

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НА СУРГУЛЬСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Жоллыбеков Мурат Бахтиярович – соискатель

Тлеумуратова Бибигул Сарыбаевна – доктор физико-математических наук, профессор

Уразымбетова Эльзура Пулатовна – доктор философии по техническим наукам, старший научный сотрудник
elzurau@gmail.com

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук

СУРГИЛ ТАБИЙИЙ ГАЗ КЕНИДА ТУПРОҚ ИФЛОСЛАНИШИНИНГ КОМПЛЕКС БАҲОСИ

Жоллыбеков Мурат Бахтиярович – тадқиқотчи

Тлеумуратова Бибигул Сарыбаевна – физика-математика фанлари доктори, профессор

Уразимбетова Эльзура Пулатовна – техника фанлари бўйича фалсафа доктори, катта илмий ходим
Қорақалпоғистон Табиий фанлар илмий-тадқиқот институти

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SOIL CONSTAMINATION AT THE SURGIL NATURAL GAS FIELD

Jollibekov Murat Baxtiyarovich – applicant

Tleumuratova Bibigul Sarybayevna – Doctor of Physical and Mathematical sciences, professor

Urazimbetova Elzura Pulatovna – Doctor of Philosophy in Technical Sciences, senior researcher
Karakalpak Scientific Research Institute Of Natural Sciences

Таянч сўзлар: тупроқнинг техноген ифлосланиши, Сургил газ кени, оғир металллар, экологик хавф, ГАТ таҳлили.

Резюме. Мақолада Сургил газ кени тупроқларининг техноген ифлосланишини локал ва транслокал мониторинг, градиент индикатсия усули, ГАТ технологиялари ва экологик хавф индексларини қўллаган ҳолда ўрганиш натижалари кўриб чиқилган. Тупроқлар умуман олганда кучсиз ифлосланганлиги аниқланди, аммо селен, кўрғошин ва миснинг ўртача ва кучли тўпланиши аниқланди. Экологик хавф асосан паст, 2022-йилга келиб *PI* индекси жуда юқорига кўтарилган кадмий бундан мустасно.

Ключевые слова: техногенное загрязнение почв, газовое месторождение Сургиль, тяжёлые металлы, экологический риск, ГИС-анализ.

Резюме. В статье рассмотрены результаты исследования техногенного загрязнения почв газового месторождения Сургиль с применением локального и транслокального мониторинга, метода градиентной индикации, ГИС-технологий и индексов экологического риска. Установлено, что почвы в целом слабо загрязнены, однако выявлено умеренное и сильное накопление селена, свинца и меди. Экологический риск в основном низкий, за исключением кадмия, индекс *RI* которого возрос до очень высокого к 2022 году.

Key words: technogenic contamination of soils, Surgil gas field, heavy metals, environmental risk, GIS analysis.

Summary. The article examines the results of research on the technogenic pollution of the Surgil gas field soils using local and translocal monitoring, the gradient indication method, GIS technologies, and environmental risk indices. It has been established that the soils are generally slightly polluted, but moderate and strong accumulation of selenium, lead, and copper has been identified. The environmental risk is mostly low, except for cadmium, whose *RI* index increased to very high by 2022.

Введение. Во всем мире освоение нефтегазовых месторождений связано с сильнейшей нагрузкой на окружающую среду. Происходит загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, разрушение почвенного и растительного покровов. Миграция загрязняющих веществ в составе пыли в воздухе и в качестве почвенного фильтрата обуславливает распространение поллютантов на значительные расстояния от их источников. Биоаккумуляция загрязняющих веществ в организме населения в зоне влияния нефтегазовых месторождений приводит к различным заболеваниям.

Многочисленность исследований в мировой научной литературе по техногенному загрязнению окружающей среды газодобывающей промышленностью свидетельствует об актуальности природоохранных исследований, направленных на мониторинг и разработку мер по ослаблению техногенных воздействий [1, 2, 3, 4, 5]. Особое внимание в этих исследованиях уделяется загрязнению почв тяжелыми металлами, представляющими наибольшую опасность для здоровья. Различия в

географических условиях обуславливают большой разброс в оценках воздействий объектов газодобывающей промышленности на природную среду, что требует применения регионального подхода в исследованиях.

В Узбекистане ряд проблем охраны окружающей среды пополнился с открытием месторождений природного газа Западный Арал и Сургиль, что чревато дополнительным к Аральскому кризису техногенным стрессом для экосистемы осушенного дна моря. Необходимо отметить, что проведенный организациями, связанными с разработкой этих месторождений, мониторинг не обладает регулярностью и детализацией, необходимыми для полноценного исследования экологической безопасности.

Вышесказанное определяет актуальность данного исследования с региональным подходом, направленного не только на изучение сиюминутной экологической ситуации в районе ГМС, но и на выявление тенденций и закономерностей пространственного распределения техногенного

загрязнения. Востребованность результатов работы определяется прямым соответствием задачам, поставленным в ряде правительственных документов: Положении «О государственной экологической экспертизе», утвержденном Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан № 949 от 22 ноября 2018 года.

Область исследования. Месторождение «Сургиль», представленное буровыми скважинами №№59, 42, 54, 5 и 3, а также установкой комплексной переработки газа (УКПГ) расположено на юго-западной части обсохшего дна Аральского моря (рис.1) и занимает площадь 6 га.

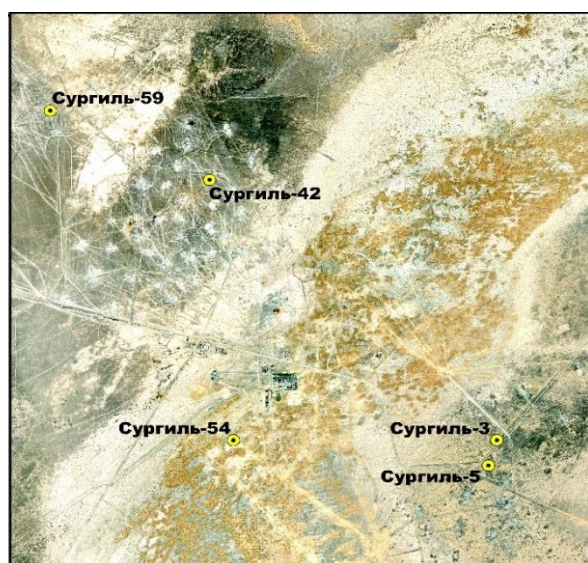
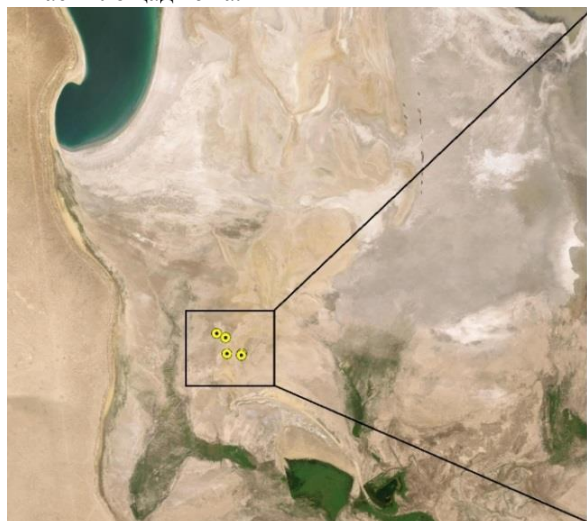


Рис.1. Газовое месторождение Сургиль и исследуемые буровые скважины.

Буровые скважины, как элементы промышленного объекта Газовое месторождение Сургиль (ГМС), представляют собой буровые вышки и амбары сточных вод со средними размерами 70×80м (рис.2). Дно и боковые склоны амбаров сточных вод покрыты водонепроницаемыми пленками, которые все же не исключают полностью инфильтрации в соседние почвенные слои. Кроме того, при длительном испарении сточных вод из амбаров загрязняющие вещества могут подвергаться выветриванию, и тем самым обуславливают транслокальное загрязнение почв и грунтов.



Рис. 2. Буровая вышка и амбар сточных вод.

Наибольшие риски транслокального загрязнения представляет скважина Сургиль-54, расположенная на самом гребне вала Архангельского. Загрязнение почв этого локала усугубляется соседством УКПГ (рис.3). Выбросы установок комплексной переработки газа обогащены SO_2 (46,0-60,8 %) и CO (24,4-32,6 %), образующимися при сжигании природного газа в факелах.

Отметим некоторые особенности области исследования. Прежде всего это уникальность разработки газовых месторождений на свежесушенном дне моря в совокупности с наличием доиндустриального загрязнения почв антропогенными наносами речных вод.

Любые исследования в геосистеме Арала и его осушенного дна должны учитывать динамичность всех процессов, происходящих на этой территории. Степень подверженности почв загрязнению как известно, существенно зависит от состава почвогрунтов. Отличием области исследования данной работы является постоянно меняющаяся засоленность почвогрунтов осушенного дна Арала (ОДА), которая влияет на физико-химические процессы в почвах.

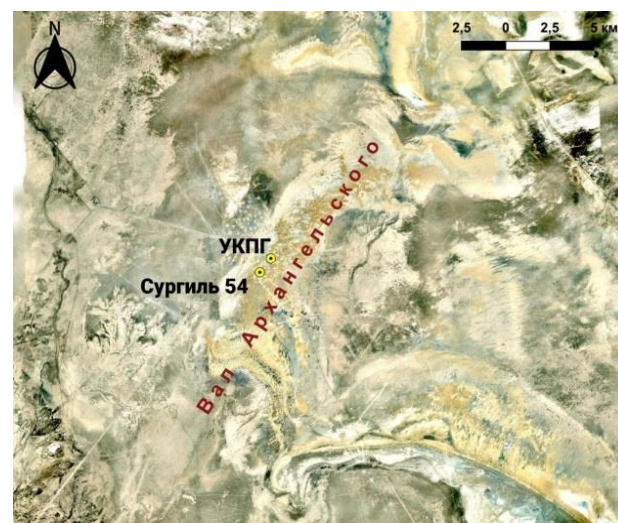


Рис.3. Расположение скважины Сургиль-54 и УКПГ на вале Архангельского.

Самоочищение почв – позитивная часть динамики загрязнения, как показано во многих работах [6], происходит благодаря наличию поверхностных водотоков и растительного покрова. Особенностью

месторождения Сургиль является отсутствие поверхностных водотоков и скудость растительного покрова, что определяет минимальность процессов самоочищения почв.

Необходимо учесть также особенности и закономерности других процессов, прямо или косвенно влияющие на техногенное загрязнение почв при разработке месторождения природного газа Сургиль. Прежде всего, конечно, это пространственная динамика состава почвогрунтов, зависящая от динамики усыхания Аральского моря, динамики фитоценозов, климата, а также ветрового выноса частиц почвогрунтов.

Ветровой перенос почвенного материала на ОДА, а вместе с ним и техногенных загрязняющих веществ, имеет тенденцию к увеличению, что усиливает риски расширения территории техногенного воздействия на окружающую среду.

Такие климатические изменения в геосистеме Арала и его осушенного дна как повышение температуры воздуха и снижение его влажности способствуют росту рисков техногенного загрязнения при разработке газовых месторождений на осушенном дне. Специфика сухого и жаркого климата (годовое количество осадков 250 мм, испаряемость до 1000 мм), нейтральная и щелочная реакция почв ($pH=7-10$), карбонатность и обогащенность почв сульфатами и хлоридами (120 мг/экв, солончаковые почвы) способствуют накоплению загрязняющих веществ, особенно в понижениях рельефа.

Методы и данные. Методологическая схема исследования основана на подходе, разработанном академиком В.Н.Сукачёвым, в рамках которого изучение природных систем осуществляется через последовательный переход от общего уровня анализа к более детальному, что позволяет поэтапно уточнять характеристики исследуемого объекта [7].

На начальном этапе выполнена локальная оценка физико-химического состояния почвогрунтов и подземных вод на территории газового месторождения Сургиль. Пробоотбор проводился в зонах, прилегающих к буровым скважинам №№ 3, 5, 42, 54 и 59, на расстояниях 5 и 10 м, в поверхностном почвенном горизонте (0–20 см), а также на глубине 1 м.

Следующий этап исследований был направлен на анализ пространственной изменчивости физико-химических показателей почвогрунтов. Применение транслокального мониторинга обусловлено способностью химических элементов и их соединений распространяться за пределы источников воздействия в результате геохимических процессов, включая горизонтальную инфильтрацию, сорбционные взаимодействия и эоловый перенос. В рамках данного этапа выполнено выделение зон воздействия УКПГ и отдельной эксплуатационной скважины Сургиль-54. Исследования почвогрунтов осуществлялись на удалении 100, 500 и 1000 м от источников воздействия по различным направлениям (рис. 4).

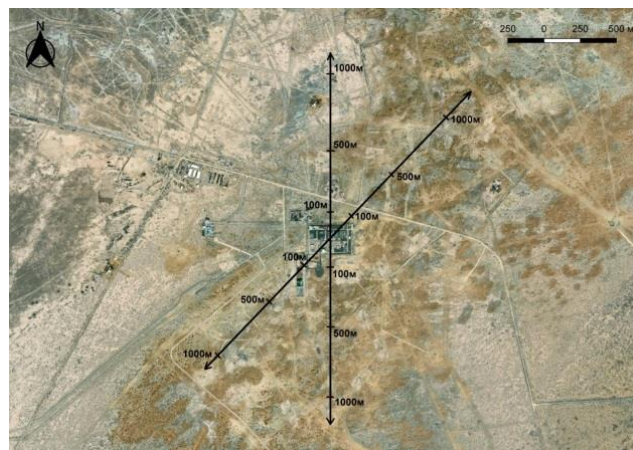


Рис.4. Схема маршрутов транслокального мониторинга.

Выбор именно этой скважины для более детального обследования обусловлен тем, что она находится вблизи от УКПГ и расположена на гребне вала Архангельского и тем самым имеет наибольшую зону влияния ввиду лучших условий горизонтальной миграции загрязняющих веществ, как почвенной так и воздушной.

На завершающем, третьем иерархическом уровне исследования анализ сосредоточен исключительно на тяжёлых металлах, рассматриваемых как приоритетные загрязняющие компоненты газодобывающих объектов. В рамках данного этапа выполняется количественная оценка пространственно-временной динамики их распределения в почвогрунтах и атмосферном воздухе.

Поскольку основная часть техногенного загрязнения приходится на непродолжительную (1-2 года) стадию бурения скважин в технологии разработки газовых месторождений, мониторинговые работы 1-го и 2-го уровня, выполненные М.Б.Жоллыбековым относятся к 2011г., когда происходило бурение начальных скважин. Выбор этого периода обусловлен тем, что именно в начальной стадии разработки газовых месторождений наиболее четко выявляется техногенное загрязнение. В дальнейшем определение влияния на окружающую среду новых скважин затрудняется наложением их зон влияния на уже существующие поля загрязнений.

На третьем уровне иерархии исследования в 2022г. дополнительно проведён транслокальный мониторинг загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами УКПГ и скважиной Сургиль-54 по тем же маршрутам (рис.4) с целью выявления временной динамики этого процесса.

В данной работе для определения техногенного загрязнения почв наряду с качественными методами, описанными выше, применены количественные методы в сочетании с ГИС-технологиями и информационными технологиями [8].

К количественным методам относятся разработанный авторами метод градиентной индикации степени загрязнения [8], основанный на анализе пространственной динамики, оценка суммарной концентрации поллютантов, сравнительный статистический анализ техногенного загрязнения почв в разные годы, оценка экологического риска.

Градиентная индикация степени загрязнения конкретным ингредиентом базируется на анализе пространственной динамики его концентрации и сводится к вычислению среднего градиента G относительной величины $P = C(x_i)/\Phi$ отражающей степень превышения фоновой концентрации при удалении от источника воздействия:

$$G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i - C_{i-1}}{\Phi} \quad (1)$$

где Φ – темпорально-фоновое значение поллютанта, $C(x_i)$ – концентрация поллютанта, измеренная в-й точке отбора проб. Нумерация точек увеличивается по мере удаления от источника загрязнения.

Кроме того, применение метода градиентной индикации позволяет количественно определить радиус загрязнения почв R_d , характеризующий пространственную зону воздействия промышленного объекта при условии отрицательного значения градиента ($G < 0$). Для этого по совокупности значений отношений $C(x_i)/\Phi$ аппроксимируется линейная зависимость $f(x)$, после чего определяется точка X_k , соответствующая пересечению трендовой линии с нулевым уровнем, то есть условию $F(X_k) = 0$ и очевидно:

$$R_d = \max\{X_k\} \quad (2)$$

Методология оценки экологического риска (ERA) служит для определения потенциальных экологических рисков, связанных с содержанием металлов в почве [9], и рассчитываемых с помощью уравнения:

$$E_r^i = T_r^i \times (C_i/C_0) \quad (3)$$

где C_i – обозначает концентрацию соответствующего металла в анализируемом образце, а C_0 – го фоновое содержание [10]. Параметр T_r^i характеризует коэффициент токсического отклика соответствующего металла. Значения коэффициентов токсического ответа (TRF) для Cu (5), Cr (2), Pb (5), Zn (1), Ni (5) и As (10) заимствованы из опубликованных источников [9, 11, 12]. Показатель потенциального экологического риска (RI) определяется согласно уравнению:

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i \quad (4)$$

На основании расчетов индивидуальных значений E_r и интегрального показателя RI классификация потенциального экологического риска выполняется следующим образом: значения $E_r < 40$ и $RI < 150$ соответствуют низкому уровню риска; при $40 \leq E_r < 80$ и $150 \leq RI < 300$ риск считается умеренным; диапазон $80 \leq E_r < 160$ и $300 \leq RI < 600$ характеризует значительный риск; при $160 \leq E_r < 320$ и $RI \geq 600$ наблюдается высокий уровень риска, а $E_r \geq 320$ соответствует крайне высокому экологическому риску.

Для оценки степени техногенного загрязнения местности ГМС в качестве темпорально-фоновых физико-химических показателей использовались данные, полученные в ходе обследования почв северо-восточной части плато Устюрт в 2006г. [13].

Результаты. Базовыми данными являются результаты полевого мониторинга, выполненного М.Б.Жоллыбековым в ходе ряда экспедиций в периоде 2011-2022гг. Выполнено 240 определений загрязняющих веществ в составе почв по 20 наименованиям загрязняющих веществ, входящих в

следующие группы поллютантов: тяжелые металлы, ядохимикаты, минеральные соли.

Аналитические работы выполнены в государственной специализированной инспекции аналитического контроля (СИАК) Госкомприроды Республики Каракалпакстан (Жоллыбеков М.) и государственной специализированной инспекции аналитического контроля (АНИДИ) Госкомприроды Республики Узбекистан (Миррахимов М.М.).

Ввиду большого объема полученных данных приведем для сведения о степени детализации лишь результаты локального мониторинга по минеральным солям и физическим показателям (табл.1) и транслокального мониторинга содержания тяжелых металлов (табл.2) с указанием точек с максимальными (красный цвет) и минимальными (зеленый цвет) значениями ингредиентов.

Таблица 1. Минеральные соли и физические показатели.

Место отбора проб	Глубина, СС	pH	Электропроводность	Сульфаты (SO ₄)	Сульфид (S)	Нитриты (NO ₂)	Нитраты (NO ₃)	Хлориды (CL)
УКПГ	0-20	6,8	0,57	275	0,007	0,026	7	3,0
	100	6,0	0,60	270	0,006	0,02	7	3,0
Сургиль-3 (5м)	0-20	5,0	0,53	150	0,003	0,019	5	2,0
	100	5,0	0,86	150	0,013	0,023	7	4,0
Сургиль-3 (10м)	0-20	5,0	0,46	150	0,003	0,211	6	4,0
	100	5,0	0,60	150	0,004	0,22	7	3,5
Сургиль-5 (5м)	0-20	5,0	0,58	150	0,003	0,023	6	4,0
	100	5,0	0,98	150	0,004	0,023	6	3,5
Сургиль-5 (10м)	0-20	5,0	4,0	190	0,003	0,016	6	5,3
	100	5,0	1,83	450	0,003	0,020	6	5,0
Сургиль-42 (5м)	0-20	5,0	5,21	1000	0,004	0,016	6	13,0
	100	5,0	2,27	575	0,003	0,026	7	3,5
Сургиль-42 (10м)	0-20	5,0	5,20	8,0	0,004	0,011	7	12,0
	100	6,0	2,20	6,5	0,004	0,016	7	7,5
Сургиль-59 (5м)	0-20	5,0	8,26	1400	0,002	0,033	7	27,5
	100	6,0	1,72	275	0,004	0,033	8	6,0
Сургиль-59 (10м)	0-20	5,0	6,19	825	0,01	0,006	7	9,0
	100	6,0	5,16	1150	0,002	0,029	7	11,0
Сургиль-54 (5м)	0-20	5,0	1,50	200	0,002	0,08	7	4,0
	100	6,2	1,58	200	0,005	0,099	7	2,8

Сильно варьируют по скважинам ГМС электропроводность, концентрации сульфатов и хлоридов, что объясняется локализацией буровых: в низинах кумуляция солей выше, чем на возвышенностях, кроме того приморская пустынно-песчаная и солончаковая такыровидная почва засолены на порядок меньше, чем солончаки.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в почве в окрестностях Сургиль-54 и УКПГ

Направление ветра	Место отбора проб	Pb		Cd		Ni		Zn		Cu	
		ПДК-32,0		ПДК-2,0		ПДК-85,0		ПДК-100,0		ПДК-3,0	
		2011	2022	2011	2022	2011	2022	2011	2022	2011	2022
С	100 м	11,4	9,5	0,5	0,6	2,6	5,9	14,4	9,0	3,2	3,3
	500 м	10,1	16,2	0,4	0,4	2,2	8,5	14,8	10,1	2,6	3,0
	1000 м	8,8	18,1	0,4	0,6	1,7	7,0	11,5	61,2	3,0	4,0
СВ	100 м	26,7	8,3	1,0	1,2	3,0	23,4	18,2	98,0	3,6	3,5
	500 м	22,3	8,5	0,8	0,6	1,7	5,4	32,6	9,6	3,0	7,0
	1000 м	14,1	16,4	0,8	1,2	2,7	23,0	14,8	88,6	3,0	1,5
Ю	100 м	5,8	20,4	0,3	1,2	4,5	19,5	19,2	58,2	3,0	2,5
	500 м	11,2	0,6	0,5	7,1	4,2	9,8	20,2	0,1	3,0	3,3
	1000 м	7,5	9,0	0,5	0,6	3,2	5,6	33,5	18,4	3,6	2,0
ЮЗ	100 м	10,6	1,2	0,6	1,2	3,0	13,1	17,2	18,5	2,2	3,5
	500 м	12,1	9,6	0,7	0,7	3,3	6,2	22,3	10,8	2,6	5,3
	1000 м	17,1	9,9	0,8	1,1	3,6	6,0	36,1	7,8	2,6	0,7

Таблица отражает сложную пространственную динамику содержания тяжелых металлов в почвах окрестности скважины Сургиль-54 и УКПГ, объясняемую в основном неровностями микрорельефа. Временная динамика в целом положительна, за счет загрязнения почв новыми скважинами, пробуренными после 2011г. Исключением является отрицательная динамика свинца, возможно из-за того, что этот самый тяжелый металл обладает большей способностью инфильтрации вглубь.

В данной работе принята следующая классификация техногенного загрязнения в долях ПДК: 0-0,01 – нет загрязнения; 0,01-0,5 – слабое загрязнение; 0,5-1 – умеренное загрязнение; больше 1 – сильное загрязнение.

По результатам локального мониторинга установлено, что почвы и грунты вблизи буровых скважин в среднем по территории ГМС техногенно почти не загрязнены цианидами, биогенными элементами, слабо загрязнены минеральными солями, микроэлементами никеля, хрома, умеренно загрязнены мышьяком, микроэлементами кадмия и цинка. От умеренного до сильного загрязнения доходит содержание в почво-грунтах селена и свинца. Почво-грунты сильно загрязнены микроэлементами меди.

Результаты расчетов на основе данных транслокального мониторинга по методу градиентной

индексации изложены в табл.3. В направлениях север и северо-восток преобладает отрицательный градиент загрязнения, свидетельствующий об уменьшении концентрации вещества с расстоянием от источника. Это обусловлено неотрицательным градиентом изогипс в данных направлениях (повышения рельефа земной поверхности).

В направлениях юга и юго-запада наоборот, преобладает положительный градиент загрязнения, обусловленный понижением рельефа в направлении от источника. Выявленная закономерность имеет простое объяснение по законам физики почв: зависимости миграции вещества в поверхностных слоях почв от градиента изогипс. Также закономерность распределения загрязняющих веществ от источника может быть объяснена и ветровым режимом в данном регионе. Преобладающие ветры северной половины румба обуславливают наибольший вынос загрязняющих веществ к югу от источника. Исключением являются тяжелые металлы, которые в силу своей значительной плотности менее подвержены горизонтальной миграции и кумулируются вблизи источника.

Таблица 3. Средний градиент G и радиус действия R (км) техногенного загрязнения по группам загрязнителей

Загрязнители		С	СВ	Ю	ЮЗ
Минеральные соли	G	0,03	-0,09	0,01	-0,03
	R	3,7	6,4	9,8	3,9
Тяжелые металлы	G	-0,64	-0,49	-0,36	-0,22
	R	15,2	12,9	3,2	5,2
Ядовитые вещества	G	0,15	0,21	0,63	1,18
	R	3,2	6,8	20,8	5,2

Пространственное распределение загрязняющих веществ от источника в почвах зависит от таких факторов как орография местности, механический состав почво-грунтов, реактивность вещества (взаимодействия с другими компонентами), доиндустриальное загрязнение, ремедиация почв. Эти факторы создают значительные шумы при определении пространственной картины техногенного загрязнения и проявляются в разбросанности эмпирических данных. Метод градиентной индексации позволяет подавлять в некоторой степени эти шумы и получать обобщенную оценку пространственного распределения загрязняющих веществ от источника. При интерпретации результатов расчетов следует иметь в виду неоднородность рельефа и кумуляцию загрязняющих веществ даже в незначительных микропонижениях.

Поскольку наибольшее техногенное загрязнение на ГМС приходится на микроэлементы тяжелых металлов, в данной статье приводятся результаты графического отображения пространственно-временной динамики распределения самого токсичного и канцерогенного свинца (рис.5).

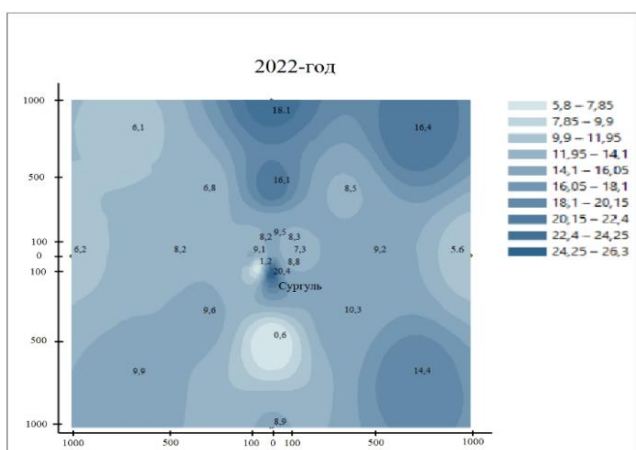
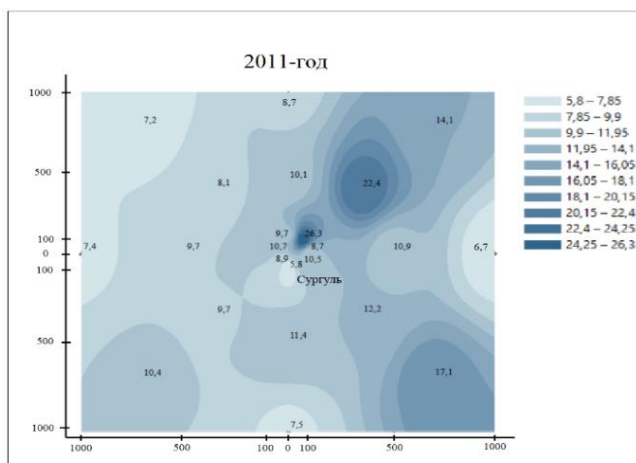


Рис. 5. Пространственно-временная динамика загрязнения элементами свинца почв в окрестностях Сургуль-54 и УКПГ в 2011 и 2022гг..

Неоднородность рельефа территории приводит к формированию локальных максимумов концентраций M_i в понижениях местности и локальных минимумов N_i на участках повышенного рельефа (рис.5).

При предположении об инвариантности средних пространственных и временных градиентов загрязнения для всех исследуемых в данной работе буровых скважин ГИС-технологиями получена общая картина загрязнённости территории ГМС тяжелыми металлами, например свинцом (рис.6).

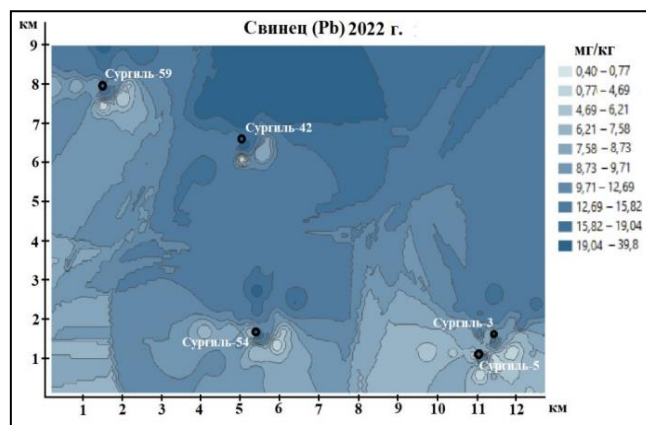
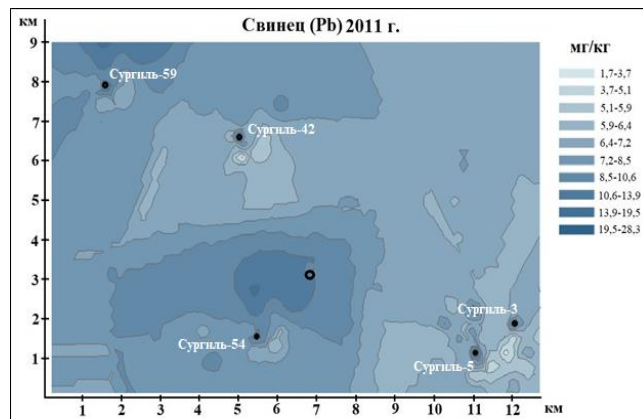


Рис.6. Пространственно-временная динамика загрязнения свинцом территории ГМС

Влияние техногенного загрязнения на окружающую среду оценивается в частности индексом экологического риска, вычисляемого по формулам (3) и (4). На гистограмме (рис.7) приведены значения RI для тяжелых металлов.

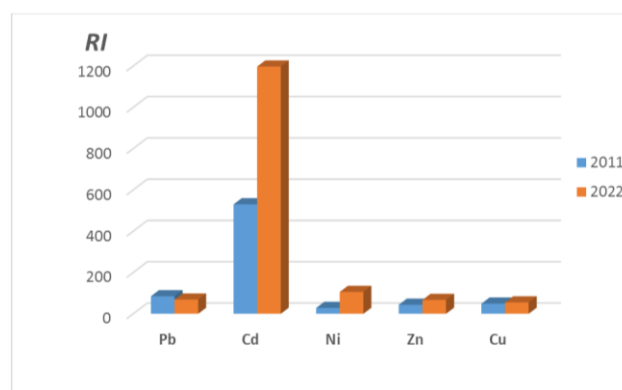


Рис.7. Динамика экологического риска тяжелых металлов в 2011г. и 2022г.

Из гистограммы видно, что все металлы на ГМС кроме кадмия представляют низкий экологический риск. RI кадмия возрастает от значительного в 2011г. до очень высокого в 2022г. Для всех микроэлементов тяжелых металлов экологический риск прогрессирует со временем, что объясняется увеличением числа буровых скважин на ГМС.

Закключение. На основе проведенного исследования сделаны следующие выводы.

1. Процесс техногенного загрязнения почвогрунтов тяжелых металлов и подземных вод можно представить, как перенос веществ из глубинных пластов в поверхностные слои, их миграцию от источника горизонтальной и вертикальной инфильтрацией, а также золотым переносом в атмосфере.

2. Выявлено сильное влияние неоднородности орографии осушенного дна Аральского моря на пространственное распределение техногенного загрязнения, обуславливающего в полях концентрации загрязняющих веществ наличие локальных максимумов вследствие накопления в низинах и локальных минимумов на возвышениях рельефа.

3. Установлено с применением разработанного метода градиентной индикации степени загрязнения окружающей среды промышленными объектами, что

зона влияния ГМС без учета ветрового переноса ограничена 15-20 км от каждой буровой скважины.

4. Установлено, что почвы и грунты вблизи буровых скважин в среднем по территории ГМС техногенно почти не загрязнены цианидами, биогенными элементами, слабо загрязнены минеральными солями, микроэлементами никеля, хрома, умеренно загрязнены мышьяком, микроэлементами кадмия и цинка. От

умеренного до сильного загрязнения доходит содержание селена и свинца. Почво-грунты сильно загрязнены микроэлементами меди.

5. Содержание микроэлементов тяжелых металлов в почво-грунтах на ГМС представляют низкий экологический риск для окружающей среды, кроме кадмия, индекс *RI* которого возрастает от значительного в 2011г. до очень высокого в 2022г.

Литература

1. Опекунов А.Ю. и др. Оценка загрязнения почв отходами буровых работ на территории ЯНАО. // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. 2015. – С. 443-448.
2. Опекунова М. Г. и др. Использование методов биоиндикации и биотестирования в оценке экологического состояния территории газоконденсатных месторождений севера Западной Сибири. // Вестник. Санкт-Петербургский университет. Науки о Земле. 2018. – Т. 63. № 3. – С. 326-344.
3. Башкин В.Н. и др. Риск загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы. // Проблемы анализа риска. 2019. Т. 16. № 1. – С. 42-49.
4. Bogdanov N.A. Heavy metals in soils as indicator of sanitary state of territories: monitoring of the south of Astrakhan region. //Journal of Health and Environmental Research. 4 (4). 2018. – P. 119-129.
5. Тарасова С.С., Гаевая Е.В. Исследования токсичности буровых шламов и возможности их утилизации. // Проблемы региональной экологии. 2021. №. 3. – С. 75-79.
6. Tangahu B. V. et al. A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation. // International journal of chemical engineering. 2011. Т. 2011. №. 1.
7. Сукачев В.Н., Дылис Н.В. Основы лесной биогеоценологии. – Москва: «Наука», 1964.
8. Жоллыбеков М.Б., Тлеумуратова Б.С., Уразымбетова Э.П. Методология оценки техногенного загрязнения окружающей среды на нефтегазовых месторождениях. // Вестник ККО АН РУ. 2026. №1. – С.54-63.
9. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. // Water research. 1980. Т. 14. № 8. – С. 975-1001.
10. Loska K., Wiechula D., Korus I. Metal contamination of farming soils affected by industry. // Environment international. 2004. Т. 30. № 2. – С. 159-165.
11. Gope M. et al. Tracing source, distribution and health risk of potentially harmful elements (PHEs) in street dust of Durgapur, India. // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018. Т. 154. – С. 280-293.
12. Jiang Y. et al. Source apportionment and health risk assessment of potentially toxic elements in soil from mining areas in northwestern China. //Environmental Geochemistry and Health. 2022. Т. 44. № 5. – С. 1551-1566.
13. Отчёт «Ведомственный мониторинг за состоянием окружающей природной среды при осуществлений нефтегазовых операций на Кунградском участке». – Ташкент: 2006.