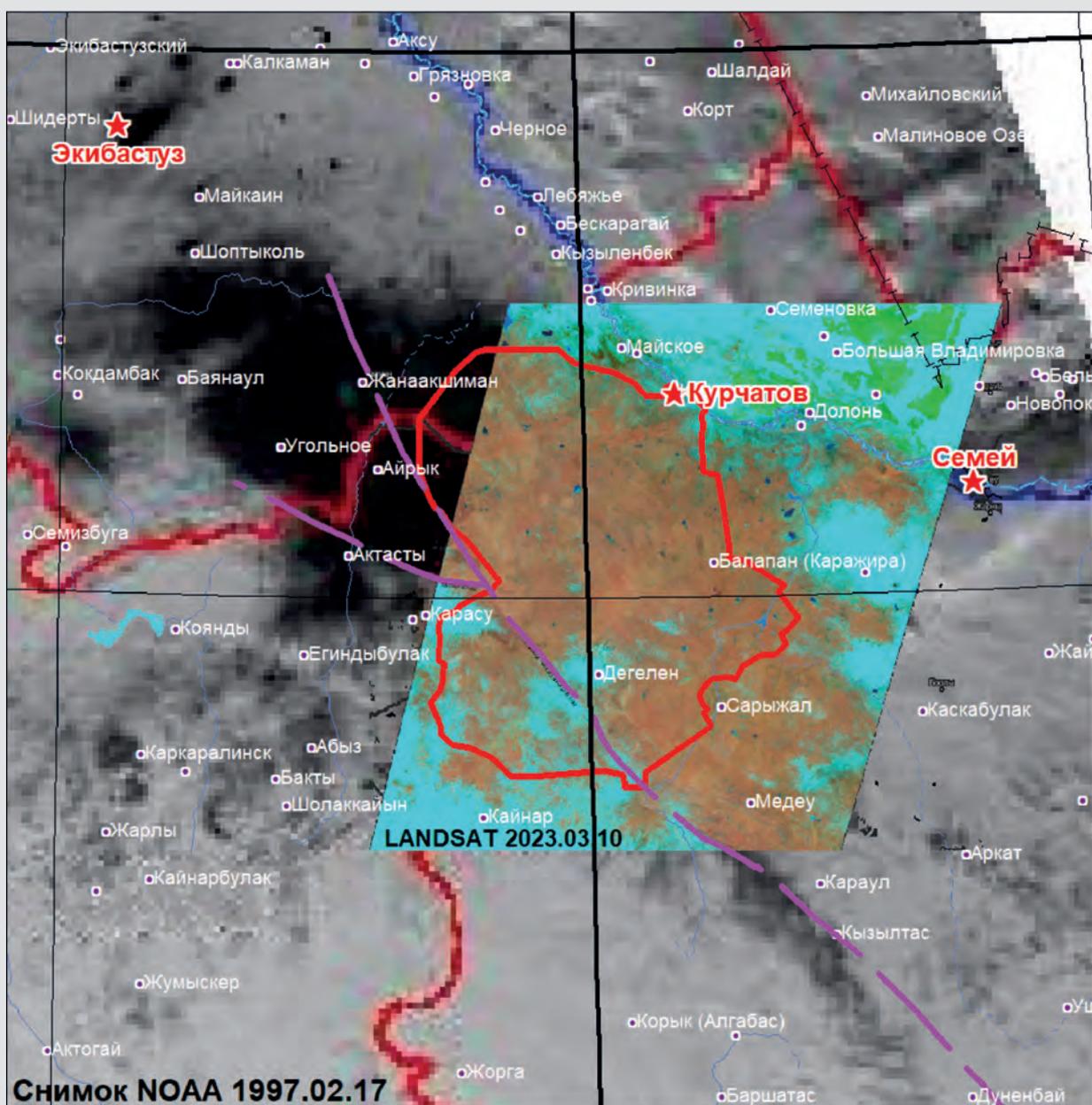


# ТЕПЛОВАЯ АНОМАЛИЯ В РАЙОНЕ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА И ЕЁ ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА (на основе изучения спутниковых изображений)



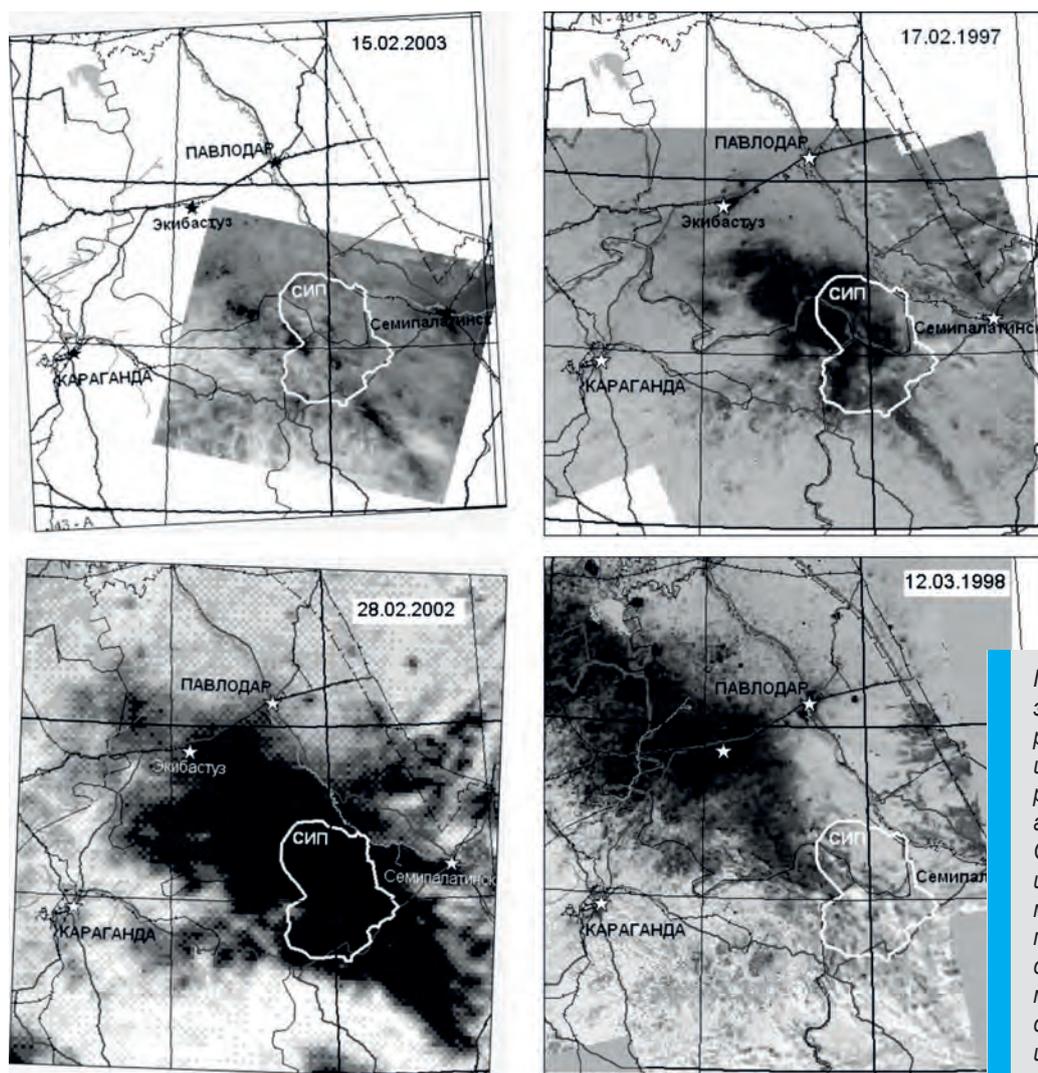
Более 25 лет прошло с тех пор, как научная общественность Казахстана и стран СНГ начала изучение тепловой аномалии, зафиксированной по космическим снимкам в районе Семипалатинского испытательного полигона. Эта аномалия появляется ежегодно в зимний период и имеет форму дракона, вытянутого в северо-западном направлении. Она занимает площадь более 20 тыс. кв. км с превышающей фон температурой на некоторых участках более чем на 10 °С. До сих пор нет единого мнения о природе этого уникального природного явления. Попытки изучить это пространственное явление температурными исследованиями на земной поверхности преимущественно в летний период не дали желаемых результатов. В местах производства подземных ядерных взрывов над штольнями гранитного массива Дегелен и в скважинах площадки Балапан температурные аномалии носили локальный характер и объяснялись долгоживущим дыханием горячих полостей. В данной статье на основе изучения спутниковых изображений, природно-климатических условий и различных геолого-геофизических материалов, включая и архивные данные, приведены факты, позволяющие дать объяснение гибридной и гетерогенной природе тепловой аномалии в районе СИП.

### Факты, определяющие газообразную сущность и радиоактивную природу тепловой аномалии

При изучении спутниковых изображений района СИП по данным съёмок метеорологическими спутниками NOAA, Terra/MODIS и многоспектральным спутником LANDSAT в течение 8 лет была установлена последовательная картина изменения тепловой аномалии по мере её возникновения, роста и рассеивания. Это обстоятельство позволило говорить о *газообразной сущности* тепловой аномалии, прикрывающей земную поверхность.

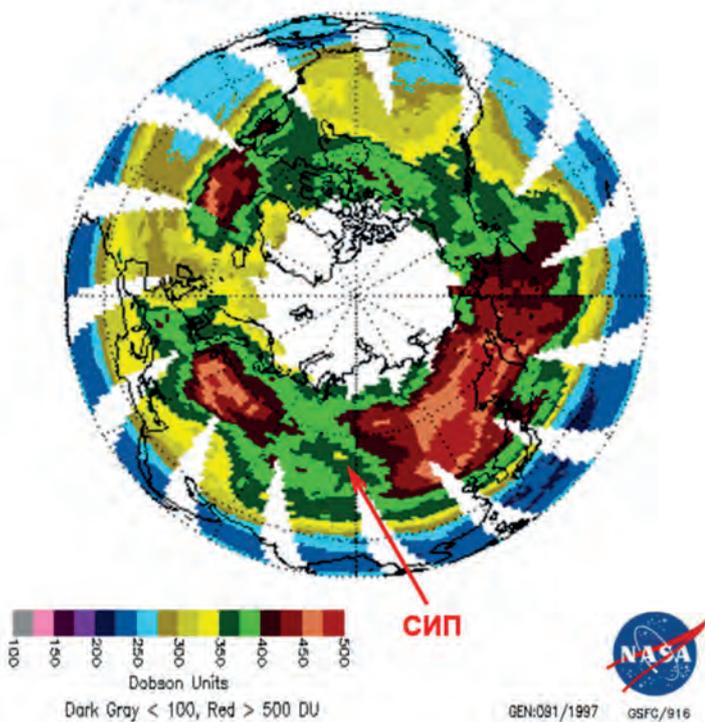
Конфигурация тепловой аномалии по мере ее роста и развития динамично меняется. Наблюдается значительное расширение аномалии. В зависимости от метеорологических условий иногда наблюдается её разделение ветровыми потоками на полосы, рассеивание в различных направлениях или общий снос в одном направлении, как правило, северо-западном, в сторону России, которое является преобладающим для атмосферных потоков в зимний период.

Обобщая данные дистанционного космозондирования, атмосферных явлений и природно-климатических условий, можно прийти к выводу, что региональная *газообразная те-*

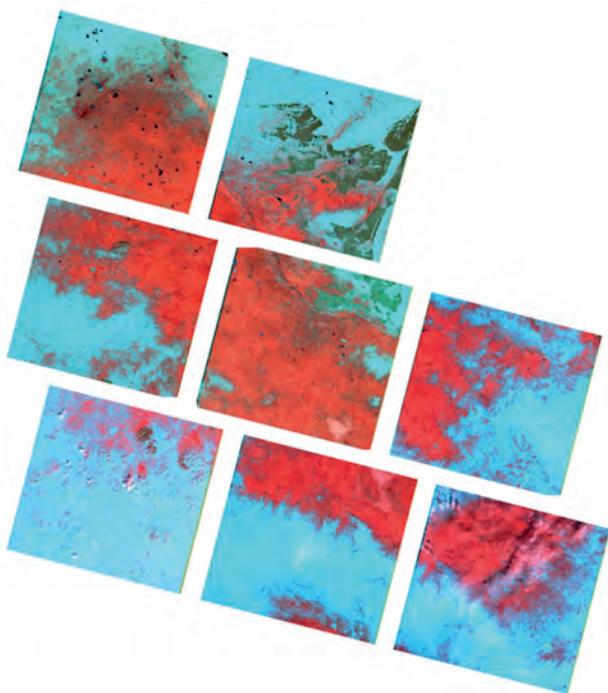


Последовательные этапы зарождения, роста и рассеивания или смещения региональной тепловой аномалии в районе СИП (участки тёмного цвета), которые можно наблюдать по космическим снимкам разных лет метеорологических спутников NOAA и Terra/MODIS

**EP/TOMS Total Ozone for Feb 17, 1997**



*Карта глобального распределения озона в северном полушарии на 17 февраля 1997 года*



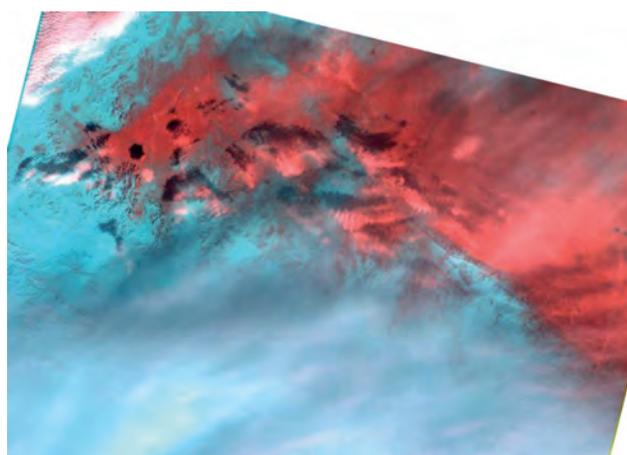
*Полный охват газообразной тепловой аномалии снимками LANDSAT в RGB-комбинации спектральных каналов 5, 4, 3 за период с 8.02.2002 по 9.03.2002 г. Размер одной сцены снимка 170×180 км. Размеры всей тепловой аномалии с учётом перекрытий в снимках достигают 500×300 км от карьеров Экибастуза на юго-восток до пос. Караул и чуть далее.*

*пловая аномалия* в районе СИП появляется в зимний период (с ноября по март) на фоне охлаждённой заснеженной земной поверхности в дни интенсивного выпадения осадков и возможного таяния снежного покрова. Их появление сопровождается локальным понижением концентрации озона в атмосфере над районом СИП.

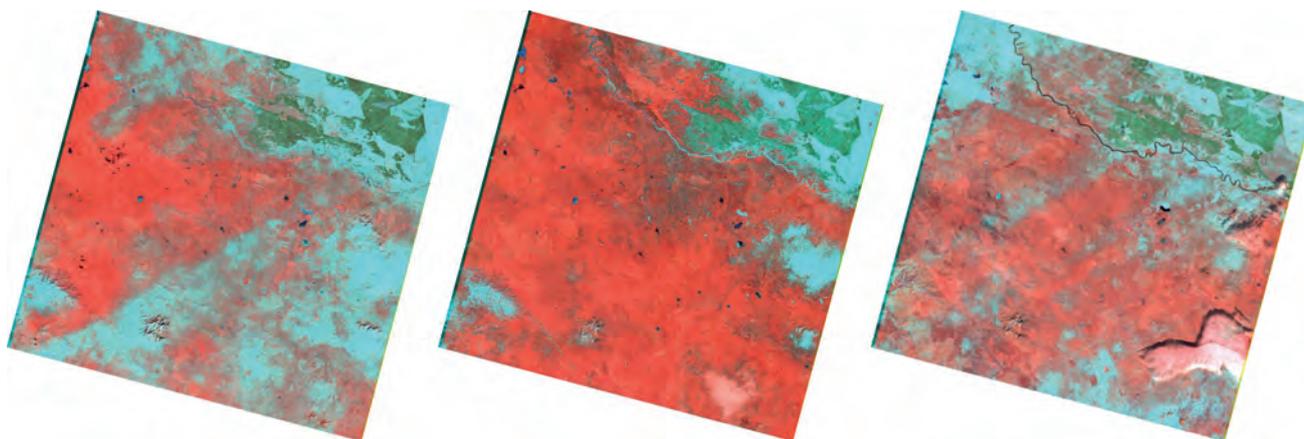
По архивным метеорологическим данным, представленным в публикации сотрудников Института космических исследований Казахстана, появление тепловой аномалии в районе СИП наблюдалось и до открытия полигона. Но после проведения многочисленных ядерных взрывов, особенно наземных и воздушных, создавших на поверхности земли протяжённые юго-восточный и южный радиоактивные следы, интенсивность тепловой аномалии значительно увеличилась. В период максимального развития аномалии перепады температуры в эпицентрах от фоновых достигают по данным Института космических исследований Республики Казахстан 10–12 градусов, а размеры по космическим снимкам охватывают площадь до 500×300 км.

На снимках LANDSAT можно наблюдать полосовой снос и рассеивание скоплений тепловых газов ветровым потоком. При этом под местом сноса и рассеивания тепловых газов снова просматривается снежный покров. Региональная тепловая аномалия в районе СИП может наблюдаться и поздней осенью, когда на земную поверхность ложится устойчивый снежный покров. Осенью она часто растаскивается ветровыми потоками и рассеивается полосами на разных высотных уровнях в различных направлениях.

По мере расширения и рассеивания в атмосфере плотность тепловых газов понижается, их отдельные скопления объединяются, и они поднимаются на высоту от 500 м до 4 и более км. Снизу могут наблюдаться небольшие кучевые облака с близкой тенью от них на поверхности земли, а сверху могут распространяться слоисто-перистые и перистые облака.



*Расположение тепловых газов в атмосферной толще между кучевыми и перистыми облаками. Снимок LANDSAT за 12.02.2002 в RGB-комбинации спектральных каналов 5, 4, 3 в юго-западной части газообразной тепловой аномалии*



LANDSAT за 27.01.2002

LANDSAT за 28.02.2002

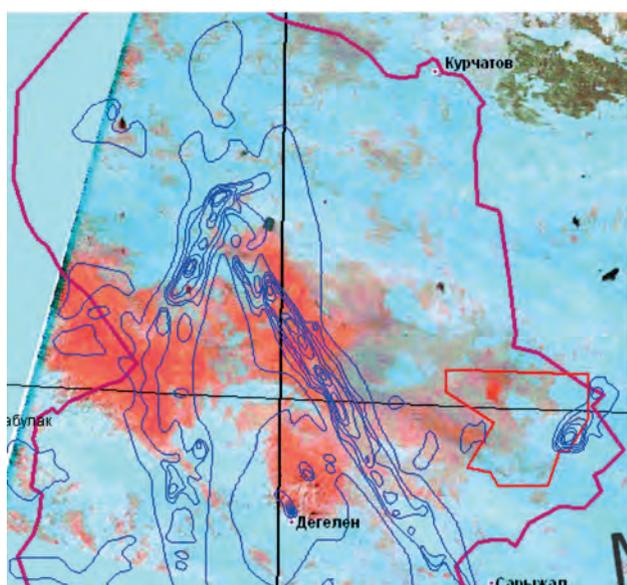
LANDSAT за 11.11.2002

Примеры частичного полосового сноса и рассеивания скоплений газов (красный цвет) ветровыми потоками в центральной части тепловой аномалии в районе СИП, а также их восстановления и дальнейшего роста

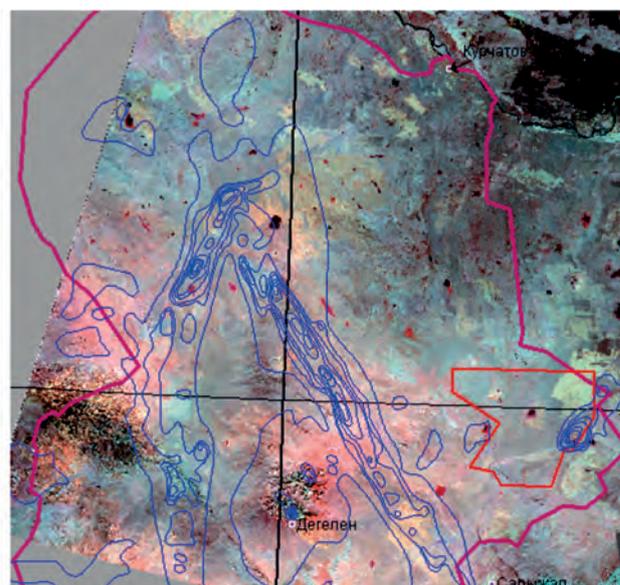
Локальные разобщённые температурные максимумы зарождающейся и расширяющейся тепловой аномалии расположены как на территории полигона, так и за его пределами. Они сохраняются также в период наибольшего развития тепловой аномалии и имеют неизменную локальную приуроченность к определённым участкам земной поверхности. Такими участками являются как природные геологические образования с высокими содержаниями естественных радиоактивных элементов (урана, тория, калия), так и участки земной поверхности с высокой плотностью техногенного загрязнения радиоактивными элементами, связанного с проведенными ядерными взрывами.

В пределах СИП участки с высоким содержанием техногенных радионуклидов отмечаются ореолами  $^{137}\text{Cs}$ . С этими же участками совпадают локальные участки зарождения тепловых газов в начальный период развития и источники излучения тепла на земной поверхности в дни максимального развития газообразной тепловой аномалии.

В период максимального развития региональной тепловой аномалии при увеличении теплового снимка LANDSAT со спектральными каналами 6, 7, 5 на участке Балапан у реки Чаган хорошо виден локальный источник излучения тепла в виде теплового ореола вокруг атомного озера, находящийся внутри интенсивного ореола радиоактивного загрязнения по

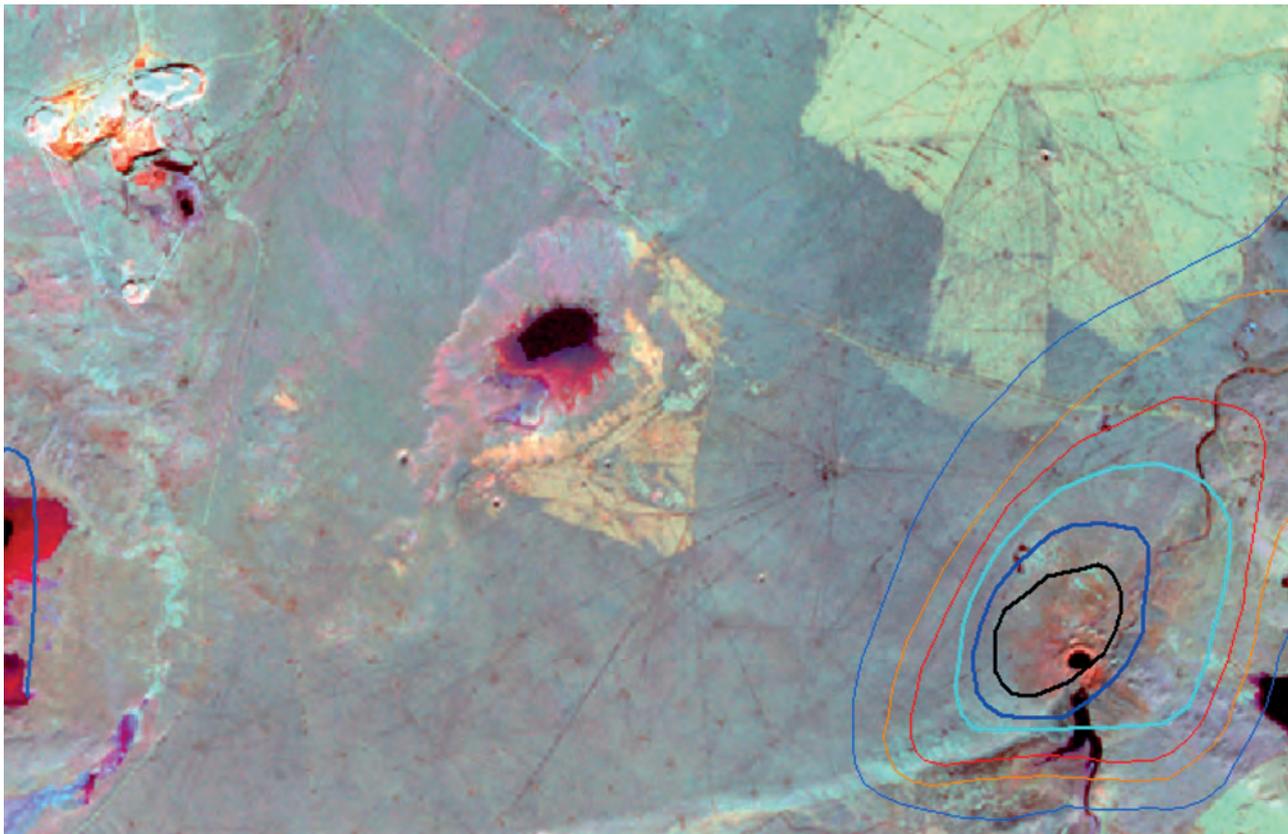


LANDSAT 15.02.2003 (спектральные каналы 5, 4, 3)



LANDSAT 28.02.2002 (спектральные каналы 6, 7, 5)

Совпадение локальных участков зарождения тепловых газов (красный цвет на левом снимке) и источников излучения тепла на земной поверхности (красновато-розоватый цвет на правом тепловом снимке) в период максимального развития газообразной тепловой аномалии



Тепловой снимок LANDSAT за 28.02.2002 в RGB-комбинации инфракрасных каналов 6, 7, 5

Локальные источники излучения тепла (красный цвет) на земной поверхности вокруг атомного озера внутри ореола  $^{137}\text{Cs}$  (цветные изолинии) и в районе угольного карьера Каражыра в период максимального развития газообразной тепловой аномалии. Розовым цветом отметились влажные незамерзающие солончаки.

$^{137}\text{Cs}$ . В угольном карьере Каражыра также наблюдаются локальные источники тепла, связанные с дегазацией угольных пластов.

Участки природных геологических образований с высокими содержаниями естественных радиоактивных элементов U, Th, K в районе СИП представляют собой чаще горы с коренными выходами эффузивных пород среднекислого состава повышенной щёлочности, реже речные долины с аллювиальным сносом обломков тех же коренных пород (палеозойские туфы трахилипаритового и трахиандезитового состава с телами субвулканических интрузий трахилипаритового и сиенитового состава). Содержание урана (по радию) в них превышает  $10\text{--}15 \times 10^{-4} \%$ , тория –  $20\text{--}40 \times 10^{-4} \%$  (больше фоновых в 5–10 и более раз). Кроме этого, в них наблюдаются повышенные содержания ниобия, бериллия, иттрия, молибдена и свинца. Наиболее интенсивное проявление высоких содержаний естественных радиоактивных элементов в геологических образованиях, совпадающее с участками зарождения тепловых газов, наблюдается в восточной части гор Кызылтау вблизи села Новый Жосалы, в сближенных горах Дос и Иргиз вблизи села Айнабулак (свх. Абай), в горах Абрайлы вблизи села Кайнар, в восточной части гор Дегелен и в северо-восточной части хребта Канчингиз вблизи села

Караул. Исследователям-экологам, изучающим последствия ядерных взрывов и воздействие их на животный и растительный мир в районе СИП, следует учитывать при своих исследованиях присутствие на данной территории естественных природных высокорadioактивных геологических образований (пород с высокими содержаниями природного урана, тория, калия), особенно вблизи населённых пунктов Кайнар, Караул, Айнабулак.

#### Источники и возможные процессы образования тепловых газов в районе СИП

Одним из источников появления тепловых газов в районе СИП могут быть глубинная дегазация по тектоническим разломам, связанная с сейсмической активизацией и поступлением газообразных флюидов, или дегазация довольно широко распространённых углистых пород, особенно при радиолитическом воздействии на них радиоактивных продуктов ядерных взрывов, как в приповерхностных условиях, так и в подземных скважинах.

Локальная приуроченность эпицентров зарождающейся и расширяющейся тепловой аномалии к участкам природных геологических образований с высокими содержаниями естественных радиоактивных элементов (урана, тория, калия), а

Возможные процессы и состав газов, образующих региональную тепловую аномалию в районе СИП

№ п/п	Возможный состав газов	Глубинная дегазация		Радиолиз в увлажненном приповерхностном слое с естественными или техногенными радионуклидами	«Тлеющие» реакции деления ядер радионуклидов при радиолизе
		по тектоническим разломам	углистых пород		
1.	Водород H <sub>2</sub>	++		++	
2.	Гелий He	+			
3.	Метан CH <sub>4</sub>	++	++	++	
4.	Перекись водорода H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>			+	
5.	Сероводород H <sub>2</sub> S	+	+		
6.	Углекислый газ CO <sub>2</sub>	+	++	+	
7.	Двуокись азота NO <sub>2</sub>			+++	
8.	Озон O <sub>3</sub>			++	
9.	Четыреххлористый углерод CCl <sub>4</sub>			+	
10.	Хлорфторуглероды (Фреоны)			+	
11.	Гексафторид урана <sup>235</sup> UF <sub>6</sub>			+	
12.	Фториды плутония <sup>239</sup> PuF <sub>3</sub> , PuF <sub>4</sub> , PuBeF <sub>4</sub>			+	
13.	Криптон <sup>85</sup> Kr				+
14.	Йод <sup>131</sup> I				+
15.	Ксенон <sup>133</sup> Xe				+
16.	Радон <sup>222</sup> Rn, <sup>220</sup> Rn	+			

также к участкам земной поверхности с высокой плотностью техногенного загрязнения радионуклидами (кобальт, стронций, цезий, европий, уран, плутоний и др.) определяет следующие возможные процессы образования тепловых газов в дни интенсивного выпадения осадков и возможного таяния снежного покрова:

- радиолиз в сильно увлажнённых приповерхностном и почвенном слоях на участках с высокими содержаниями естественных и техногенных радиоактивных элементов (радионуклидов);
- «тлеющие» реакции деления ядер естественных и техногенных радиоактивных элементов в увлажнённом приповерхностном или почвенном слое при радиолизе, который способствует образованию необходимого количества тепловых нейтронов.

Эти два взаимосвязанных процесса образования тепловых газов являются основными для выхода тепловой энергии и подъёма температуры вмещающей среды более, чем на 10 °С. «Тлеющие» реакции деления ядер естественных и техногенных радиоактивных элементов в основном и предопределяют **гибридную природу** региональной тепловой аномалии в районе СИП, а с учетом процессов глубинной дегазации по тектоническим разломам и дегазацией углистых пород определяется её **гетерогенная природа**.

С учётом перечисленных выше источников образования тепловых газов составлена обобщающая таблица возможных процессов и состава газов, образующих региональную

тепловую аномалию в районе СИП. Здесь крестиками отмечено присутствие газов в том или ином процессе, а количество крестиков – преобладающую роль того или иного газа в данном процессе.

В 1999 году было выполнено повторное радиационное обследование 10 мониторинговых площадок в пределах СИП, включающее полевую радиометрию и гамма-спектрометрию, отбор проб почвы. Получены данные по распределению радионуклидов в пределах исследованных площадок и по глубине почвенных разрезов (до 20 см). Проведено сравнение полученных данных с результатами исследований, проведенных в 1994 году. *Анализ результатов радиологических исследований свидетельствует, в целом, об уменьшении радионуклидной загрязненности этих мониторинговых площадок.* Результаты расчетов показали, что динамика этого процесса не может быть объяснена только естественным радиоактивным распадом [Артемьев О.И., Стрильчук Ю.Г. и др. Современная радиационная обстановка на Семипалатинском испытательном полигоне].

Необходимо ещё раз провести радиационное обследование, чтобы подтвердить процессы протекания тлеющих реакций деления ядер техногенных радионуклидов и спрогнозировать процесс чистки радионуклидного загрязнения территории СИП самой природой.

Александр Великанов,  
ведущий геолог ИГИ РГП НЯЦ РК