

7. Kurz W.A., Dymond C.C., White T.M., Stinson G., Shaw C.H., Rampley G.J., Smith C., Simpson B.N., Nielson E.T., Trofimow J.A., Metsaranta J., Apps M.J. CMS-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. – Ecological Modelling 2009, 220, pp. 480–504. doi:10.111016/j.ecolmodel.2008.10.018.

8. Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Lesiv M. Yu. Ontikov P.V., Schepaschenko M.V., Kraxner F. Estimation of Forest Area and its Dynamics in Russia Based on Synthesis of Remote Sensing Products. – Contemporary Problems of Ecology, 2015, Vol. 8, No 7, doi: 10.1134/S1995425515070136.

9. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml).

10. (<http://earthenginepartners.appspot.com/google.com/science-2013-global-forest>).

11. <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>.

УДК 528.44

Ю.Ю. Яковенко<sup>1</sup>, Я.Г. Пошивайло<sup>2</sup>, А.М. Яковенко<sup>3</sup>

### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ЯДЕРНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

**Резюме.** В статье представлены результаты проведения радиоэкологической оценки загрязнения территории бывшего Семипалатинского ядерного испытательного полигона. Разработана методика радиоэкологического зонирования методами геоинформационного картографирования, включающая в себя определение количественных и качественных критериев для зонирования по степени поверхностного загрязнения почвенного покрова, подвергшегося техногенному радиационному воздействию.

В результате такого зонирования можно объективно оценить степень радиационного воздействия на обследованные территории, выявить участки с высоким радиационным фоном и четко определить их границы, представляющие потенциальный риск для населения, проживающего или ведущего хозяйственную деятельность на данных территориях.

**Ключевые слова:** ядерный полигон, зонирование, базовые параметры загрязнения, радиоэкологические исследования, уровни загрязнения.

**Введение.** Семипалатинский испытательный полигон (СИП) площадью около 18,4 тысячи квадратных километров расположен на территориях трех областей республики Казахстан – Восточно-Казахстанской (54%), Павлодарской (39%) и Карагандинской (7%). За время функционирования полигона (1949–1989 годы) на его территории было проведено 456 ядерных испытаний, в том числе атмосферные ядерные испытания и модельные эксперименты на площадке «Опытное поле», подземные испытания (в штольнях и скважинах) на площадках «Дегелен», «Балапан» и «Сары-узен».

---

<sup>1</sup> Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, 071100, Казахстан, ВКО, г. Курчатов, ул. Красноармейская 2, начальник лаборатории геоинформационных технологий, тел. 8 (72251) 2-58-63; e-mail: yak\_julia@mail.ru.

<sup>2</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383) 361-06-35; e-mail: yaroslava@ssga.ru.

<sup>3</sup> Институт геофизических исследований, 071100, Республики Казахстан, г. Курчатов, площадка Меридиан, Начальник лаборатории топогеодезических исследований, тел. 8 (72251) 2-31-46; e-mail: yakovenko@igr.kz.

В настоящее время территория полигона отнесена к категории земель запаса соответствующих областей. Территория СИП и деятельность на ней регламентируется нормативно-правовыми актами, в соответствии с которыми любая деятельность на ней должна быть лицензирована как деятельность по использованию атомной энергии. Согласно статьи 143 «Земельного Кодекса РК» «...Земельные участки, на которых проводились испытания ядерного оружия, могут быть предоставлены Правительством РК в собственность или землепользование только после завершения всех мероприятий по ликвидации последствий испытания ядерного оружия и комплексного экологического обследования при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы...». Таким образом, для получения заключения экспертизы и определения категории для земель СИП необходимым этапом является проведение комплексного экологического обследования передаваемых земель.

С 2008 года при поддержке Правительства РК было принято решение о проведении комплексного радиоэкологического обследования территории СИП Национальным ядерным центром Республики Казахстан (НЯЦ РК) [Лукашенко, 2014].

Комплексное радиоэкологическое обследование территории охватывает изучение характера и уровней загрязнения всех компонентов природной среды для всех дозообразующих искусственных радионуклидов, представляющих потенциальный риск для населения, проживающего или ведущего хозяйственную деятельность на данных территориях. Объектами исследований являются почвенно-растительный покров, водная и воздушная среды на исследуемой территории.

Для проведения оценки и разработки рекомендаций по дальнейшему использованию земель СИП необходимо провести зонирование территорий по степени радиоактивного загрязнения природных сред – радиоэкологическое зонирование, результаты которого помогут объективно оценить степень радиационного воздействия на обследованные территории, выявить участки с высоким радиационным фоном и четко определить их границы.

Окончательный вывод о пригодности исследованной территории и использовании ее в хозяйственной деятельности основывается на результатах оценки дозовых нагрузок на население, которое в дальнейшем будет находиться на данной территории (предельно допустимая эффективная доза для населения составляет  $1 \text{ м}^3$  в/год согласно Нормам радиационной безопасности). Информация о содержании радионуклидов в верхнем слое почвы (поверхностное загрязнение) является основой для расчетов доз облучения населения на исследуемой территории.

В основу выделения зон при радиоэкологическом зонировании положены, в первую очередь, особенности поверхностного загрязнения, которые непосредственно влияют на формирование радиационной ситуации на территории полигона.

В литературе зоной называют участок территории, выделенный с определенной целью по количественным и качественным критериям, для реализации конкретных функций [Истомина и др., 2000].

Для оптимизации проведения радиоэкологических исследований с применением методов геоинформационного картографирования необходимо определить данные критерии и разработать схему зонирования по степени поверхностного загрязнения территорий, подвергшихся техногенному радиационному воздействию.

**Материалы и методы исследований.** Территория полигона, где непосредственно проводились испытания – основные технические площадки «Опытное поле», «4», «4А», Балапан», «Дегелен» и «Сары-Узень», использоваться для проживания человека и ведения хозяйственной деятельности никогда не будут, это 9% от общей площади территории полигона. Поэтому план проведения исследований поверхностного загрязнения предусматривает обследование территории за пределами технических площадок.

Методология детального проведения радиоэкологических исследований представлена на рисунке (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема проведения радиоэкологических исследований

С учетом всех особенностей поверхностного загрязнения принят следующий план исследования [Уставич и др., 2014]:

- отбор проб почвы по сетке 1x1 км со сгущением при необходимости;
- глубина отбора проб почвы 0–5 см, площадь отбора 10 x 10 см;
- гамма-спектрометрический анализ  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$  ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{152,154}\text{Eu}$ );
- радиохимический анализ  $^{238, 239+240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ .

Чтобы разработать алгоритм и автоматизировать процесс зонирования территории с помощью ГИС, необходимо определить факторы, которые влияют на размер и форму зон, какие зоны считать незагрязненными (фоновыми), затем разработать схему зонирования территории.

**Качественные характеристики поверхностного загрязнения.** К основным радиационным событиям, определяющим радиоактивное загрязнение поверхности территории Семипалатинского полигона, относятся:

- воздушные, приземные, наземные ядерные испытания и модельные эксперименты, проведенные на территории площадки «Опытное поле»;
- испытания боевых радиоактивных веществ на площадках «4» и «4а»;
- подземные ядерные испытания в штольнях (горизонтальная горная выработка) и скважинах, а также с выбросом грунта на площадках «Балапан», «Дегелен» и «Сары-Узень» и «Телькем».

Анализ и систематизация собранных исторических материалов, результатов аэрогам-массеток, проведенных на территории Семипалатинского полигона (рис. 2) и частичные площадные наземные исследования, позволили выявить общую картину радиационной обстановки на полигоне.

На текущий момент можно выделить 4 основных типа поверхностного радиоактивного загрязнения местности за пределами технических площадок, которые определяют пространственные параметры радиационного поверхностного загрязнения:

1. Следы радиоактивных выпадений от взрывов большой мощности, вышедшие за пределы мест проведения испытаний более чем на 100 км.
2. Следы радиоактивных выпадений от ядерных испытаний средней и малой мощности, вышедшие за пределы мест проведения испытаний от нескольких километров до 20–30 км. К

данному типу загрязнения можно отнести и радиоактивные выпадения, сформированные в результате экскавационных ядерных взрывов («Атомное озеро», скважины на площадке «Сары-Узень»), а также испытания с нештатной радиационной ситуацией (аварийные выбросы) на площадках «Дегелен» и «Балапан».

3. Радиоактивное загрязнение русел водотоков вследствие выноса техногенных радионуклидов из мест проведения ядерных испытаний за пределы технических площадок – ручьи горного массива Дегелен, река Шаган.

4. Радиоактивные «пятна» площадью в несколько квадратных километров, расположенные на удалении от мест проведения испытаний и вне основных следов радиоактивных выпадений. Данный тип загрязнения был зафиксирован в результате проведения комплексных исследований, проводимых Национальным ядерным центром Республики Казахстан с 2008 г. [Кобзарь, 2006].

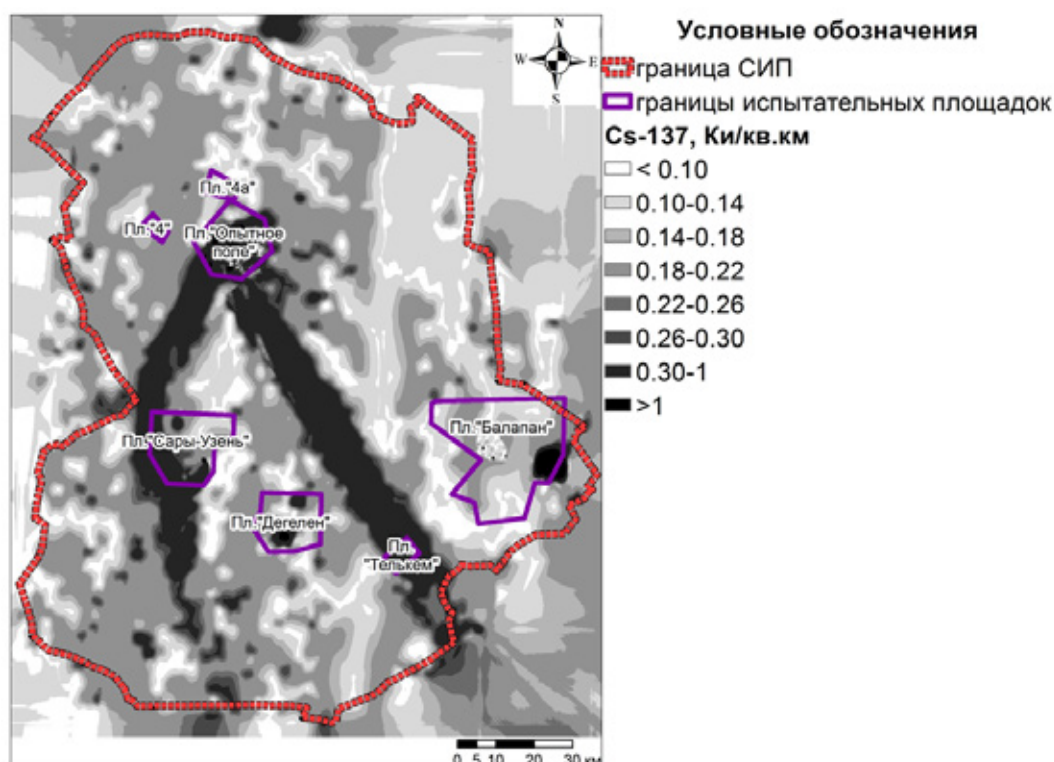


Рис. 2. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  на территории СИП по результатам аэрогаммасъемки 1991 г.

Третий тип загрязнения не рассматривается как критерий в рамках данной статьи, так требует дополнительных исследований других сред окружающей среды кроме почвы.

Площадное загрязнение (территория следа радиоактивного облака) первого и второго типа можно классифицировать следующим образом: следы от взрывов, по расчетным оценкам, длина которых составляет 15–100 км и ширина 7–12 км. Распределение активности происходит вдоль оси следа и в направлении, ортогональном оси следа облака взрыва.

Размеры четвертого типа загрязнения – «пятен», расположенных вне основных следов радиоактивных выпадений и на значительном удалении от технических площадок СИП, составляют в ширину – 1–3 км, в длину – 1–8 км. Принятая схема обследования по сети 1x1 км позволяет обнаруживать радиоактивные «пятна» площадью несколько квадратных километров, что сопоставимо с площадями выпаса скота и сенокосными угодьями. Говоря иначе, при исследовании территорий, которые планируется использовать для хозяйственной деятельности, принятая схема обследования гарантирует обнаружение участков радиоактивного загрязнения площадью, соизмеримой с размерами сельхозугодий.

Очевидно, что на СИП существуют и более «мелкие» участки радиоактивного загрязнения, площадью менее 1 квадратного километра, которые практически невозможно выявить при обследовании территории по сети 1x1 км. Однако, необходимо понимать, что если рассматривать сценарий «фермер, ведущий натуральное хозяйство», который предусматривает выпас скота (20–30 квадратных километров, в зависимости от вида животных) на данной территории, вклад в дозу облучения радиоактивного «пятна» площадью, например, 5 квадратных километров будет нивелироваться разницей в площадях. К тому же, выпас животных отличается от стойлового содержания, т.е. животные практически все время выпаса передвигаются, а значит остаются в зоне влияния «пятна» непродолжительное время.

Размеры «пятен» и «следов» различны и зависят от мощности взрывов, конкретной метеорологической обстановки, ландшафтной обстановки в местах проведения взрывов. Площадь «пятна», не влияющего на общую годовую дозу, полученную человеком, учитывая все входные параметры, условно принята 5 км<sup>2</sup>, в дальнейшем необходимо подтвердить данный параметр расчетным путем.

**Количественные характеристики поверхностного загрязнения.** Основными источниками радиоактивного поверхностного загрязнения территории вследствие рассматриваемых ядерных взрывов к данному времени, являются активность долгоживущих радионуклидов <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs и активность изотопов Pu. Определяющее значение указанных радионуклидов обусловлено их относительно большой наработкой в ядерных взрывах, высоким биологическим действием, значительным промежутком времени с момента проведения взрывов, вследствие чего активность более короткоживущих радионуклидов исчезла или резко снизилась из-за их естественного распада.

Количественные значения активности искусственных радионуклидов в почвенном покрове на исследуемой территории определяются по результатам комплексных гамма-, бета- и альфа-спектрометрических измерений образцов верхнего слоя почвы (0–5 см). Принятый комплексный подход позволяет идентифицировать максимально возможное количество долгоживущих радионуклидов, формирующих дозу облучения от техногенных источников излучения. Так, содержание <sup>137</sup>Cs и <sup>241</sup>Am в почве определялось гамма-спектрометрическим методом; концентрация <sup>90</sup>Sr и <sup>238</sup>Pu, <sup>239+240</sup>Pu – спектрометрическими измерениями после предварительной радиохимической подготовки образца. Радионуклиды <sup>60</sup>Co, <sup>152</sup>Eu, <sup>154</sup>Eu и др. также идентифицируются, если их содержание в почве находится на уровне выше предела измерений спектрометрической аппаратуры.

Однако радиохимический анализ <sup>239+240</sup>Pu и <sup>90</sup>Sr является очень затратным. А в силу своего происхождения, <sup>239+240</sup>Pu генетически связан с <sup>241</sup>Am, а <sup>90</sup>Sr с <sup>137</sup>Cs, поэтому для определения количественного критерия для зонирования территории будут рассматриваться именно результаты гамма-спектрометрических анализов <sup>241</sup>Am и <sup>137</sup>Cs.

На начальных этапах исследований количественным критерием для зонирования территории по степени загрязнения являлась только одна более или менее достоверная величина – «фон глобальных выпадений» для данной территории.

Глобальные выпадения обусловлены мелкодисперсными аэрозольными частицами, долгое время находящимися в тропосфере и стратосфере после чрезвычайных ситуаций. Затем искусственные радионуклиды из атмосферы с осадками и сухими выпадениями поступают на поверхностный слой почвы – глобальные выпадения. Плотность (фон) глобальных выпадений зависит от географической широты местности, от времени, прошедшего после выброса искусственных радионуклидов в атмосферу, от сезона и сильно зависит от метеорологических факторов.

Но эта величина не может однозначно характеризовать загрязнение территории полигона и прилегающей к нему территории. Это связано с тем, что территория полигона и прилегающие территории находятся в зоне ближних радиоактивных выпадений и, как следствие, подверглась гораздо большему радиоактивному воздействию, чем зона дальних выпадений.

Для расчета фона территории СИП были проанализированы данные, полученные за несколько лет проведения комплексных исследований на его территории. Был обобщен весь

накопленный материал и на его основе определены базовые параметры, характеризующие «фоновые территории СИП» [Каширский и др., 2013].

Данные территории располагаются в географически разных частях полигона и на существенно разном расстоянии от основного источника поверхностного загрязнения – площадки «Опытное поле». Для проведения статистического анализа имеющиеся результаты по всем проведенным радиологическим исследованиям были объединены в один общий массив. После анализа объединенных данных, полученные средние значения удельных активностей  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$  в почве с 10 % интервалом (10 % интервал был выбран исходя из того, что 10 % это стандартная погрешность гамма-спектрометрического анализа) были определены как базовые параметры (БП), характеризующие фоновые территории СИП – «условно-фоновые» (таблица 1).

Таблица 1

Базовые параметры для «условно-фоновых» территорий СИП

Вид радионуклида	$^{137}\text{Cs}$	$^{241}\text{Am}$
БП, Бк/кг	18	0,9

**Обработка результатов исследований.** Один из важных этапов исследования поверхностного загрязнения территории – обработка и анализ полученных результатов. Большой массив данных, полученный в результате исследований и характеризующий распределение радионуклидного загрязнения на местности, необходимо анализировать таким образом, чтобы в первую очередь приёмы обработки экспериментальных данных позволили делать обоснованные выводы о степени загрязнения, что в значительной мере повышает эффективность радиоэкологических исследований.

Обработка и анализ данных осуществляется методами математической статистики в несколько этапов:

1. Расчет статистических параметров: объем распределения (количество данных), средняя арифметическая, среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации.

2. Определение выпадов (аномально высоких значений) и исключение их из общего массива данных.

Для получения достоверных результатов статистической обработки весь массив данных анализируется на наличие выпадов – значений, резко отличающиеся от остальных данных в выборке. Выпады являются единичными случаями проявления активности в определенном измерении в силу различных обстоятельств. Их наличие не характеризует площадное загрязнение, за исключением площадок проведения ядерных испытаний, где количество выпадов может быть достаточно большим. Для определения выпадов используется нормированное отклонение – показатель ценности измерения по отношению к общему массиву данных. После исключения выпадов повторяется этап 1.

3. Составление вариационного ряда (гистограммы).

Существуют различные рекомендации по составлению ряда, которых мы придерживаемся [Кобзарь, 2006]. Обобщаем все расчеты в общую таблицу и строим вариационный ряд в виде гистограммы, ординатами которой являются частоты, абсциссами – середины классов.

4. Функция распределения. Проверка с применением критерия Пирсона  $\chi^2$  (хи-квадрат) гипотезы о соответствии распределения радионуклида нормальному (логнормальному) закону распределения.

При логнормальном распределении для расчета средней величины используют среднюю геометрическую величину. Средняя геометрическая, как правило, незначительно отличается по величине от средней арифметической (всегда меньше). Поэтому, исходя из данного соотношения, для характеристики данных берется средняя арифметическая как «оценка сверху».

**Результаты исследований и их обсуждение.** На первоначальном этапе проведения исследований для выявления зон с повышенными значениями удельной активности искус-

ственных радионуклидов использовался метод построения графиков распределения значений удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$  вдоль профилей (рис. 3) [Айдарханов, 2013].

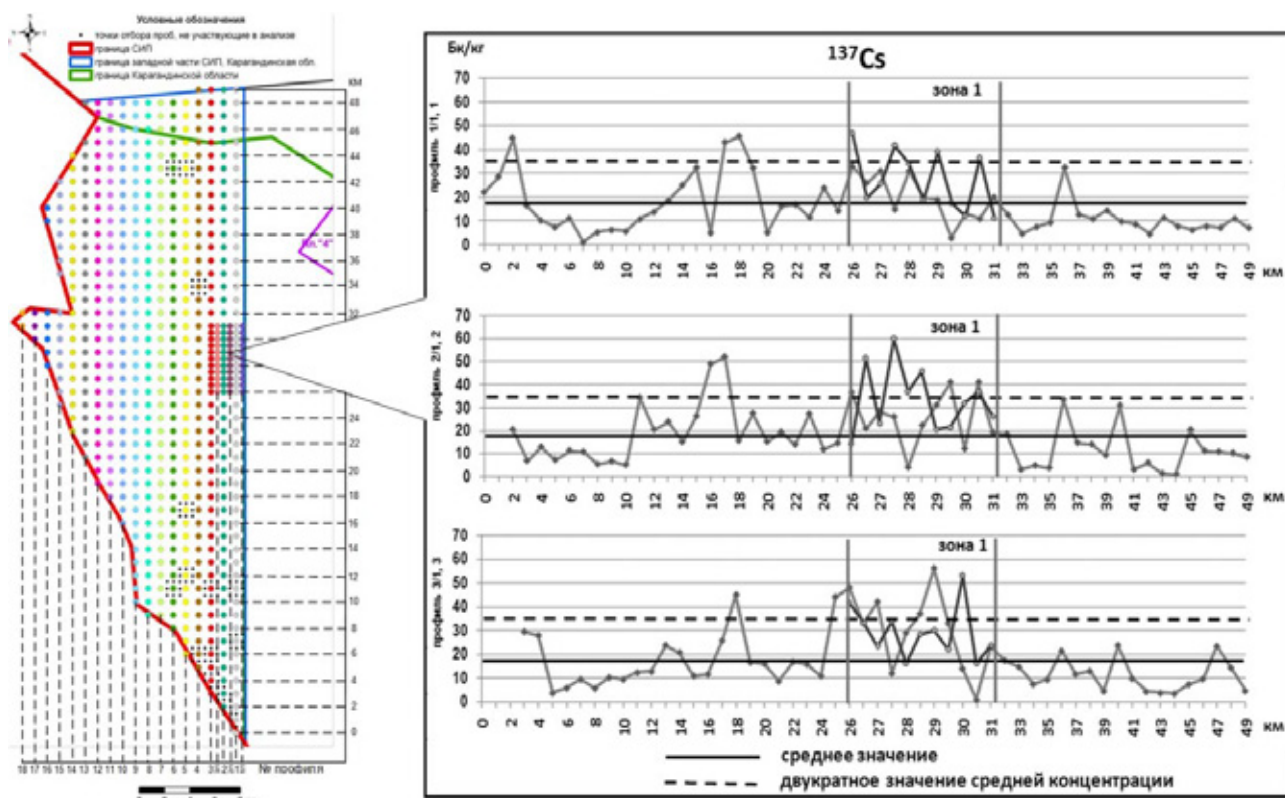


Рис. 3. Графики значений концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в почве по шести профилям

Однако, вариативность значений высока: для профиля 2–3 раза, для зоны – 2 раза. Это затрудняет анализ данных не увеличивая количество образцов. Поэтому от этого метода постепенно отказались.

Поиск очагов загрязнения и фоновых величин содержания радиоактивных элементов только с помощью методов математической статистики не дает должного эффекта. Нужно использовать в комплексе методы статистики и геостатистики, так как все данные имеют пространственную привязку. Опора на геостатистический анализ позволяет значительно повысить уровень надежности и качество решений, принимаемых при использовании пространственно-распределенной информации. Наиболее удобный способ для решения нашей задачи – метод с использованием геоинформационного картографирования с учетом количественных и качественных критериев.

Итак, пространственные параметры радиационного поверхностного загрязнения можно определить следующим образом:

- локальные радиоактивные «пятна» площадью менее  $5 \text{ км}^2$  не являются зоной «с повышенными концентрациями»;
- площадное загрязнение (в том числе территории следов) более  $5 \text{ км}^2$  являются зоной «с повышенными концентрациями»;
- форма зоны вытянута вдоль оси следа (критерий-форма).

Для проведения зонирования территории по степени радиоактивного загрязнения был выбран следующий количественный критерий: содержание радионуклидов в почвах территории считается фоновым (территория незагрязненной), если значения содержания радионуклидов не превышают БП.

Учитывая данные критерии, разработана методика проведения зонирования, которая представлена в виде схемы (рис. 4).

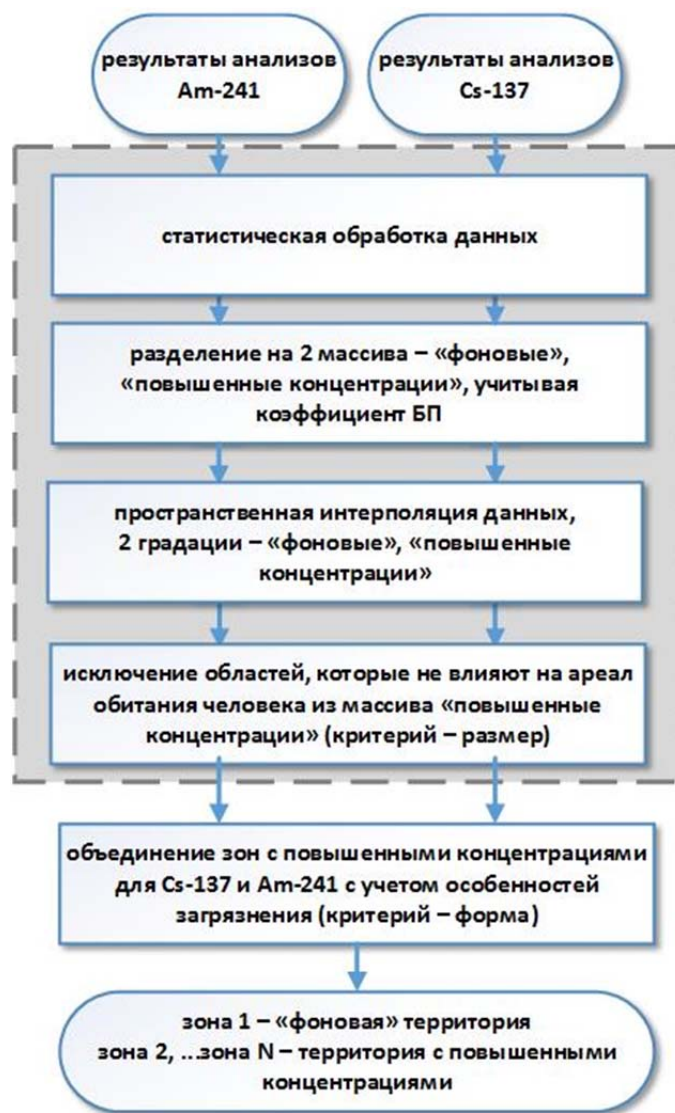


Рис. 4. Схема зонирования территории

На данной схеме определены этапы обработки данных для проведения зонирования. Сначала необходимо параллельно обработать два массива данных по  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$ : статистический анализ исходных данных (массива), полученный в результате анализа проб, затем сравнение средних концентраций радионуклида с критерием «базовых параметров». Следующий этап – это разделение данных на две генеральные совокупности: «фоновые» и «повышенные концентрации». Следующим шагом строятся и обрабатывают изолинии (геостатистика) – построение карт площадного распределения (кригинг) с двумя градациями с учетом пространственных параметров и исключение зон, не попадающих под данные параметры.

И завершающий этап – это объединение зон с общими границами по радионуклидам  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$  с учетом особенностей загрязнения (форма зоны).

В итоге выделенная зона (зоны), удовлетворяющая БП, является условно-фоновой (причем в пространстве это может быть не единая площадь), а остальные зоны (зона) – это зоны с повышенной концентрацией. Происхождение которых необходимо дополнительно выяснять.

Данная методика позволит ввести элементы автоматизации в процесс зонирования территории с помощью ГИС и опробовать это на практике.

**Выводы.** Для проведения радиоэкологической оценки поверхностного загрязнения необходимо произвести зонирование территорий по степени загрязненности, в результате такого зонирования можно объективно оценить степень радиационного воздействия на об-



следованные территории, выявить участки с высоким радиационным фоном и четко определить их границы, представляющие потенциальный риск для населения, проживающего или ведущего хозяйственную деятельность на данных территориях. Наиболее удобный способ для решения этой задачи – геоинформационное картографирование.

Один из важных этапов современных радиоэкологических исследований – обработка и анализ полученных результатов. Большой массив данных, получаемый в результате радиоэкологических исследований и характеризующий распределение радионуклидного загрязнения, необходимо качественно обрабатывать.

Были определены количественные и качественные критерии для зонирования по степени поверхностного загрязнения территорий, подвергшихся техногенному радиационному воздействию.

Анализ и систематизация исторических материалов, результатов аэрогаммасъемок, и частичные площадные наземные исследования, проведенные ранее, позволили выявить общую картину радиационной обстановки на полигоне и определить качественные характеристики.

Количественные критерии основываются на применении базовых параметров, характеризующих «фоновые территории СИП».

Данные критерии позволили применить методы геоинформационного картографирования и автоматизировать ряд процессов в рамках предлагаемой методики зонирования территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона и опробовать это на практике.

Таким образом, нами сделаны шаги для решения основной задачи, стоящей при обследовании мест радиационного загрязнения техногенного характера – поиск очагов загрязнения и фоновых величин содержания радиоактивных элементов и определения границ разрешенного землепользования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Оптимизация исследований территорий Семипалатинского испытательного полигона с целью их передачи в хозяйственный оборот]: монография / под. рук. С.Н. Лукашенко. – Павлодар: Дом печати, 2015. – Вып. 5. – 356 с. – ISBN 978-6017112-99-8.

2. *Истомина Е.А., Черкашин А.К.* Применение математических методов и ГИС-технологий при функциональном зонировании территории // Экология ландшафта и планирование землепользования. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – С. 98–105.

3. *Каширский В.В., Лукашенко С.Н., Яковенко Ю.Ю., Романенко Е.В.* О некоторых характерных параметрах радионуклидного загрязнения бывшего Семипалатинского испытательного полигона. Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2011–2012 гг.]. – Вып. 4. – Т. 2. – Павлодар: Дом печати, 2013. – С. 11–23.

4. *Кобзарь А.И.* Прикладная математическая статистика: для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – С. 205–208.

5. *Лукашенко С.Н.* Комплексная оценка современной радиоэкологической ситуации «северной» части Семипалатинского испытательного полигона: авто-реф. дис. канд. биол. наук 03.01.01 / Лукашенко Сергей Николаевич. – Обнинск, 2014. – 22 с.

6. *Уставич Г.А., Зятькова Л.К., Пошивайло Я.Г., Яковенко Ю.Ю.* Применение геоинформационных технологий при составлении карт-схем для мониторинга и оценки радиационной обстановки на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2014. – № 4/С. – С. 200–206.

7. *Aidarkhanov A.O., Lukashenko S.N., Lyakhova O.N., Subbotin S.B., Yakovenko Yu.Yu.* Mechanisms for surface contamination of soils and bottom sediments in the shagan river zone within former semipalatinsk nuclear test site / Journal of Environmental Radioactivity. – 2013. – Vol. 124. – Pp. 163–170.

**DEVELOPMENT OF TECHNIQUE FOR ZONING  
THE FORMER SEMIPALATINSK TEST SITE TERRITORY USING  
GEOINFORMATIONAL MAPPING**

***Abstract.** The paper presents the results of studies on radio-ecological assessment of pollution carried out at the former Semipalatinsk test site. The technique of radio-ecological zoning with methods of geoinformation mapping, including the determination of qualitative and quantitative criteria depending on the degree of superficial soil layer pollution, exposed to anthropogenic radiative impact, is offered.*

*The result of such zoning makes it possible to evaluate the degree of radiation impact on the surveyed area, identify areas with high background radiation and define the borders representing potential risks to the public, residing or carrying out business activities within the area.*

***Key words:** nuclear test site, zoning, basic contamination parameters, radioecological researches, contamination levels.*

REFERENCES

1. Aktualnyye voprosy radioekologii Kazakhstana. Optimizatsiya issledovaniy territoriy Semipalatinskogo ispytatelnogo poligona s tselyu ikh peredachi v ekonomicheskiy oborot [Topical issues in radioecology of Kazakhstan. Optimization of studies at territories of the Semipalatinsk test site in order to transfer them to economic turnover]: monograph / Under the guidance of S.N. Lukashenko. – Pavlodar: Dom Pechati [Publishing House], 2015. – Issue 5. – 356 p. – ISBN 978-6017112-99-8.

2. Istomina Ye.A., Cherkashin A.K. Primeneniye matematicheskikh metodov i GIS-tekhnologiy pri funktsionalnom zonirovaniy territorii [Application of mathematical techniques and GIS technologies in functional territorial zoning] // Landscape ecology and land use planning. – Novosibirsk: Izdatelstvo SB RANSB – RAS Printing House, 2000. – Pp. 98–105.

3. Kashirsky V.V., Lukashenko S.N., Yakovenko Yu.Yu., Romanenko Ye.V. O nekotorykh kharakternykh parametrah radionuklidnogo zagryazneniya na byvshem Semipalatinskom ispytatelnom poligone [Concerning some characteristic parameters of radionuclide contamination at the former Semipalatinsk test site]. Topical issues in radioecology of Kazakhstan [Proceedings of the Institute of Radiation Safety and Ecology over 2011–2012]. – Issue 4. – Vol. 2. – Pavlodar: Dom Pechati – Publishing House, 2013. – Pp. 11–23.

4. Kobzar A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika: dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov [Applied mathematical statistics: for engineers and scientists] / A.I. Kobzar. – M.: FIZMATLIT, 2006. – Pp. 205–208.

5. Lukashenko S.N. Kompleksnaya otsenka sovremennoy radioekologicheskoy situatsii «severnoy» chasti Semipalatinskogo ispytatelnogo poligona: avtoreferat dissertatsii kand. biol. nauk 03.01.01 [Integrated assessment of the current radioecological situation in the «northern» part of the Semipalatinsk test site: author's abstract of a thesis, Cand. Sc. {Biology} 03.01.01] / Lukashenko Sergey Nikolayevich. – Obninsk, 2014. – 22 p.

---

<sup>1</sup> Brunch «Institute of Radiation Safety and Ecology» of the RSE NNC RK, 071100, Kazakhstan, EKD, Kurchatov city, 2, Krasnoarmeyskaya st, Head of the laboratory for geoinformational technologies, Tel. 8 (72251) 2-58-63; e-mail: Yakovenko\_Yu@nnc.kz.

<sup>2</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Novosibirsk city, 10, Pahotnogo st., candidate of technical sciences, Associate Professor, Chair of Cartography and geoinformatics, tel. (383) 361-06-35; e-mail: yaroslava@ssga.ru.

<sup>3</sup> Head of Laboratory of Topogeodetic Research, Institute of Geophysical Research, 071100, Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Meridian site, tel. (722-51)2-31-46; e-mail: yakovenko@igr.kz.

6. Ustavich G.A., Zyatkova L.K., Poshivailo Ya.G, Yakovenko Yu.Yu. Primeneniye geoinformatsionnykh tekhnologiy pri sostavlenii kart-skhem monitoring i otsenki radiatsionnoy situatsii na Semipalatinskoy ispytatel'noy yadernoy poligone [Application of geoinformation technologies in constructing schematic maps to monitor and estimate the radiation situation at the Semipalatinsk nuclear test site]. News of higher education institutions. Geodesy and aerial photography, 2014. – No. 4/S. – Pp. 200–206.

7. Aidarkhanov A.O., Lukashenko S.N., Lyakhova O.N., Subbotin S.B., Yakovenko Yu.Yu. Mechanisms for surface contamination of soils and bottom sediments in the shagan river zone within former semipalatinsk nuclear test site / Journal of Environmental Radioactivity. – 2013. – Vol. 124. – Pp. 163–170.

---

УДК 581.9

М.Ю. Грищенко<sup>1</sup>, А.Е. Гнеденко<sup>2</sup>, М.В. Бочарников<sup>3</sup>

### СОСТАВЛЕНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОЙ КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТИГИРЕЦКОГО ХРЕБТА (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

**Резюме.** Изучение растительного покрова важно при исследовании геосистем, так как характер и распределение растительности отражает многие составляющие геосистем. В настоящей работе представлен процесс составления карты растительности на центральную часть Тигирецкого хребта по полевым материалам, полученным в июле 2015 года, и спутниковым снимкам. Составлена карта растительности в масштабе 1:50 000, иллюстрирующая пространственное распределение растительного покрова рассматриваемой территории; выявлены основные закономерности пространственной структуры растительного покрова.

**Ключевые слова:** картографирование растительности, географическое дешифрирование, Западный Алтай.

**Введение.** Картографирование растительности является неизменным элементом изучения геосистем. Растительность – индикатор многих параметров среды, так как характер её произрастания и видовой состав обусловлены целым рядом факторов. Одним из важнейших методов изучения растительности является картографический метод, позволяющий отражать на картах пространственные закономерности организации растительного покрова. Актуальность настоящей работы определяется малоизученностью растительного покрова центральной части Тигирецкого хребта, несмотря на его разнообразие, обусловленное наличием большого количества экологических ниш (из-за гористости территории) и пограничным расположением территории на стыке природно-биогеографических областей: Заволжско-Казахстанской, Урало-Сибирской и Алтай-Саянской, откуда происходит занос видов [Огуреева, 1980].

Картографируемая территория расположена в низкогорьях и среднегорьях Тигирецкого хребта в южной части Алтайского края; частично охватывает территорию Тигирецкого заповедника (рис 1). Господствующий горный рельеф территории определяет климатические особенности и закономерности вертикальной поясности основных типов почв и растительности. Характер атмосферных процессов определяется открытостью территории к Северному Ледовитому океану, районам Средней Азии и Казахстана, что обуславливает проникновение на неё как холодных арктических масс, так и теплых тропических [Гвоздецкий и др., 1978].

---

<sup>1</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет; e-mail: m.gri@geogr.msu.ru.

<sup>2</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет; e-mail: gnedenko.a.e@mail.ru.

<sup>3</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет; e-mail: maxim-msu-bg@mail.ru.