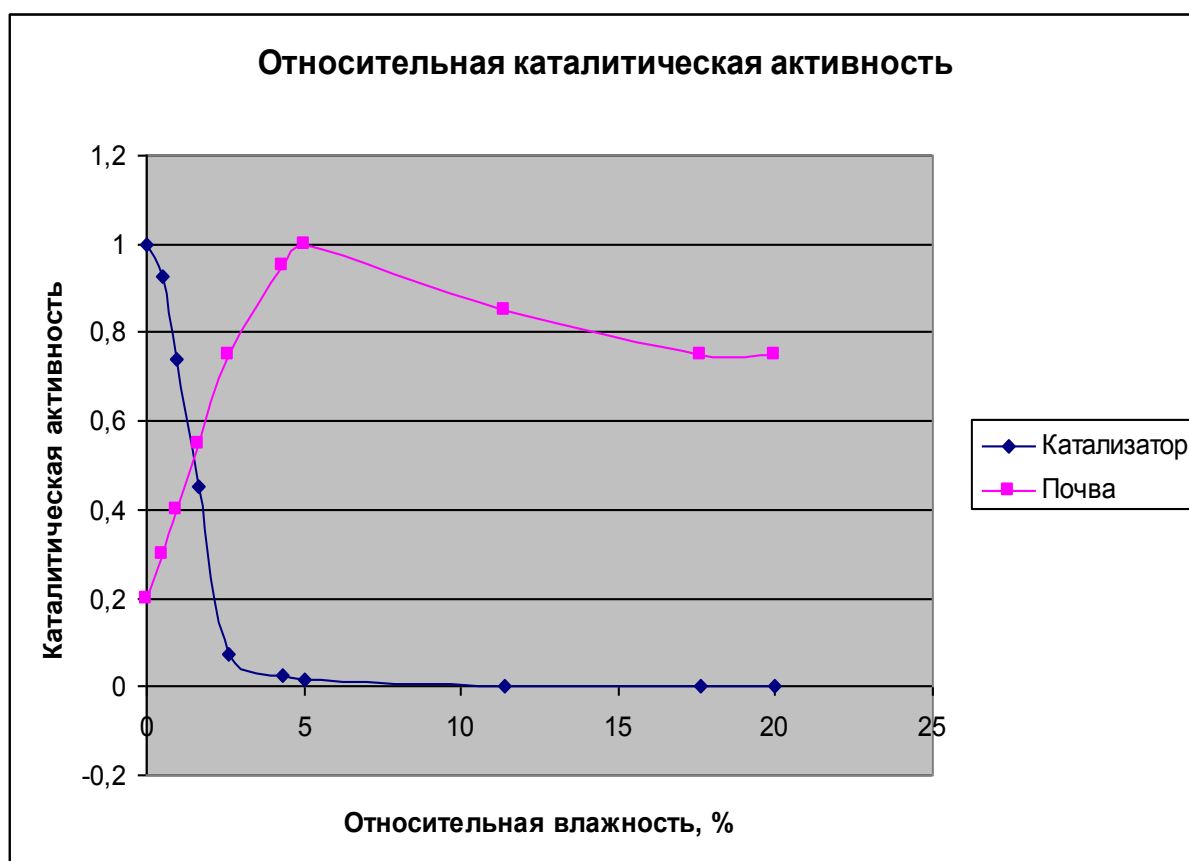


Рисунок 3 – Зависимость относительной активности окисления трития почвой и катализатором от завлажнения

Уточнена закономерность вымывания HTO из атмосферы каплями дождя в реальных условиях. Во время дождя осуществляли выброс HTO из источника на высоте ~ 30 м от поверхности земли. Сразу после выброса проводили отбор проб дождевой воды в пробоотборники, расположенные на расстоянии ~ 150 м от источника в месте ожидаемого касания облаком выброса поверхности земли. В ходе опытов регистрировали температуру воздуха, скорость и направление ветра, интенсивность дождя, распределение капель по размерам и зависимость скорости падения капель от их диаметра.

Результаты измерений активности HTO приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что активность HTO максимальна в пробе № 6, над которой проходил центр облака выброса и уменьшается по мере удаления от точки № 6 (пробы №№ 5,4,3,2 и 1).

Таблица 1 – Активность *НТО* в пробах дождевой воды

Проба №	Активность <i>НТО</i> , Бк/л	Погрешность, %
1	12.0	5
2	110	2.4
3	480	5
4	3000	0.5
5	2900	0.5
6	4200	0.4
36	0.7	6
34	<0.9	10
33	3.9	8
19	3.8	4
20	4.1	7

На основе измеренных данных определены параметры вымывания окиси трития из атмосферы каплями дождя.

С целью изучения возможного загрязнения подземных вод было выполнено моделирование переноса *НТО* из атмосферы при поступлении в почву с инфильтрационным питанием [3]. Схема области моделирования приведена на рисунке 4. Начальное распределение активности *НТО* в инфильтрационных водах на первом стресс-периоде показано на рисунке 5. Результаты моделирования представлены на рисунке 6.

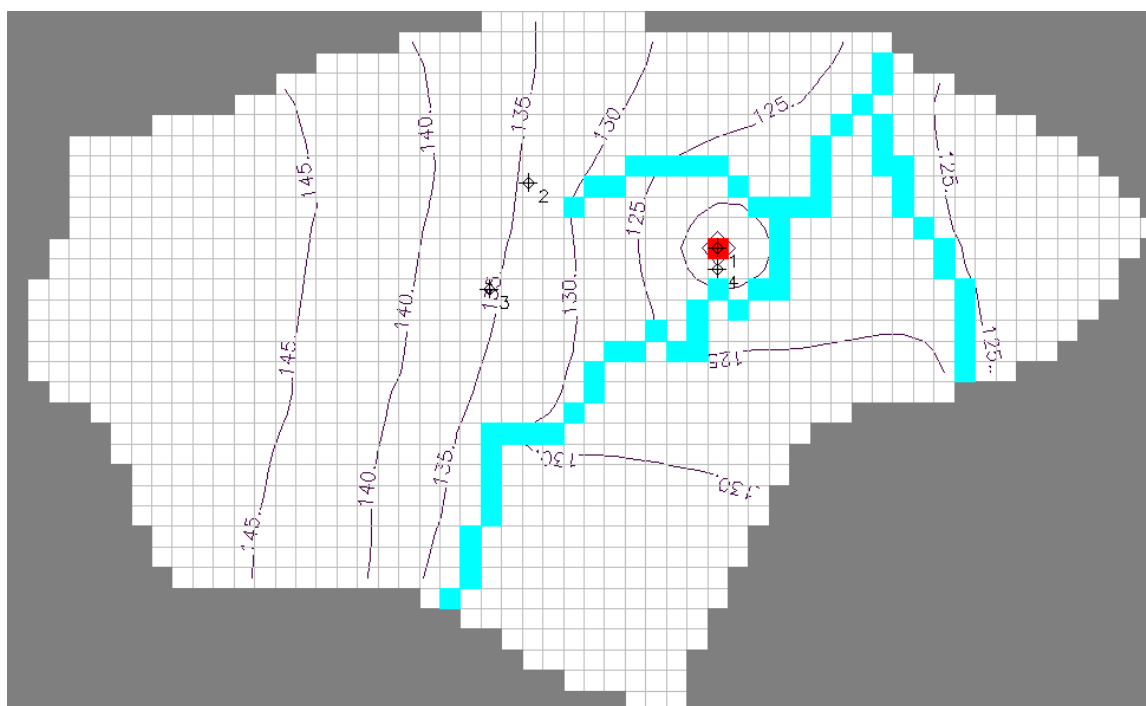


Рисунок 4 – Напоры верхнекаменноугольно-ассельской карбонатной водоносной серии

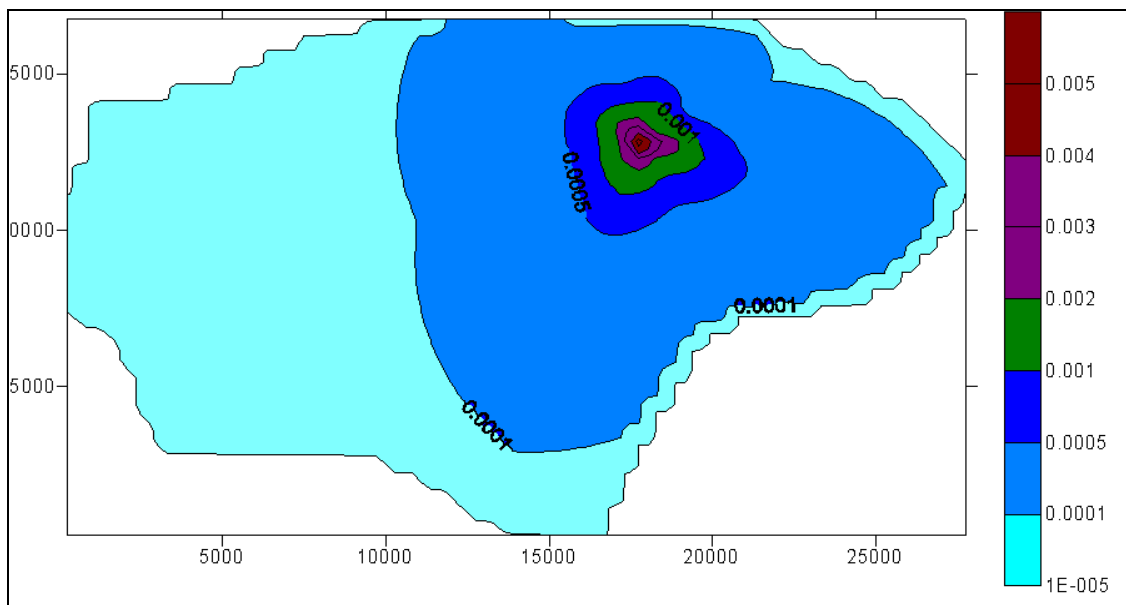


Рисунок 5 – Площадное распределение активности НТО в инфильтрационных водах

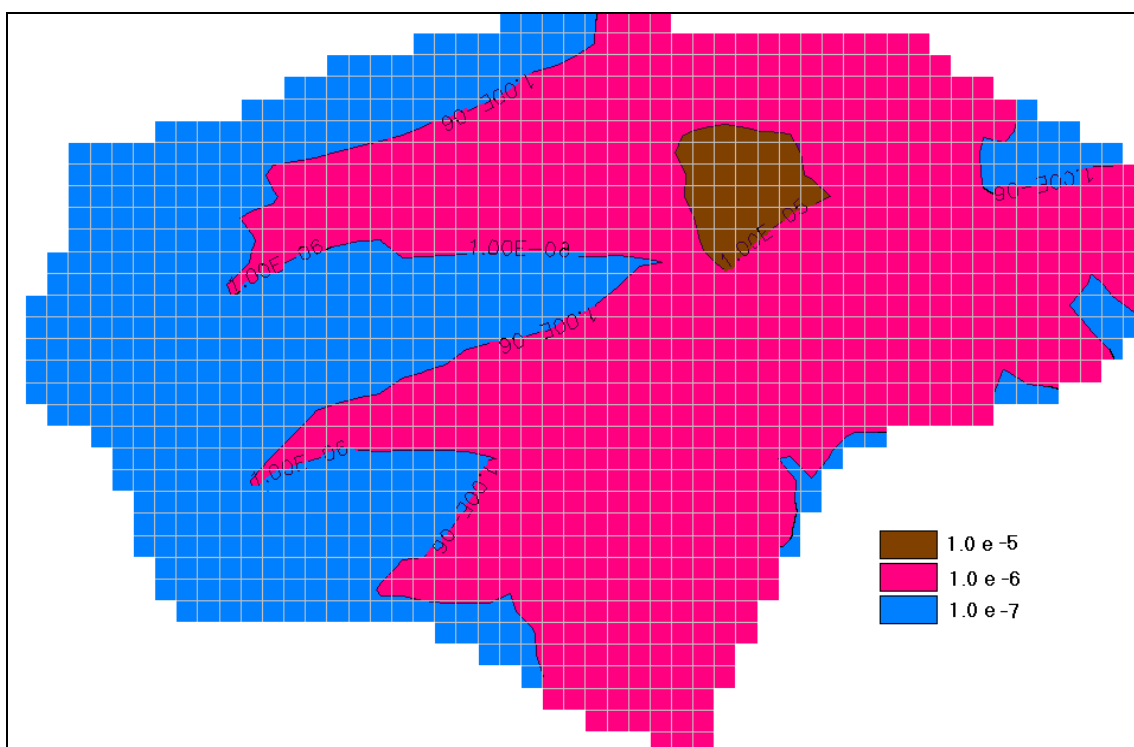


Рисунок 6 – Активность НТО в верхней части верхнекаменноугольно-ассельской водоносной серии через 55 лет

Из результатов моделирования следует, что поступление загрязнения с поверхности в водоносный горизонт происходит с заметным отставанием от загрязнения атмосферных вод [3]. Скорость вертикального массопереноса составляет около 1 м/год. В долинах рек, где

существуют гидрогеологические окна, загрязнение может достигать верхнего водоносного горизонта.

С целью изучения распространения трития в атмосфере при прохождении облака выброса над поверхностью сложного рельефа было выполнено 3-D-моделирование в сравнении с результатами полевого эксперимента. На рисунке 7 приведен рельеф подстилающей поверхности и линии тока. Результаты измерения активности трития в атмосферном воздухе приведены на рисунке 8 в сравнении с результатами расчетов.

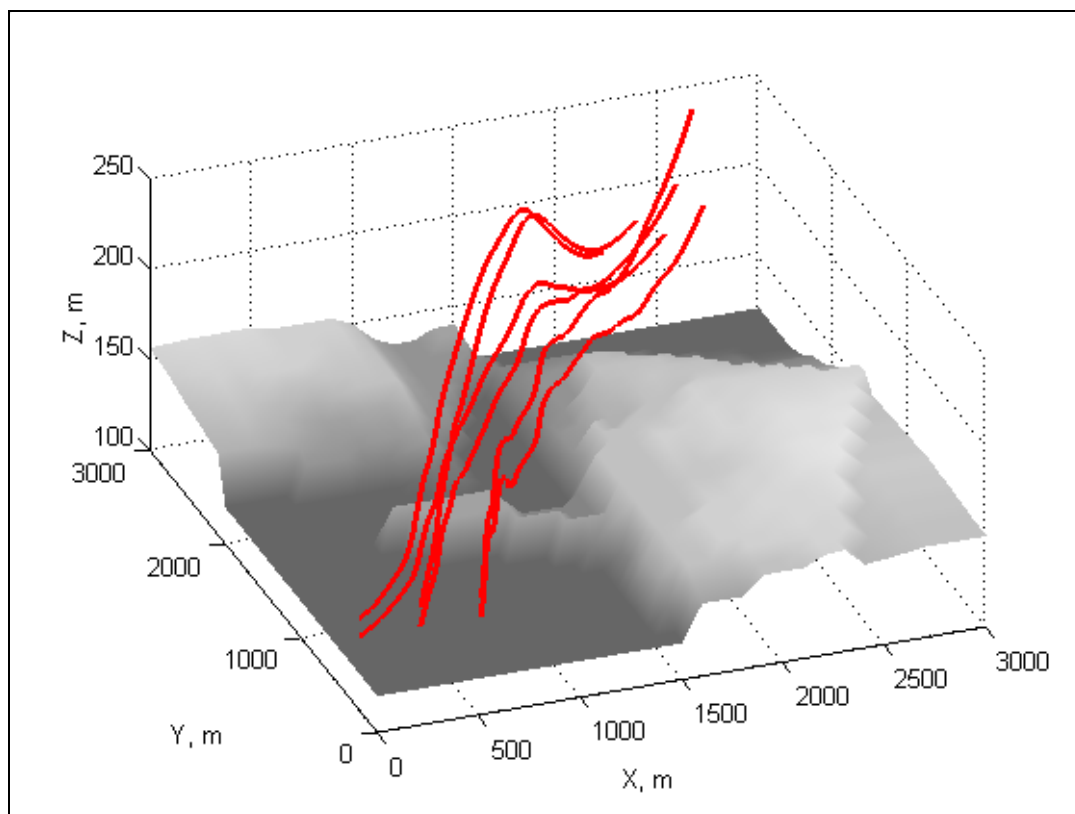


Рисунок 7 – Линии тока и рельеф поверхности

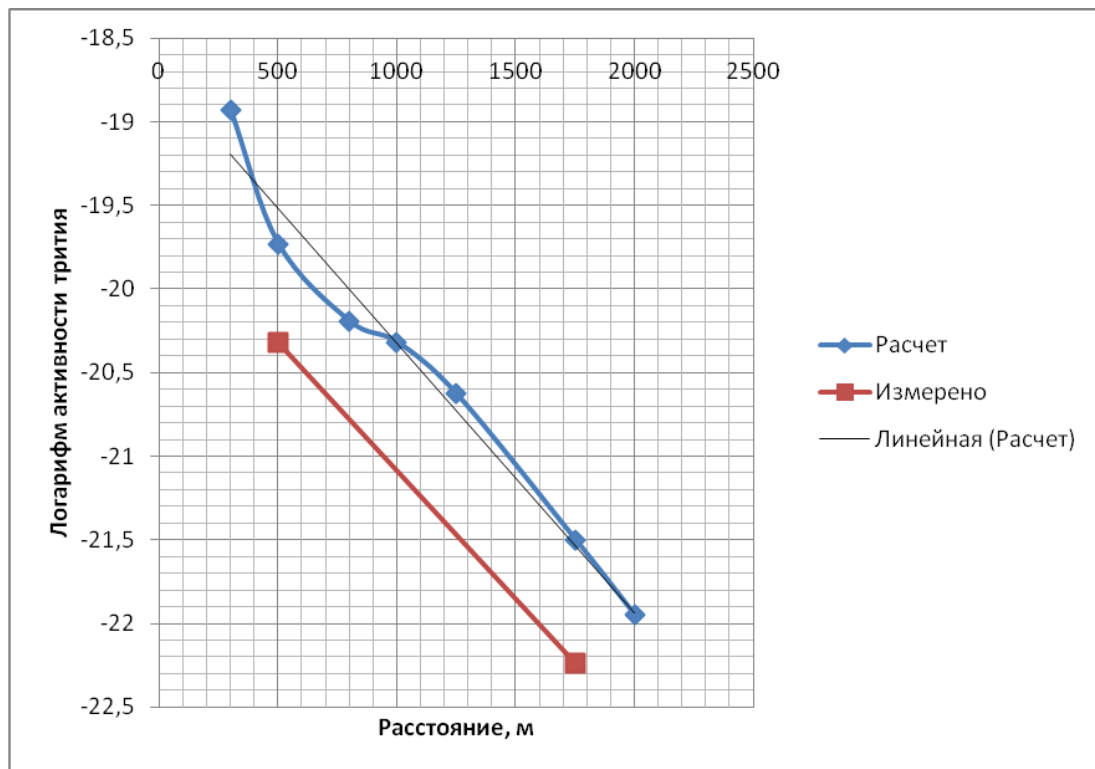


Рисунок 8 – Активность НТ и НТО в приземном слое воздуха при прохождении облака выброса

Результаты исследований представлены на международных конференциях и опубликованы в зарубежных научных журналах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Golubev, A.V. «Studies of NT deposition to unsaturated soil». Fusion Science and Technology. / A.V. Golubev, M.V. Glagolev, V.N. Golubeva et. al. – 2002, Vol. 41, pp. 478-482.
2. Голубев, А.В. «Способ уменьшения концентрации изотопов водорода в газовой среде» / А.В. Голубев, М.В. Глаголев, Н.Т. Казаковский, С.В. Демина. – Патент РФ №2243148.
3. Golubev, A.V. «Complex model to study longterm environmental tritium behavior». Fusion Science and Technology / A.V. Golubev, L.F. Belovodsky, S.V. Mavrin et al. – 2002, Vol. 41, No.3, pp. 458-463.
4. «Исследование по проверке моделей поведения трития в окружающей среде», А.В. Голубев, Заключительный отчет по проекту МНТЦ №654, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003, 251 с.

© Голубев А.В., 2015.