

Иванова Даяна Тимировна, студентка,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
г.Казань

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация: В статье представлены результаты измерения удельной активности гамма-фона для выявления аномальных показателей на территории прибрежных районов Куйбышевского водохранилища Республики Татарстан в период 2018-2021гг.

Ключевые слова: удельная активность, гамма-спектрометрия, почвы, гамма-фон, мощность эквивалентной дозы, Республика Татарстан, прибрежные районы.

Методология и методы исследования. В работе были использованы геоинформационные подходы при помощи программы «QGIS» в сочетании статистического анализа, а также гамма спектрометрический метод. В данной работе в качестве выявления аномальных показателей был использован статистический метод, а именно: метод «правило трех сигм» и корреляционный метод. Представлены результаты применения геоинформационного подхода при обработке и анализе данных о радиационном фоне на территории прибрежных районов Куйбышевского водохранилища Республики Татарстан.

Радиационная безопасность населения становится всё более актуальной проблемой из-за активной деятельности человека. Аварии на АЭС и использование радионуклидов в промышленности приводят к негативным последствиям для здоровья людей, таким, как например повышенная смертность, рост онкологических заболеваний и сокращение продолжительности жизни.

Повышение радиационного фона может стать причиной ухудшения состояния иммунной системы и сделать организм чувствительным к различным заболеваниям. При облучении увеличивается вероятность появления злокачественных новообразований.

Под радиационным фоном понимают ионизирующие излучения, которые исходят от природных источников космического и земного происхождения, а также от искусственных радионуклидов, которые были рассеяны в биосфере в результате деятельности человека.

Радиационный фон оказывает влияние на всех жителей нашей планеты и имеет относительно стабильный уровень. Этот фон не включает в себя облучение людей, которые работают с источниками ионизирующего излучения, а также облучение в диагностических и лечебных целях.

Различают несколько видов радиационного фона: природный, который формируется под воздействием космического излучения и природных источников на поверхности земли; технологически изменённый природный фон, который возникает в результате деятельности человека; искусственный радиационный фон, связанный с радиоактивностью продуктов ядерных взрывов и аварий на ядерных установках.

Одним из потенциально опасных источников поступления радиоактивных загрязнений в биосферу является радиоактивные отходы.

Радиоактивные отходы (РАО) – это побочные продукты технической деятельности, которые содержат опасные для живых организмов и окружающей среды радионуклиды..

Для предотвращения воздействия от всех основных видов облучения населения принимают меры радиационной безопасности. Основным нормативным документом, применяемым для обеспечения безопасности человека от воздействия на него ионизирующих излучений, являются санитарные правила СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009" (утв. постановлением Главного



государственного санитарного врача РФ от 7 июля 2009 г. N 47), Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 26 апреля 2010 г. N 40).

Прибрежные районы Куйбышевского водохранилища Республики Татарстан были выбраны не случайно. На границе с Республикой Татарстан расположен ГНЦ «Научно-исследовательский институт атомных реакторов (НИИАР)».

АО «ГНЦ НИИАР» расположен в восточной части Ульяновской области в 5,5 км к западу от г. Димитровград, в 5 км севернее Черемшанского залива Куйбышевского водохранилища р. Волга. АО «ГНЦ НИИАР» находится на расстоянии 90 км от г. Ульяновск, на расстоянии 160 км от г. Самара.

Опытно-промышленный полигон (ОПП) захоронения ЖРО низкой и средней активности исследовательских установок ОАО «ГНЦ НИИАР» расположен непосредственно на территории промплощадки.

В зону возможного влияния от АО «ГНЦ НИИАР» были выбраны следующие административно-хозяйственные районы Республики Татарстан, расположенные на берегу Куйбышевского водохранилища: Алексеевский, Камско-Устьинский, Лаишевский, Спасский, Тетюшский.

Всего было обработано 94 пробы, в которых удельная активность определялась с использованием гамма-спектрометрической установки. Из общего количества проб 12 было отобрано в Алексеевском районе, 26 – в Камско-Устьинском районе, 18 – Лаишевском районе, 26 – в Спасском районе, 18 – Тетюшском районе.

Отбор проб почвы производился вблизи населенных пунктов на открытой местности. Пробы отбирались в двух горизонтах почвы: верхнем горизонте (слое) – с поверхности земли (0-5 см) и нижнем горизонте (слое) на глубине 15-20 см от поверхности земли. С помощью GPS-навигатора фиксировались координаты каждой точки отбора проб.

Отбор проб произведен по методу «конверта», то есть отбор осуществляется точно в четырех углах и в центре участка обследования.

На рисунке 1. представлена карта отбора проб почвы в исследуемых районах. Построение карт было выполнено с помощью программ «QGIS 3.16.5».

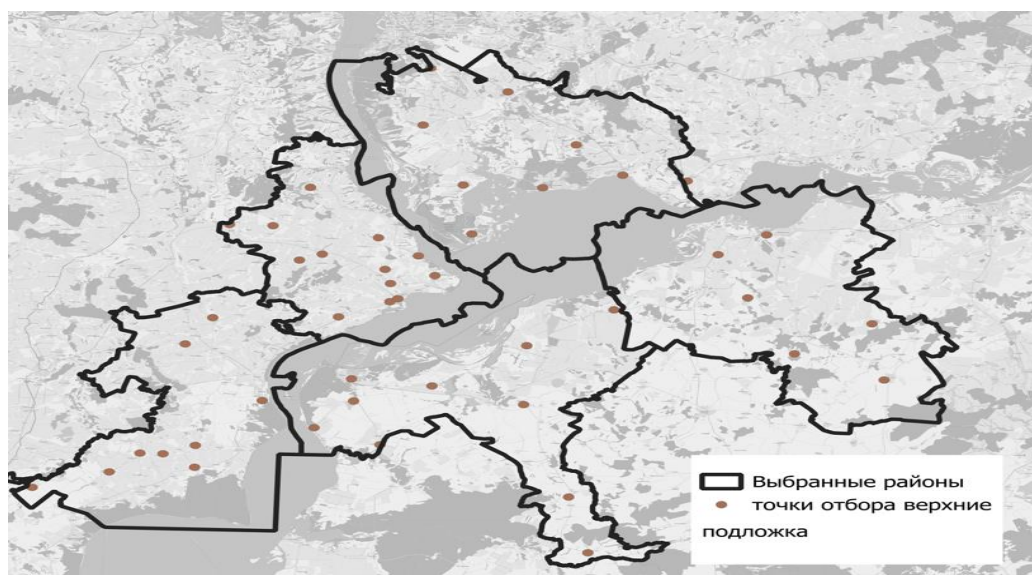


Рис. 1 – Карта отбора проб в прибрежных районах Куйбышевского водохранилища Республики Татарстан



Для оценки радиационной обстановки исследуемой территории и контроля за ее изменением на местности проводится определение мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения (МЭД ГИ).

Повышение уровня мощности эквивалентной дозы гамма-излучения является одним из основных факторов, свидетельствующим о появлении радиоактивного загрязнения.

Измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в местах отбора проб производили с помощью дозиметра гамма-излучения ДКГ-03Д «Грач».

Для идентификации радионуклида в лабораторных условиях был использован сцинтилляционный гамма-спектрометр «Прогресс-5».

Результаты. Для выделения радиогеохимических аномалий использовалось широко известное правило «трех сигм», вытекающего из свойств закона нормального распределения случайных ошибок.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась в программном комплексе «Excel» с целью выявления средних и аномальных значений удельной активности пробы почв. Это позволило

определить вероятные средние значения (A_{cp}) и их стандартные отклонения (σ). Аномальные значения рассчитывались по формуле:

$$A_a > A_{cp} + k\sigma, \quad (1)$$

где A_{cp} – среднее значение выборки;

k – коэффициент статистической достоверности;

σ – среднеквадратическое отклонение случайной величины;

A_a – аномальный уровень активности радионуклида в почве.

При коэффициенте статистической достоверности (k), равной 1, 2, 3, значение доверительной вероятности составляет 0,68; 0,95; 0,997 соответственно. Для определения аномальных значений был принят коэффициент k равный 3. Таким образом, выявление аномальных значений удельной активности среди результатов исследования проводится по правилу «трех сигм», основой которого являются свойства закона нормального распределения случайной величины, при использовании которого выполняется условие:

$$A_a > A_{cp} + 3\sigma. \quad (2)$$

С вероятностью 0,9973 (99,7%) значения нормально распределённой случайной величины X должны находиться в интервале [17]:

$$[A_{cp} - 3\sigma; A_{cp} + 3\sigma].$$

В вышеуказанных формулах (1,2) необходимо определить среднее значение, которое вычисляется по следующей формуле:

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i}{n}, \quad (3)$$

где A_{cp} – среднее значение выборки;

A_i – значение удельной активности радионуклида в исследуемых пробах почвы;

n – объем выборки.

Проводится вычисление стандартного отклонения наблюдения с целью оценки качества измерений.

Дисперсионный анализ позволяет оценить величину результатов измерений относительно среднего радиогеохимического параметра. Для этого по данным значений определяют:



$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(A_i - A_{cp})^2}{n-1}, \quad (4)$$

где A_i – значение активности радионуклида в исследуемых образцах почвы;
 A_{cp} – отклонение единичного измерения от среднего значения из дисперсии выборки, которая вычисляется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(A_i - A_{cp})^2}{n-1}}. \quad (5)$$

После проведения статистической обработки данных с применением компьютерной программы «Statistica» были построены гистограммы распределения удельных активностей радионуклидов в почвенном покрове, которые описываются нормальной кривой или кривой распределения Гаусса.

Нормальное распределение или распределение Гаусса – распределение вероятности удельной активности радионуклидов, которое задаётся функцией плотности вероятности:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (6)$$

где x – параметр удельной активности радионуклидов в почве;
 a – среднее значение выборки (A_{cp});
 σ – среднеквадратическое отклонение.

При оценке радиационной обстановки и контроле за ее изменением определяется мощность эквивалентной дозы гамма-излучения. Повышение значения данного показателя может свидетельствовать о появлении радиоактивного загрязнения.

Для визуального контроля на основе полученных данных была построена карта распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на уровне почвенного покрова и на высоте 1 метр. Построение карт выполнялось с использованием компьютерных программ «QGIS 3.16.5».

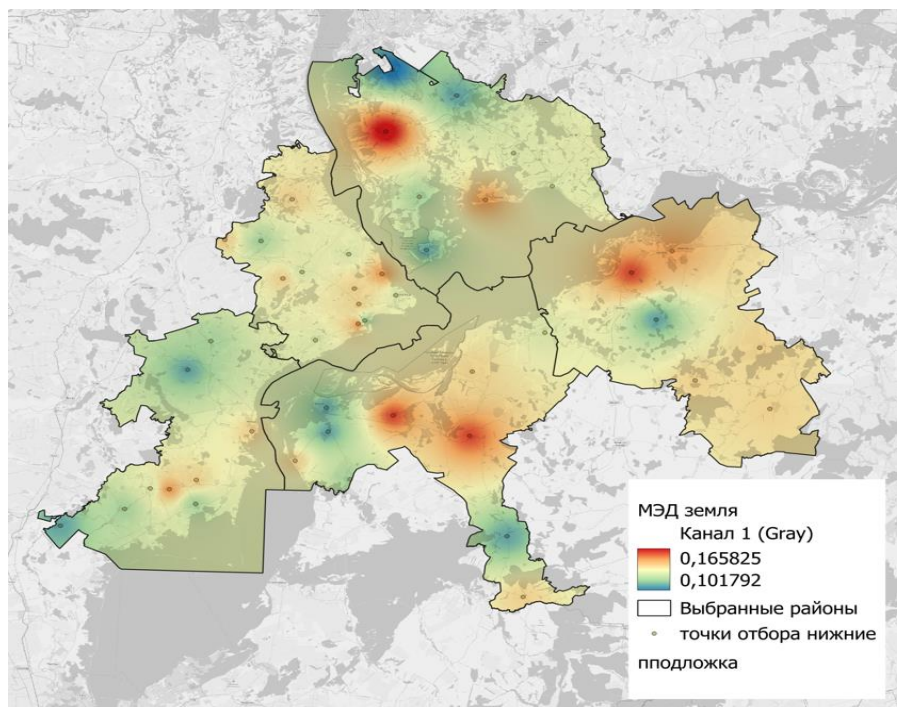


Рис. 2 – Карта распределения МЭД ГИ



На территории исследуемых районов при проведении измерений мощность эквивалентной дозы варьируется в пределах от 0,08 мкЗв/ч до 0,18 мкЗв/ч. Среднее значение МЭД ГИ на уровне земной поверхности составляет 0,13 мкЗв/ч. На карте можно заметить, что аномальных участках не выявлено.

Значение МЭД является основополагающей характеристикой влияния радиоактивного загрязнения на здоровье человека, а именно на появление злокачественных образований и онкологических мутаций. Поэтому для выявления превышения уровня загрязнения проводят измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на высоте 1 метр от поверхности земли, на уровне расположения основных органов жизнедеятельности человека [2].

На карте 3.1.2. представлена карта распределения мощности эквивалентной дозы в районах исследования:

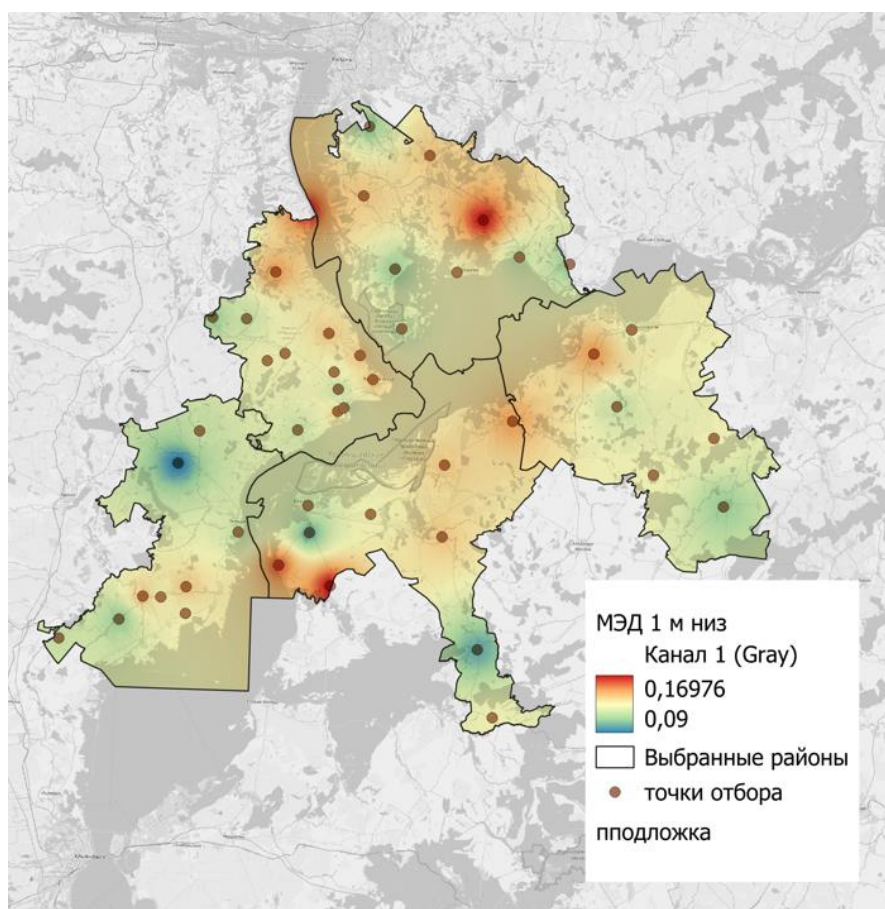


Рис. 3 – Карта распределения мощности эквивалентной дозы на уровне 1 м.

При проведении измерений МЭД гамма-излучения в почвах районов исследования меняется от 0,08 мкЗв/ч до 0,18 мкЗв/ч, среднее значение мощности эквивалентной дозы на высоте 1м составило 0,12 мкЗв/ч. Следовательно, исходя из расчетов аномальных участков не выявлено.

С помощью статистической программы «Statistica» по полученным данным построена гистограмма распределения МЭД ГИ в двух формациях (рисунок 3.1.3).



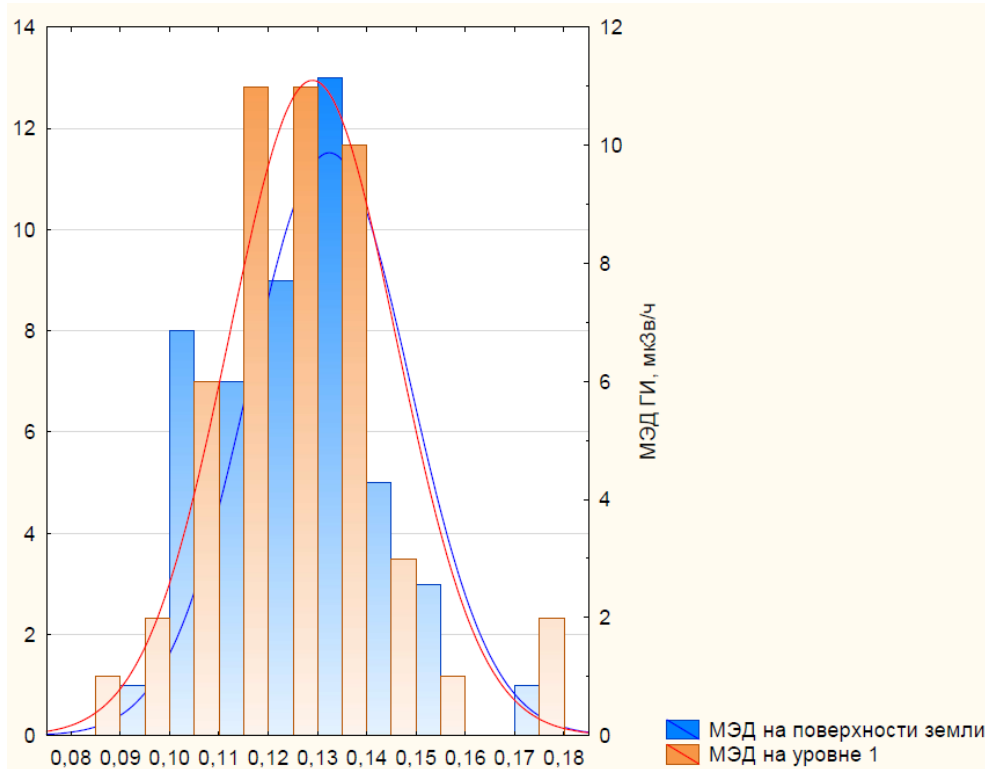


Рис. 4 – Гистограмма распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на территории исследуемых районов.

Мощность эквивалентной дозы изменяется от 0,08 мкЗв/ч до 0,18 мкЗв/ч. Гистограммы МЭД ГИ имеют форму близкую к Гауссовской кривой.

Выявление аномалий гамма-излучения проводилось на основе правила «трех сигм».

Средние значения (A_{cp}) и стандартные отклонения (σ) в почвах прибрежных районов Куйбышевского водохранилища Республике Татарстан составляют: для МЭД на уровне земной поверхности – 0,13 мкЗв/ч и 0,01 мкЗв/ч соответственно, для МЭД на высоте 1 м – 0,12 мкЗв/ч и 0,01 мкЗв/ч.

Заключение.

Гамма-спектрометрические исследования удельной активности гамма-фона показали, что на территории исследуемых районов при проведении измерений мощность эквивалентной дозы варьируется в пределах от 0,08 мкЗв/ч до 0,18 мкЗв/ч. Среднее значение МЭД ГИ на уровне земной поверхности составляет 0,13 мкЗв/ч. На карте можно заметить, что аномальных участках не выявлено.

При проведении измерений МЭД гамма-излучения в почвах районов исследования меняется от 0,08 мкЗв/ч до 0,18 мкЗв/ч, среднее значение мощности эквивалентной дозы на высоте 1 м составило 0,12 мкЗв/ч. Следовательно, исходя из расчетов аномальных участков не выявлено.

Список литературы:

1. Александров Ю.А. Основы радиационной экологии: учеб. пособие / Ю.А. Александров; МГУ. – Йошкар-Ола: Изд-во МГУ, 2017. – 268 с. – ISBN 978-5-94808-312-4.
2. Алексахин Р.М. Радиологические аспекты реабилитации сельского хозяйства после аварии на АЭС «Фукусима-1»: / Р.М. Алексахин, В.Г. Сычев // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2013. – Т.58. – №6. – С.5-13.



3. Бадрутдинов О.Р. Радиационная безопасность и дозиметрия: учебно-методическое пособие / О.Р. Бадрутдинов, Р.М. Тюменев – Казань: Изд-во КГУ, 2009. – 26 с.

4. Бекман, И. Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Изд-во Юрайт, 2018. – 398 с. – ISBN 978-5-534-08692-8.

