

УДК 550.84.092 (470.41)

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*Р.Х. Сунгатуллин, М.И. Хазиев*

### Аннотация

Съемка по потокам рассеяния масштаба 1 : 200 000 показала перспективность получения геохимической информации для решения разнообразных геологических и экологических задач. Выявлены аномалии Hg, Sb, Cu, P, Mn, Sr и других элементов, которые являются геохимическими поисковыми признаками обнаружения месторождений углеводородов и твердых полезных ископаемых. Методами математической статистики выделены «природные», «техногенные» и «природно-техногенные» ассоциации элементов. Использование методики компьютерного моделирования позволяет создавать интегральные модели, учитывающие сложные взаимосвязи между химической и другими средами геологического пространства.

### Введение

Во второй половине прошлого века на 85% площади территории Республики Татарстан (РТ) проведено литогеохимическое опробование донных отложений. При этом плотность отбора геохимических проб в основном отвечала масштабам 1 : 500 000 – 1 : 1 000 000 и мельче, а подавляющее количество работ носило опытно-методический или рекогносцировочный немасштабный характер. Поэтому по их результатам сложно говорить об эффективности изучения потоков рассеяния химических элементов для решения геологических и экологических задач в условиях сплошного развития осадочных отложений большой мощности на востоке Восточно-Европейской платформы. Кроме того, достоверность проведенных геохимических исследований не соответствовала современным требованиям. Например, достоверно изученные площади по потокам рассеяния составляли всего около 10% территории РТ, а 30% территории РТ требовало проведения повторного опробования. Для остальной территории РТ вообще нельзя было дать оценки достоверности проведенных работ. Учитывая данные факты, геохимическая съемка по потокам рассеяния с рациональной сетью опробования, общим комплексом анализируемых элементов, единой лабораторной базой являлась необходимым условием получения качественной геохимической информации на площади РТ, пригодной для использования в геологических, поисковых и экологических целях. В 2001–2003 гг. по заданию Министерства экологии и природных ресурсов РТ сотрудниками геологического предприятия «Татарстангеология» проводилась геохимическая съемка по потокам рассеяния масштаба 1 : 200 000 для создания геохимической основы для средне- и крупномасштабных геолого-съемочных работ и геоэколо-

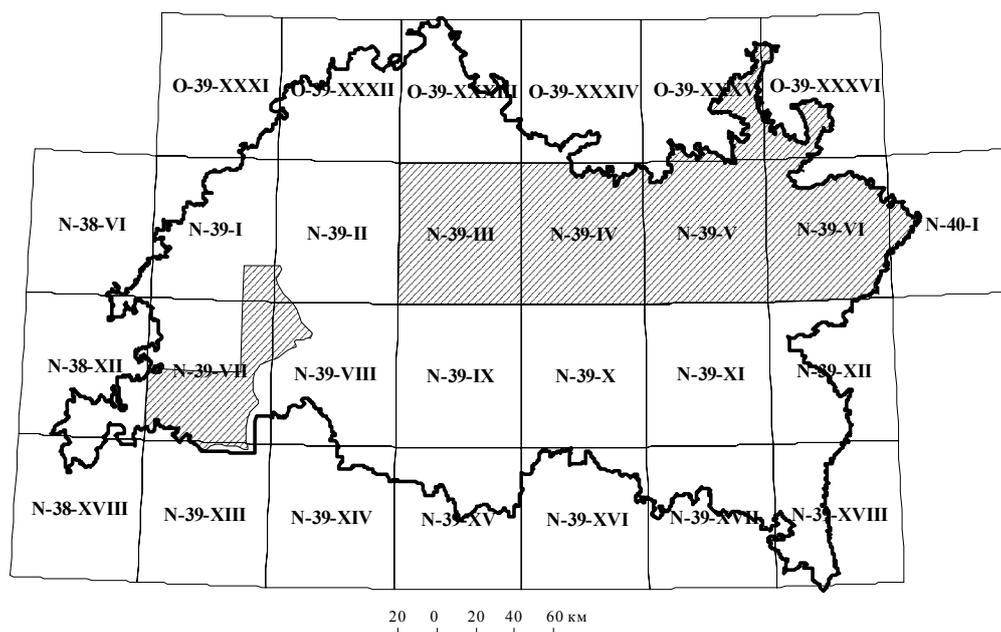


Рис. 1. Площадь проведения геохимической съемки

гических исследований. Геохимическими исследованиями решались две основные задачи: 1) выявление по геохимическим аномалиям участков, перспективных на полезные ископаемые (поисковая задача); 2) применение геохимических данных для геоэкологических исследований (экологическая задача). В связи с сокращением финансирования геохимическая съемка проведена на площади 22 620 км<sup>2</sup> (одна третья часть территории РТ), включающей полностью или частично 12 топографических листов масштаба 1 : 200 000 (рис. 1).

### Методика работ

Работы выполнялись согласно существующим инструкциям, методическим рекомендациям и требованиям к геохимическим исследованиям [1–6]. Методика работ включала подготовительный, полевой, лабораторный и камеральный периоды.

*Подготовительный период* заключался в выполнении следующих видов работ: сбор, изучение, обобщение материалов по геологическому строению и геохимической изученности РТ; составление комплекта предварительных карт (геологической, районирования по условиям проведения работ, функционального зонирования, расположения пунктов отбора проб и др.); сопоставление различных лабораторных методик; выбор оптимального комплекса определяемых элементов и аналитических исследований. Учитывая цели геохимической съемки, в донных отложениях изучалось поведение 47 химических элементов: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, Hg, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pt, Rb, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Th, Ti, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr. Комплекс аналитических методов включал приближенно-количественный атомно-эмиссионный спектральный; атомно-эмиссионный в индук-

ционнo-связанной плазме; атомно-абсорбционный; рентгено-спектральный флуоресцентный; спектрозолотометрический. В качестве аналитического центра была выбрана лаборатория ФГУП ЦНИИГеолнеруд Министерства природных ресурсов Российской Федерации (г. Казань).

*Полевой период.* Основная цель данного периода состояла в отборе геохимических проб из донных отложений в поймах водотоков. Литогеохимическое опробование по потокам рассеяния направлено на решение двух главных задач: прогнозно-поисковой и экологической. Основным условием проведения геохимической съемки по потокам рассеяния являлось по возможности равномерное распределение точек опробования. Из опробования исключены транзитные реки: Волга, Кама, Вятка, Белая. Опробовались все водотоки протяженностью более 3 км; шаг опробования составлял 1000 м (рис. 2, а). Реки с шириной русла более 20 м опробовались по обеим сторонам русла. Опробование прекращалось, не доходя 3 км до водораздела. Средняя плотность отбора проб составила 1 пункт на 3 км<sup>2</sup> (0.32 пробы/км<sup>2</sup>). При длине ручья менее 3 км отбиралась одна проба в его приустьевой части за пределами влияния долины основного водотока. Для оценки степени влияния техногенных объектов на природную среду в зоне пересечения водотоком селитебных и промышленных объектов шаг опробования сгущался до 500 м (рис. 2, б). При этом в каждом пункте отбирались две рядовые пробы для проведения приближенно-количественного спектрального и спектрозолотометрического анализов. Одна проба отбиралась для решения экологической задачи из донного наилка водотока и представляла собой преимущественно илистую фракцию (менее 0.1 мм). Вторая проба решала поисковую задачу и формировалась из аллювиальных и пролювиальных отложений водотока. Глубина ее отбора составляла 0.2–0.4 м, а материал пробы представлен песчаной (песчано-глинистой) фракцией с размером зерен менее 1.0 мм. При опробовании исключалось попадание в отбираемую пробу органического материала, который мог исказить результаты анализов. Пробы отбирались как сборные из 3–5 точек. Первоначальный вес каждой из проб составлял 200 г. Затем пробы просушивались и просеивались через сито диаметром 1 мм. Вес просеянной пробы составлял не менее 100 г, что отвечает необходимым требованиям к навеске для проведения всех видов анализов, а также сохранения дубликата пробы. Кроме того, проводился отбор специальных проб для рентгенофлуоресцентного анализа на макрохимические компоненты, атомно-абсорбционного анализа на мышьяк и спектрометрического анализа с индукционно-связанной плазмой. Специальные пробы отбирались в каждой десятой точке рядового литогеохимического опробования с учетом природной и техногенной ситуации (рис. 2).

*Лабораторный период* включал проведение по стандартным методикам обработки и анализы геохимических проб. Все рядовые пробы подверглись эмиссионному приближенно-количественному спектральному анализу методом просыпки на спектрографе ДФС-458. Дополнительно в этих пробах анализировалось содержание золота и ртути. Атомно-абсорбционный анализ на ртуть выполнялся на спектрометрах КВАНТ-АФА и ААС-1N. Спектрозолотометрический анализ проводился на спектрографе ДФС-458 со специальной подготовкой проб. В специальных пробах определялось содержание мышьяка атомно-

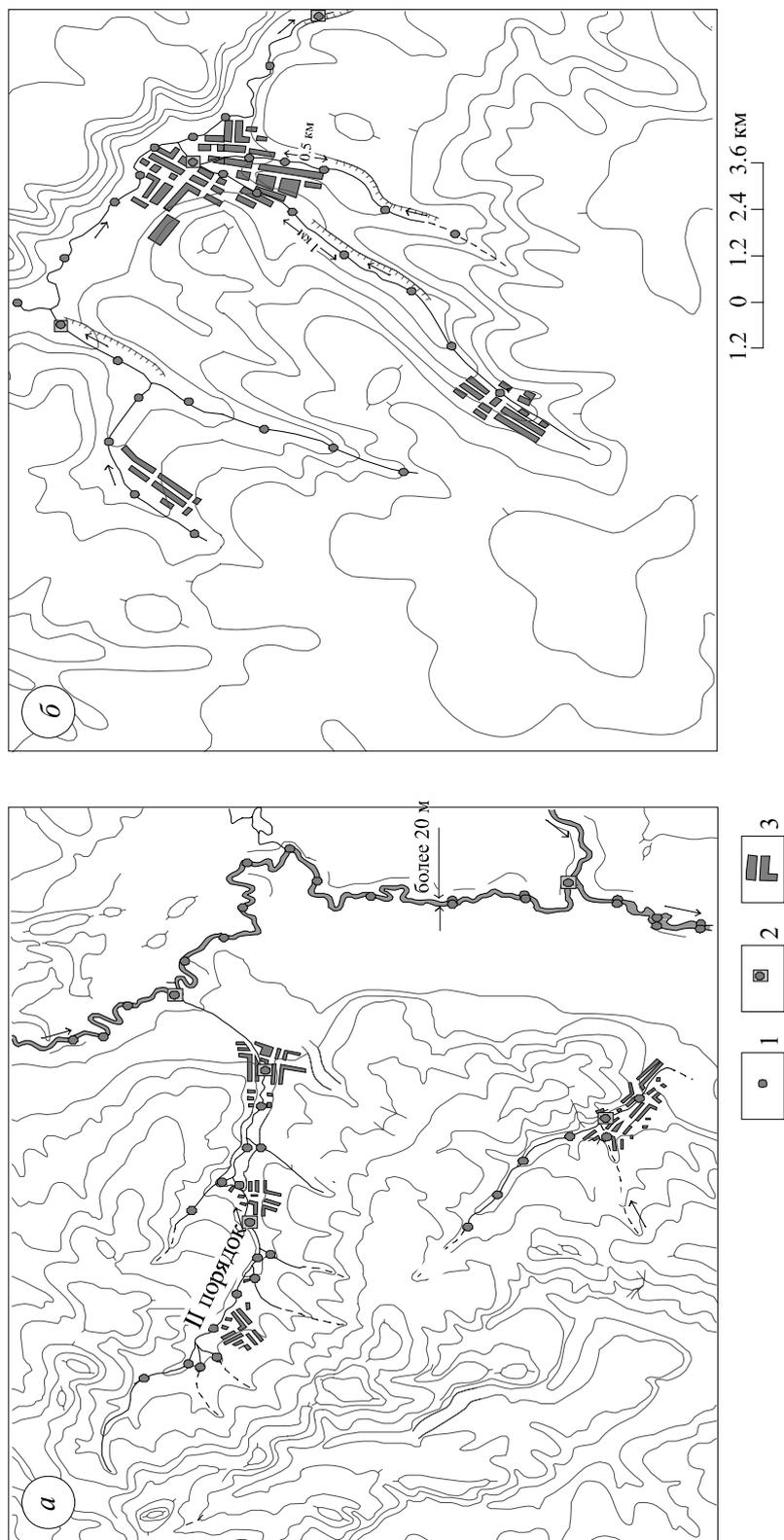


Рис. 2. Схема опробования природных (*а*) и селитбно-промышленных (*б*) ландшафтов: 1–2 – точки опробования (1 – рядового, 2 – специального); 3 – селитбные и промышленные объекты

абсорбционным методом на спектрометрах КВАНТ-АФА и ААС-1N. Дополнительно в специальных пробах проводились опытно-методические исследования по определению 60–65 элементов спектрометрическим методом с индукционно-связанной плазмой. Пределы обнаружения элементов данным методом превосходят традиционные спектральные анализы в 10–1000 раз. Результаты подобных исследований могут использоваться при обнаружении следовых содержаний «экологических элементов». Спектрометрический анализ методом с индукционно-связанной плазмой проводился на спектрометре OPTIMA-2000 с использованием разбавленных элементарных растворов. Рентгено-спектральный флуоресцентный анализ предусматривался для определения в специальных пробах химических макрокомпонентов: Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Si, Ti. Данный вид анализа проводился впервые для территории РТ и предназначался для получения наиболее полной геохимической информации о донных осадках с возможностью ее использования в геолого-экологических моделях. Анализ проводился на рентгено-флуоресцентном спектрометре VRA-30 и квантометре СРМ-25М. Отдельные элементы анализировались с помощью спектрофотометра СФ-46 и фотоколориметра КФК-2МП.

*Камеральный период* включал систематизацию, обработку анализов с использованием геохимических результатов в моделировании геологического пространства. Методика системного моделирования разработана одним из авторов [7–9]. Камеральная обработка материалов состояла из следующих операций: 1) систематизация полевых материалов; 2) создание баз данных и компьютерная обработка геохимической информации; 3) уточнение и дополнение предварительных карт; 4) составление моно- и полиэлементных геохимических карт-полей для разных фракций; 5) выделение среди геохимических полей фоновых, переходных и аномальных областей; 6) совместный анализ геохимических и других карт; 7) определение генезиса выявленных геохимических аномалий с дифференциацией их на природные, техногенные, смешанные и неопределенного происхождения; 8) выделение площадей детализационно-заверочных работ; 9) составление цифровых интегральных моделей.

Все карты и цифровые модели создавались с помощью программы MapInfo. Компьютерная обработка результатов анализов геохимических проб проводилась с использованием специальных программных продуктов (Statistika, Surfer, Excel и др.). Для многоцелевой интерпретации результатов геохимических анализов, наряду с применением аппарата математической статистики, сегодня необходимо использовать цифровые модели рельефа, геологического строения изучаемой территории, химического состава пород и месторождений полезных ископаемых, техногенной нагрузки на геологическое пространство. Цифровые модели позволяют проводить совместный статистический анализ и эколого-геохимическую интерпретацию геохимических данных с количественными и качественными (балльными) характеристиками окружающей среды. Это приводит к получению совершенно новой информации о геологическом пространстве как целостной системы, которая обладает эмерджентными свойствами.

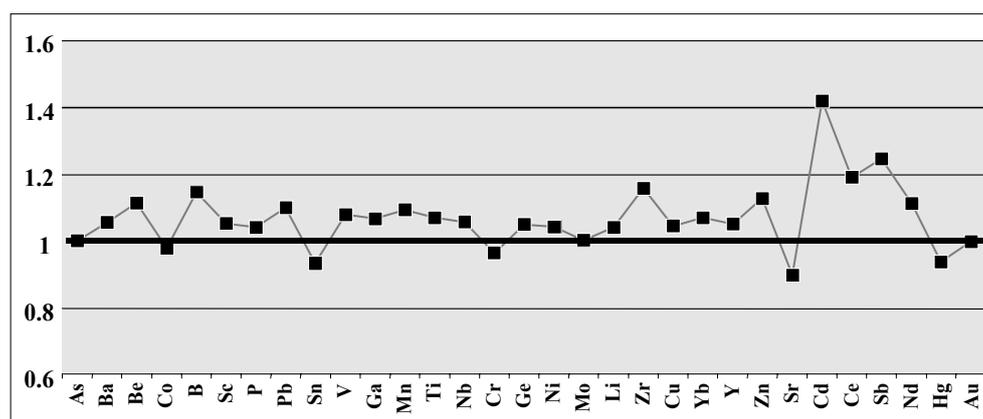


Рис. 3. Коэффициент концентрации микроэлементов в илистой фракции (за 1 ед. принято среднее содержание компонентов в песчаной фракции)

### Результаты геохимических исследований

В данной статье мы рассмотрим наиболее значимые результаты поведения микроэлементов. Основные результаты изучения химических макроэлементов в донных отложениях приводились ранее [10].

Статистические параметры распределения микроэлементов по фракциям (табл. 1) и коэффициенты их концентрации в потоках рассеяния (рис. 3) выявили элементы, накапливающиеся в илистой или песчаной фракциях. Первая фракция концентрирует большую часть изученных элементов и подтверждает депонирующие (экологические) свойства илистых осадков. Во второй (песчаной) фракции повышены содержания кобальта, хрома, олова, стронция и ртути. Однако распределение большинства микроэлементов на отдельных участках территории РТ не имеет четкой приуроченности к определенной фракции, что отличает поведение химических микроэлементов от поведения макрокомпонентов. По нашему мнению, это свидетельствует о незначительной связи микроэлементов и геологических особенностей отдельных районов изученной территории. С другой стороны, данный факт говорит в пользу большой зависимости поведения микроэлементов в донных осадках от степени антропогенного воздействия на геологическое пространство. Однако, учитывая разнообразие геологических условий РТ и источников антропогенного воздействия, можно предположить, что концентрация микроэлементов зависит от многих природных и техногенных факторов, комплексный учет которых в настоящее время представляет сложную научную проблему.

Модели геохимических полей позволяют применять их для системного решения поисковой геологической задачи. Так, при изучении поведения ртути в первичных ореолах и потоках рассеяния в нефтедобывающих районах на северо-востоке РТ нами была установлена близкая пространственная приуроченность ртутных аномалий и месторождений нефти [11]. По результатам проведенной геохимической съемки объектами исследования перспектив нефтеносности может стать центральная часть Северо-Татарского свода. Здесь в донных отложениях выявлены аномалии ртути, сурьмы, свинца, цинка, ванадия, никеля,

Табл. 1

Статистические параметры содержания химических микроэлементов в донных отложениях (по данным 8309 анализов)

Элемент	Статистические параметры, г/г							
	Минимальное содержание		Максимальное содержание		Среднее (фоновое) содержание		Стандартное отклонение	
	1	2	1	2	1	2	1	2
As	0.05	0.05	14.7	31.9	4.01	4.00	2.32	3.07
Ba	50	50	5000	1500	441	417	78	90
Be	0.1	0.1	3	3	1.54	1.38	0.36	0.43
Co	1	0.5	35	40	15.3	15.6	4.6	5.4
B	10	8	300	400	42.9	37.4	9.9	10.9
Sc	1	0.5	90	30	13.4	12.7	4.0	4.3
P	200	300	7000	7000	652	626	140	118
Pb	4	3	70	40	14.1	12.8	4.2	4.5
Sn	1	1	10	50	2.78	2.97	0.64	0.83
V	8	2	250	300	107	99	35	39
Ga	1	1	25	90	9.4	8.8	2.1	2.4
Mn	70	70	30000	15000	663	605	323	350
Ti	600	50	10000	8000	3370	3146	598	776
Nb	7	1.5	25	25	12.7	12.0	3.3	3.0
Cr	10	5	3000	3500	201	208	109	117
Ge	0.5	0.5	3	3	1.45	1.38	0.43	0.40
Ni	3	2	250	350	45.1	43.2	18.9	18.6
Mo	0.7	0.15	70	100	1.98	1.97	0.86	0.95
Li	20	20	335	450	43.5	41.7	9.3	9.8
Zr	50	10	550	500	167	144	66	65
Cu	1	1	300	300	28.8	27.5	15.5	14.8
Yb	1	0.4	4.5	4.5	3.29	3.07	0.42	0.57
Y	5	1.5	40	40	24.0	22.8	4.7	5.3
Zn	10	10	250	350	63.8	56.5	15.5	18.1
Sr	40	40	1100	600	200	222	76	88
Cd	0.005	0.005	0.78	0.69	0.027	0.019	0.07	0.06
Ce	13.6	6.5	67.8	66.1	36.6	30.7	8.8	10.8
Sb	0.05	0.05	6.7	6.4	1.21	0.97	0.80	0.79
Nd	5.9	2.5	38	51	20.4	18.3	5.5	6.8
Hg	0.0001	0.0001	0.719	0.547	0.0343	0.0365	0.0421	0.0385
Au	0.0015	0.0015	0.08	0.08	0.0070	0.0070	0.0049	0.0051

Примечание: 1 – илистая фракция; 2 – песчаная фракция.

галлия. Например, аномалии сурьмы (рис. 4) отчетливо фиксируют известные нефтяные месторождения на востоке Северо-Татарского свода. Именно поэтому обнаружение подобных аномалий при проведении геохимических поисков может иметь важное значение для прогноза залежей углеводородов на территории РТ, особенно в малоизученной ее западной части.

Взаимосвязь различных геологических сред фиксируется совпадением геохимических моделей титана в первичных ореолах и потоках рассеяния с полями развития неогеновых отложений (рис. 5), что, в свою очередь, подтверждает

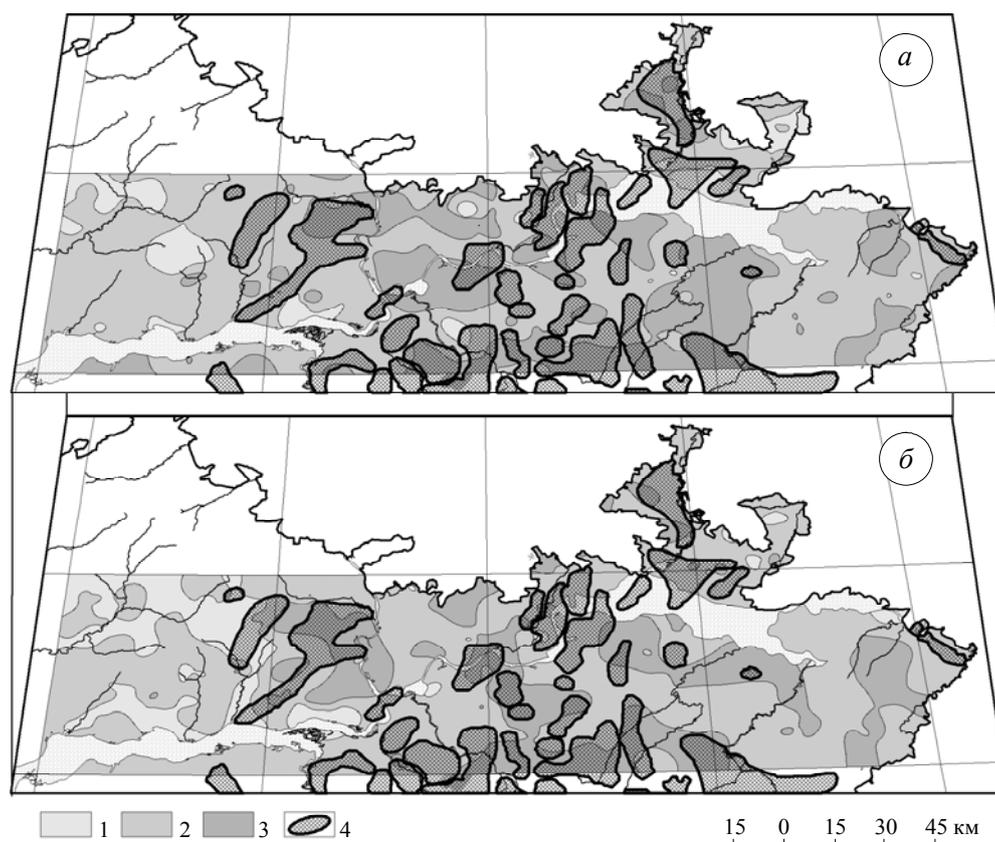


Рис. 4. Аномалии сурьмы в потоках рассеяния и месторождения нефти: а – илистая фракция, б – песчаная фракция; 1–3 – содержание сурьмы в потоках рассеяния: 1– ниже фонового, 2– фоновое, 3 – аномальное; 4– месторождения нефти

преимущественное накопление титана в глинистых минералах неогенового периода. Для юго-западной части РТ выявлена хорошая сопоставимость между распространением мезозойских отложений, месторождениями фосфоритов, аномалиями фосфора и церия в донных отложениях (рис. 6).

Статистическая обработка всего массива геохимических данных позволила нам получить предварительные выводы для решения экологической задачи. Подобная обработка с применением кластерного анализа привела к выделению «природных», «техногенных» и «природно-техногенных» элементов (рис. 7). Природные особенности изученной территории характеризуются в основном такими элементами, как V, Sc, Ti, Zr, Y, Yb, Ba, Be. К элементам преимущественно техногенного происхождения относятся Mn, P, As, Sn, Nb, а к элементам смешанного генезиса – Zn, Pb, Cu, Ni, B, Li, Ga, Co. Таким образом, за счет антропогенной деятельности в потоках рассеяния возникает искусственный парагенез микроэлементов, который можно выделить в виде своеобразного кластера техно-геохимической (нехарактерной для природных систем) ассоциации элементов. Проведенный анализ геохимических моделей с объектами техносферы позволил нам выявить приуроченность элементов к определенным типам природных и техногенных ландшафтов (табл. 2). Сопоставление распреде-

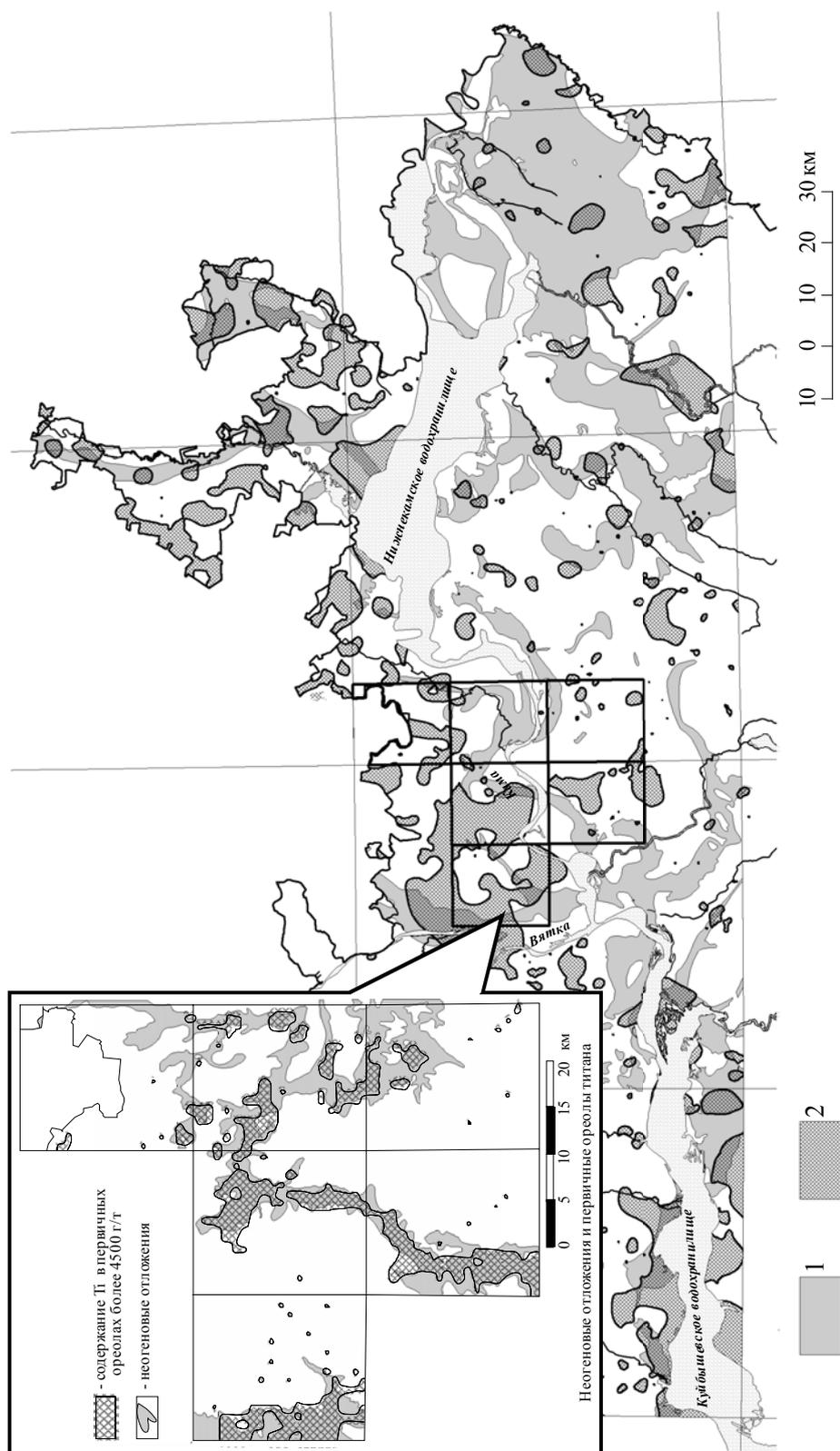


Рис. 5. Неогеновые отложения и аномалии титана в илистой фракции донных отложений, 2 – аномальные содержания титана, на врезке – аномалии титана в первичных ореолах и неогеновые отложения, по [7]

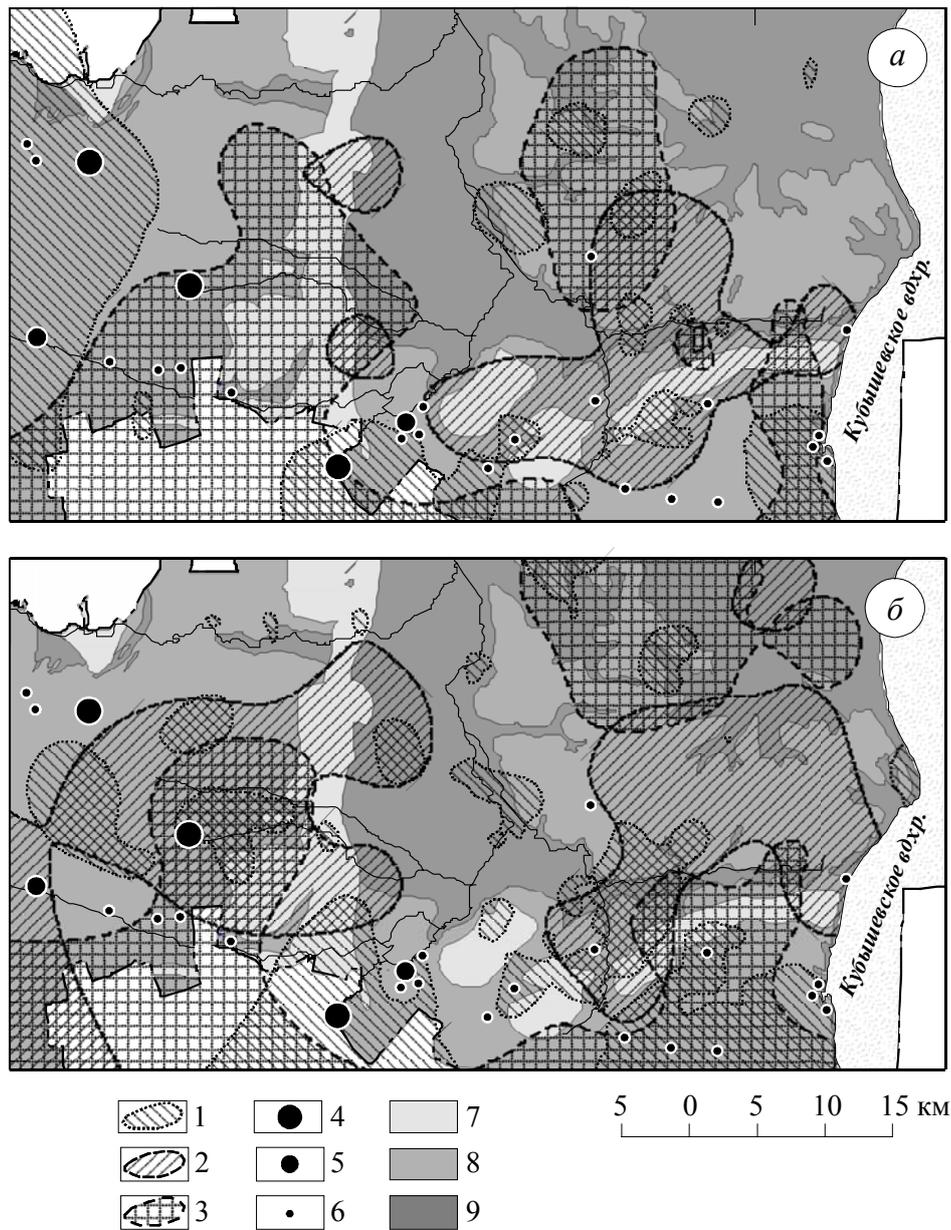


Рис. 6. Распространение фосфора и церия в донных отложениях юго-западной части РТ: а – иллитная фракция, б – песчаная фракция; 1–3 – аномальные содержания: 1 – фосфора (спектральный анализ), 2 –  $P_2O_5$  (химический анализ), 3 – церия (спектральный анализ); 4–6 – месторождения и проявления фосфоритов (данные А.Н. Тюрина): 4 – с запасами более 1 млн. т, 5 – до 1 млн. т, 6 – проявления; 7–9 – отложения: 7 – кайнозойские, 8 – мезозойские, 9 – палеозойские

ления микрокомпонентов по областям развития техногенной инфраструктуры показывает, что концентрация отдельных элементов зависит как от гранулометрического состава донных осадков, так и от типа антропогенных объектов. Это еще раз подтверждает, что поведение «техногенных» элементов в окружаю-

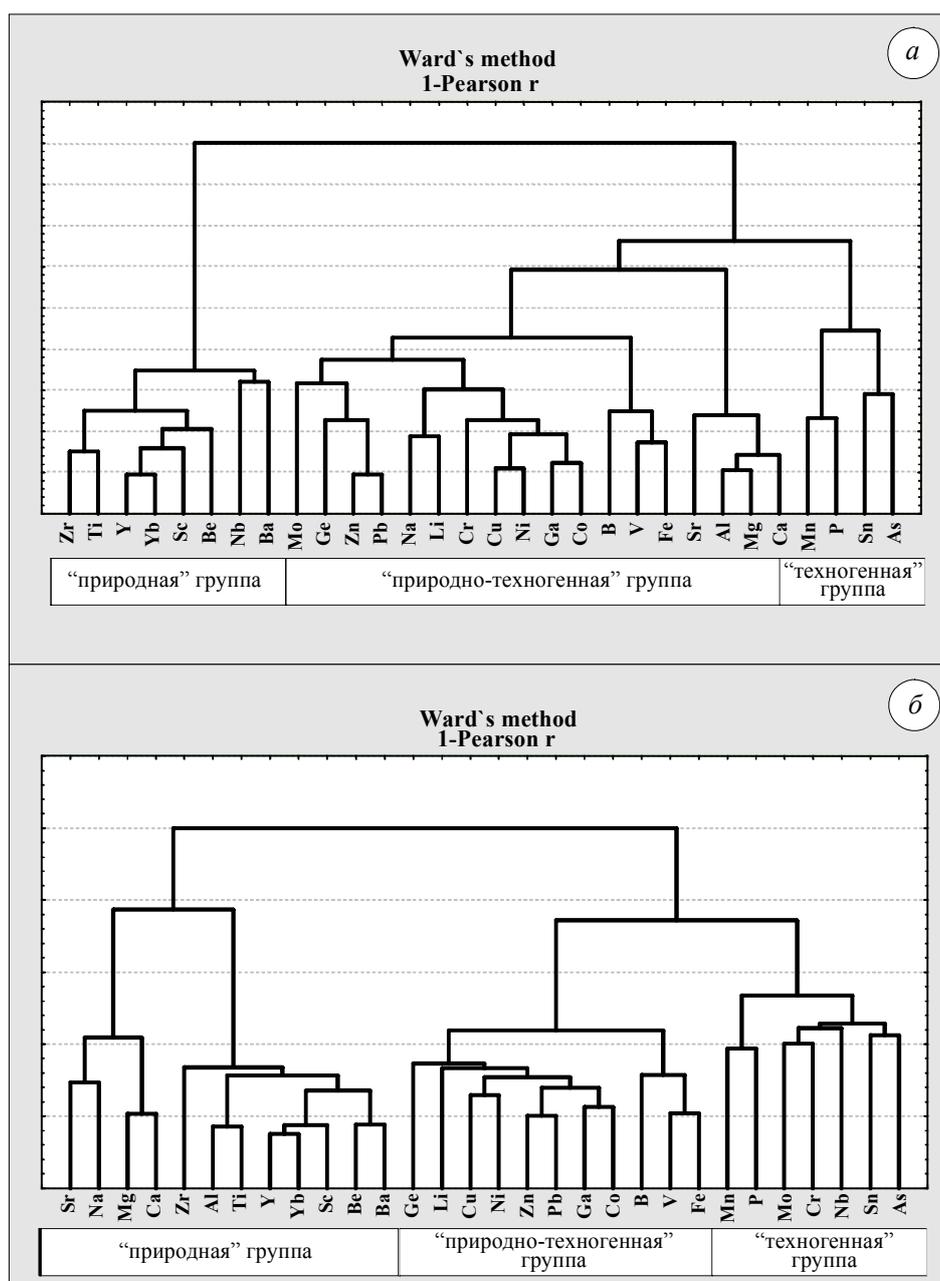


Рис. 7. Кластерные диаграммы микроэлементов: *а* – илистая фракция, *б* – песчаная фракция

шей среде является наиболее сложным видом миграции химических элементов, и их изучение должно являться приоритетным направлением будущих эколого-геохимических исследований на территории РТ.

Статистическая обработка геохимических данных с применением факторного анализа позволила выявить основные нагрузки в потоках рассеяния (табл. 3). С учетом геохимических особенностей элементов, геологического строения и особенностей техногенных объектов, каждый из факторов получил

Табл. 2  
Средние содержания химических микроэлементов в донных отложениях по природным и техногенным типам ландшафтов (в г/т)

Элемент	Природные и техногенные типы ландшафтов																	
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
As	3.9	3.4	4.1	4.1	4.0	3.9	4.3	4.6	3.9	4.1	3.1	4.2	2.2	3.2	5.4	5.6		
Ba	452	404	446	420	446	420	452	421	449	418	438	372	430	405	470	404		
Be	1.5	1.3	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.3	1.5	1.4	1.6	1.3	1.6	1.2	1.6	1.3		
Co	15	15	16	16	15	16	15	16	16	16	14	14	16	16	16	15		
B	41	34	43	38	43	38	44	35	43	38	43	40	45	37	41	33		
Sc	13	12	14	13	13	13	14	13	13	13	13	11	14	12	13	12		
P	714	705	676	639	687	649	675	618	679	638	722	748	633	661	768	583		
Pb	13	12	14	13	15	13	16	14	15	13	14	13	16	13	18	14		
Sn	2.8	3.1	2.8	3.0	2.8	3.0	2.9	3.1	2.8	3.0	2.6	3.1	2.8	3.0	2.8	2.9		
V	107	98	107	100	107	99	105	98	109	100	100	104	109	100	104	94		
Ga	9.2	8.4	9.4	8.9	9.4	8.9	9.5	9.1	9.5	9.0	8.8	8.6	9.9	8.8	9.8	9.0		
Mn	865	605	901	685	790	657	765	701	856	657	771	763	641	636	996	711		
Ti	3442	3013	3446	3213	3417	3199	3490	3367	3424	3212	3281	2773	3727	3157	3660	3152		
Nb	13	12	13	12	13	12	12	12	13	12	12	12	14	13	12	11		
Cr	238	243	215	234	213	231	232	273	222	240	189	161	253	299	255	211		
Ge	1.4	1.3	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7	1.4		
Ni	47	43	46	45	47	45	49	45	47	44	42	49	54	42	47	41		
Mo	2.1	2.1	2	2	2.1	2.1	2.4	2.8	2.1	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8		
Li	43	39	44	42	44	42	43	43	44	43	44	45	44	43	44	42		
Zr	178	147	168	147	167	143	181	148	165	146	158	110	183	137	171	150		
Cu	29	27	29	28	30	28	32	30	30	28	26	28	32	29	38	35		
Yb	3.2	3.0	3.3	3.1	3.3	3.1	3.3	3.1	3.3	3.1	3.3	2.9	3.3	3.0	3.3	3.1		
Y	24	22	24	23	24	23	25	23	24	23	22	21	23	22	24	22		
Zn	65	56	64	57	67	59	71	60	66	58	65	65	67	58	76	61		
Sr	201	214	201	223	202	230	218	261	205	228	178	189	218	248	238	280		
Cd	0.055	0.009	0.026	0.022	0.027	0.016	0.066	0.009	0.017	0.020	0.018	0.005	0.022	0.022	0.024	0.011		
Ce	32	23	37	31	37	32	37	34	37	32	38	29	35	31	36	30		
Sb	1.1	0.8	1.2	1.0	1.3	1.0	1.3	0.8	1.3	0.9	1.0	1.2	1.4	0.9	1.5	0.7		
Nd	17	14	20	18	21	19	22	22	21	19	23	17	20	19	22	18		
Hg	0.035	0.034	0.033	0.036	0.037	0.038	0.028	0.036	0.036	0.039	0.033	0.043	0.043	0.041	0.026	0.042		
Au	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.007	0.007	0.008	0.009		

Примечание: I – природный ландшафт; II–VIII – техногенные типы ландшафтов; П – сельскохозяйственный; Ш – селитбный; IV – промышленный; V – транспортный; VI – отходов производства; VII – горнодобывающий; VIII – нефтепромысловый; I – илистая фракция; 2 – песчаная фракция.

Табл. 3

## Факторные нагрузки микроэлементов в донных отложениях

Элемент	Илистая фракция			Песчаная фракция		
	1	2	3	1	2	3
As	0.074	0.194	0.072	-0.009	0.105	<b>0.739</b>
Ba	<b>0.527</b>	0.256	0.097	<b>0.587</b>	0.189	0.255
Be	<b>0.634</b>	0.004	0.105	<b>0.583</b>	0.144	0.215
Co	0.170	<b>0.536</b>	-0.071	0.261	<b>0.670</b>	0.182
B	0.129	<b>0.563</b>	-0.031	0.155	<b>0.517</b>	0.129
Sc	<b>0.720</b>	0.122	-0.096	<b>0.713</b>	0.291	-0.120
P	-0.194	0.242	<b>0.520</b>	-0.245	0.215	0.007
Pb	0.055	<b>0.752</b>	0.087	0.234	<b>0.679</b>	0.160
Sn	-0.025	0.103	0.039	-0.141	0.133	0.397
V	<b>0.518</b>	0.286	0.061	<b>0.502</b>	0.438	-0.234
Ga	0.248	<b>0.545</b>	0.120	0.275	<b>0.625</b>	0.119
Mn	0.141	0.028	<b>0.803</b>	0.206	0.127	0.055
Ti	<b>0.645</b>	0.183	0.018	<b>0.670</b>	0.279	0.077
Nb	0.238	0.075	-0.452	0.174	0.065	0.082
Cr	0.078	0.258	-0.081	0.015	0.237	0.142
Ge	-0.066	<b>0.671</b>	-0.210	-0.110	<b>0.641</b>	0.025
Ni	0.251	<b>0.603</b>	-0.042	0.199	<b>0.695</b>	-0.117
Mo	0.023	0.486	-0.126	-0.113	<b>0.561</b>	0.080
Li	0.185	<b>0.500</b>	0.097	0.203	<b>0.634</b>	0.179
Zr	<b>0.715</b>	0.035	0.084	<b>0.669</b>	0.013	-0.034
Cu	0.251	<b>0.645</b>	0.156	0.138	<b>0.706</b>	-0.332
Yb	<b>0.735</b>	0.208	0.010	<b>0.735</b>	0.362	-0.091
Y	<b>0.747</b>	-0.080	-0.172	<b>0.811</b>	0.068	-0.040
Zn	0.089	<b>0.776</b>	0.124	0.152	<b>0.742</b>	-0.157
Sr	0.134	0.180	-0.191	0.105	0.072	-0.121
Вес фактора, %	15.7	17	5.5	16.3	19.7	4.9

Примечание: 1–3 – факторы: 1 – «природный», 2 – «природно-техногенный», 3 – «техногенный». Жирным шрифтом выделены значимые нагрузки отдельных элементов в факторах.

геолого-экологическую интерпретацию. Модели геохимических полей, созданные по факторным нагрузкам (рис. 8, а–в), системно представляют информацию по всем химическим элементам на одной интегральной модели. При этом наиболее отчетливо выражена связь интегральной модели «техногенного» фактора со степенью антропогенной нагрузки (рис. 8, в, г). Установленные статистические взаимосвязи позволяют найти путь поиска закономерностей поведения разных сред, их последующей геолого-экологической интерпретации и представления этой информации в удобном для пользователя виде. Наряду с хорошей сопоставимостью с традиционными моноэлементными геохимическими картами, интегральные модели учитывают весь комплекс информации по анализируемым средам и очень удобны для планирования и проведения природоохранных мероприятий в техногеосистемах. Результаты подобных исследований позволят в будущем рассматривать мезо- и микроуровни организации вещества совместно с макроуровнем, который в настоящее время преобладает в экологических исследованиях.

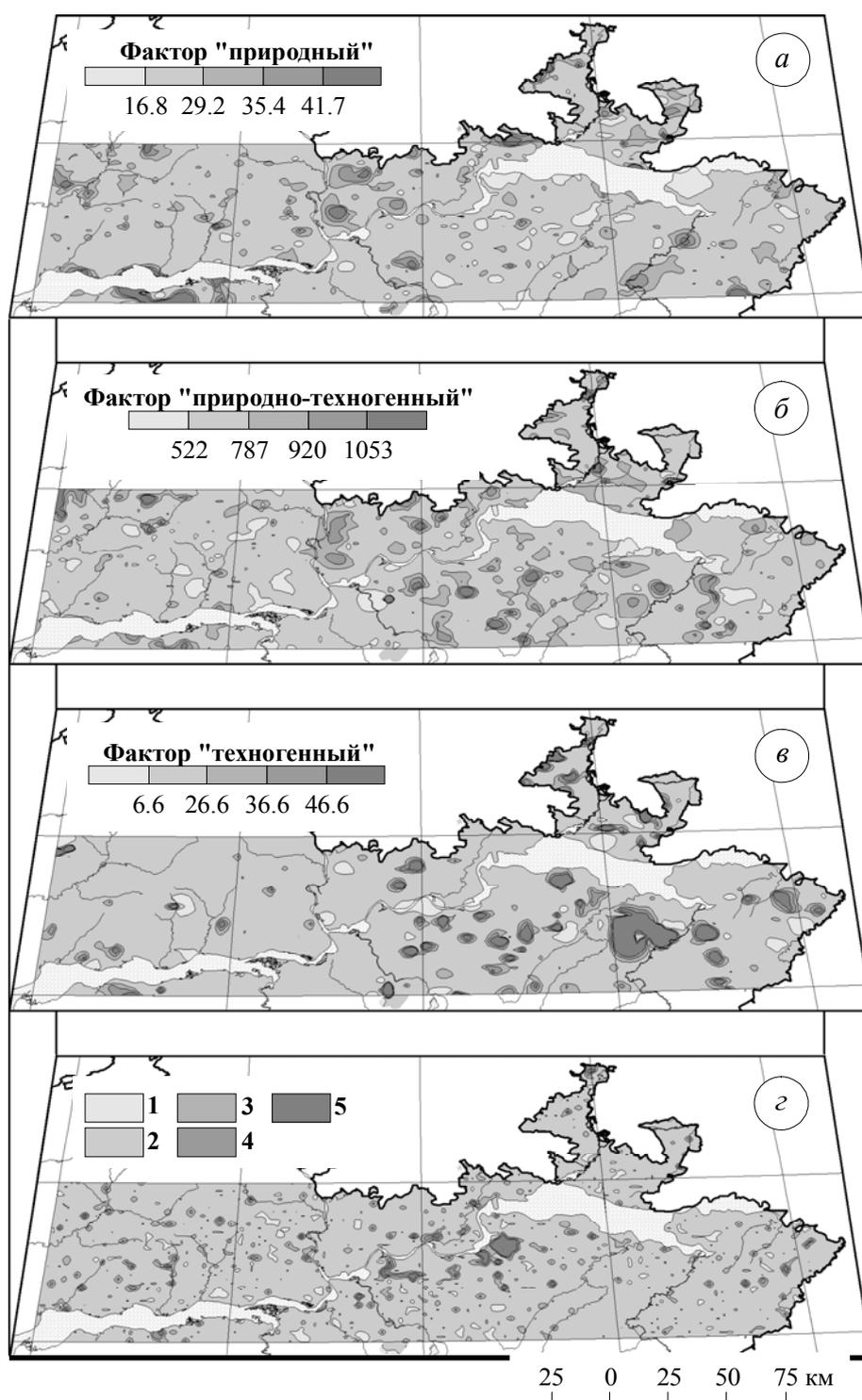


Рис. 8. Интегральные модели (а–в) в илистой фракции донных отложений и модель техногенной нагрузки (г). Расшифровку факторов см. табл. 3. Категории состояния окружающей среды: 1 – благоприятная, 2 – удовлетворительная, 3 – напряженная, 4 – кризисная, 5 – катастрофическая

### Основные выводы

1. Аномалии ртути, сурьмы и других элементов могут являться геохимическими поисковыми признаками для обнаружения месторождений углеводородов на землях нераспределенного фонда недр РТ. Аномалии меди, фосфора, марганца, стронция и других элементов, связанные с определенными стратиграфическими уровнями в геологическом разрезе, подтверждают перспективность их изучения при опережающих геохимических исследованиях перед проведением поисковых работ на твердые полезные ископаемые.

2. Методы математической статистики позволяют объединить химические элементы в группы, которые в дальнейшем получают геолого-экологическую интерпретацию. Выделенные «природные», «техногенные» и «природно-техногенные» ассоциации элементов способствуют комплексному использованию геохимической информации для решения разнообразных геологических и экологических задач.

3. Получение новой геохимической информации и дальнейшее совершенствование компьютерно-математической методики моделирования позволяют создавать интегральные модели геологического пространства качественно нового уровня, которые учитывают сложные взаимосвязи между природными и техногенными процессами.

### Заключение

Проведенные исследования показали, что современные геохимические работы должны быть направлены на решение следующих задач: а) прогнозная оценка территорий для расширения их минерально-сырьевой базы; б) опробование нескольких (сопряженных) компонентов окружающей среды для их комплексного изучения как частей единой техногеосистемы; в) применение современных аналитических методов для определения широкого набора химических элементов; г) использование единой методики, системно рассматривающей количественные и качественные показатели различных компонентов природной и антропогенной сред; д) составление интегральных геохимических моделей, пригодных для решения задач геологического моделирования, поисков полезных ископаемых, мониторинга геологического пространства, составления кадастров земель с определением их объективной стоимости; е) оценка состояния окружающей среды для обеспечения экологической политики.

На примере территории РТ показана перспективность получения геохимической информации по потокам рассеяния для областей развития полифациальных отложений осадочного чехла древних платформ с интенсивной техногенной нагрузкой на геологическое пространство. Подобная информация может стать основой геологического, экологического и геохимического мониторингов, прогноза природно-техногенных процессов и явлений. Необходимо интенсифицировать проведение геохимических работ на Восточно-Европейской платформе и в других осадочных палеобассейнах. Данный вид изучения недр должен опережать поисковые и разведочные работы, а также специальные гидрогеологические и геоэкологические исследования.

### Summary

*R.Kh. Soungatoulline, M.I. Khaziev.* Geochemical investigations of the bed silts on the territory of Tatarstan Republic.

Flow scattering survey in 1 : 200 000 scale has shown the actuality of geochemical information for the decision of different kind of geological and ecological problems. Anomalies of Hg, Sb, Cu, P, Mn, Sr and other elements being geochemical prospecting sign for the discovery of the oilfields and minerals have been found. Natural, technogenic and natural-technogenic associates of elements have been marked using mathematical statistics. Computer simulation allows to create an integral models considering complex relationships between chemical and other medias of geological space.

### Литература

1. Временные требования к геохимическому обеспечению геологосъемочных работ масштаба 1 : 200000 и создания Госгеолкарты-200. – М.: ИМГРЭ, 1998. – 41 с.
2. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1983. – 191 с.
3. Методические рекомендации по литохимическим методам поисков рудных месторождений по потокам рассеяния. – М., 1992. – 164 с.
4. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1 : 50000 – 1 : 25000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. – 127 с.
5. Требования к производству геохимических работ для подготовки основы к Госгеолкарте-200 (новая серия). – М.: ИМГРЭ, 1995. – 41 с.
6. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1 : 1000000. – М.: ИМГРЭ, 1999. – 104 с.
7. *Сунгатуллин Р.Х.* Комплексный анализ геологической среды (на примере Нижнекамской площади). – Казань: Изд-во «Мастер-Лайн», 2001. – 140 с.
8. *Сунгатуллин Р.Х.* Интегральная геология. – Казань: Изд-во «Образцовая типография», 2006. – 142 с.
9. *Сунгатуллин Р.Х.* Системный анализ, моделирование и интегральная геология // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2006. – Т. 148, кн. 4. – С. 143–164.
10. *Сунгатуллин Р.Х.* Литохимические параметры при исследовании геологического пространства // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2005. – Т. 147, кн. 1. – С. 62–75.
11. *Сунгатуллин Р., Хазиев М., Швыдкин Э.* Геолого-геохимические предпосылки поисков углеводородов // Бурение & нефть. – 2004. – Ноябрь. – С. 6–8.

Поступила в редакцию  
20.09.06

---

**Сунгатуллин Рафаэль Харисович** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры региональной геологии Казанского государственного университета.

E-mail: [geol@kzn.ru](mailto:geol@kzn.ru)

**Хазиев Марсель Ильгизович** – начальник геологического отдела ООО «Татарстангеология».

E-mail: [tatgeo@telebit.ru](mailto:tatgeo@telebit.ru)