

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*На правах рукописи*

Арынова Шынар Жаныбековна

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ СОЛЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ИЗ ПРИРОДНЫХ  
ПРЕСНЫХ ВОД КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Специальность – 25.00.36 Геоэкология (Науки о Земле)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата  
геолого-минералогических наук

Научный руководитель  
доктор геолого-минералогических  
наук, профессор Рихванов Л.П.

Томск - 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	4
Введение	5
Глава 1. Солеобразование при многократном кипячении воды	16
Глава 2. Краткая физико-географическая, геологическая, гидрологическая, экологическая характеристика Павлодарской области	22
2.1 Ландшафтные особенности	25
2.2 Геологическая характеристика	27
2.3 Гидрогеологическая изученность территории	29
2.4 Геоэкологическая обстановка на территории	36
Глава 3. Материалы и методы исследования	41
3.1 Методика отбора проб	41
3.2 Экспериментальные данные	44
3.3 Методы лабораторных испытаний и анализа проб	47
3.4 Методика обработки данных	53
Глава 4. Оценка качества вод по данным изучения состава солевых образований из природных пресных вод в населенных пунктах Павлодарской области	55
4.1 Взаимосвязь состава накипи с гидрогеохимическими особенностями воды	55
4.2 Содержание урана в питьевых водах	59
Глава 5. Элементный состав солевых отложений природных пресных вод в населенных пунктах Павлодарской области	71
5.1 Общая геохимическая характеристика солевых отложений из природных пресных вод	71
5.2 Пространственное распределение химических элементов в солевых отложениях из природных пресных вод и районирование территории по суммарному показателю накопления компонентов	93

Глава 6. Взаимосвязь химического состава солевых образований из природных пресных вод и уровня заболеваемости населения Павлодарской области	109
6.1 Анализ взаимосвязи химического состава накипи с заболеваемостью взрослого населения	126
6.2 Анализ взаимосвязи химического состава накипи с заболеваемостью детского населения	130
Заключение	134
Список литературы	136

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВАК – Высшая аттестационная комиссия

Г.а. – городской акимат

Гг. - годы

ГИГЭ - Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии

ГЭГХ – Кафедра геоэкологии и геохимии

ИНАА – Инструментальный нейтронно-активационный анализ

ККСОН – Комитет по контролю в сфере образования и науки

МКБ – Международная классификация болезней

МОН – Министерство образования и науки

СЭМ - Сканирующая электронная микроскопия

ICP-MS – Масс спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Вода одно из важных химических соединений, распространенных повсеместно, которое играет особую роль во всех природных процессах, в том числе происходящих в живом организме (Вернадский, 1933). Поскольку эта субстанция является поставщиком многих элементов, качество ее химического состава вызывает определенную обеспокоенность среди населения. Человек всегда должен быть уверен в экологической безопасности используемых водных ресурсов. Под «экологической безопасностью водопользования» понимается комплекс состояний отношений между населением, экосистемами, хозяйством и водными объектами, при котором выполняется ряд определенных требований (Алексеевский и др, 2011; Романова и др., 2011; Попов В.К. и др., 2002). Одно из которых, заключается в потребности населения воде в необходимом объеме и с приемлемым качеством. Основой для осуществления эффективной экологической безопасности водопользования является Водный кодекс и Водная стратегия в Российской Федерации и Концепция экологической безопасности Республики Казахстан.

Химический состав вод находится в рамках определенных закономерностей, подчиненных геологическому строению, тектонике, истории геологического развития планеты и отдельных геологических структур, рельефу, климату, гидрологическому режиму регионов (Кирюхин и др., 1993; Основы гидрогеологии..., 1982 и др.) и антропогенному воздействию (Орлов, 1988; Зекцер, 2011; Романовская, 2005 и др.).

Употребление недоброкачественной питьевой воды ведет к ухудшению состояния здоровья человека (Боев и др. 1995, 1998; Большаков и др. 1999; Брукс, 1982; Давыдов, 1998; Маймулов и др. 1998; Рослый и др. 2000; Сидоренко, Кутепов, 1994 и др.). И, как следствие, приводит к снижению естественной сопротивляемости организма, а также ранними неблагоприятными функциональными изменениями в различных физиологических системах (Кабалова и др., 1995; Демин, 2000; Петин и др., 2006; Гусева и др., 2000; Муравьев, 2000 и др.).

При использовании воды в бытовых условиях и для питья, она подвергается неоднократному кипячению, при котором в результате происходящих сложных электрохимических процессов, кристаллизации, зависящей от комплекса факторов, приводит к накипеобразованию (Шаов и др., 2005). Прежде всего, этот процесс связан с распадом бикарбонатов кальция и магния при нагреве воды, которые превращаются в малорастворимые образования, т.е. когда растворимость таких веществ падает с увеличением температуры (карбонаты кальция, магния, железа, гидроксид магния, оксид магния). В условиях, когда карбонатная жесткость, превышает определенные уровни в воде, то она склонна к накипеобразованию.

Существует много исследований, касающихся разработки способов избавления от накипи в промышленных и хозяйственно-бытовых условиях, (Gromoglasov, 1990; Присяжнюк, 2003; Дорошенко, 2005; Высоцкий, 2013), изучения механизма кинетики и кристаллизации (Klepetsanis, 1999; Линников, 2012), однако есть и те, которые затрагивают применение данного объекта в контексте работ эколого-геохимического и прогнозно-металлогенического характера (Эколого-геохимические ..., 2006; Языков и др., 2002, 2004, 2007; Таркхаева et al., 2010; Монголина и др., 2011; Робертус и др., 2014; Соктоев и др., 2011, 2014). По раннее проведенным исследованиям известно, что накипь несет важную геохимическую информацию, которая отражает не только специфику ландшафтно-геохимических и геолого-металлогенических особенностей территории, но и взаимосвязь между уровнем заболеваемости населения и содержанием химических элементов в накипи. Накипь как объект изучения вызывает множества вопросов, затрагивающие процессы от самого механизма ее образования до методических подходов к интерпретации полученных результатов. Необходимы дополнительные исследования, касающейся использования его как вещества при определении качества воды и влияния на здоровье человека, что обуславливает актуальность данной работы.

**Цель работы:** изучить элементный состав солевых отложений из природных пресных вод (накипи) для определения медико-экологической

безопасности водных ресурсов, используемых в хозяйственно-питьевых целях на примере Павлодарской области.

Для реализации поставленной цели необходимо выполнение следующих **задач:**

1. Провести системное опробование солевых образований (накипи) в населенных пунктах Павлодарской области;

2. Оценить уровни накопления химических элементов солевых отложений природных пресных вод в различных административных районах Павлодарской области;

3. Определить уровень накопления урана в используемых питьевых водах и оценить их качество по этому показателю;

4. Сопоставить уровень накопления урана в накипи и питьевых водах региона;

5. Сравнить оценки средних содержаний химических элементов в солевых образованиях Павлодарского региона с таковыми для изученных по этим показателям районов;

6. Установить возможные причины формирования геохимической специализации солевых отложений из природных пресных вод региона;

7. Составить карты-схемы распределения химических элементов в солевых отложениях природных пресных вод и провести районирование территории по уровням их накопления в накипи;

8. Собрать материал по специфике нозологической структуры заболеваемости детского и взрослого населения по районам Павлодарской области за период 2010-2014 гг.;

9. Выполнить анализ взаимосвязи заболеваемости взрослого и детского населения с элементным составом накипи.

**Фактический материал и методы исследования.** Исследование было проведено в период 2011-2015 годов, материалы, которых были отобраны лично автором.

На территории Павлодарской области (9 районов и 3 городских округа)

отобрано 207 проб накипи и 147 проб питьевых вод. Для определения химических элементов в изучаемых природных и природно-техногенных образованиях использовались высокочувствительные современные аналитические методы.

Солевые отложения из природных пресных вод (накипь) анализировались методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) в лаборатории ядерно-геохимических исследований Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры ГЭГХ ТПУ (аналитики Судыко А.Ф., Богутская Л.В.).

Лаборатория аккредитована (аттестат № РОСС RU.0001.518623 от 10.10.2011 г.). Анализы выполнялись по аттестованным методикам с проведением внутреннего и внешнего контроля. Количественно определялось 27 химических элементов (барий, бром, гафний, европий, железо, золото, иттербий, кальций, кобальт, лантан, лютеций, мышьяк, натрий, рубидий, самарий, серебро, скандий, стронций, сурьма, тантал, тербий, торий, уран, хром, цезий, церий, цинк). Качество выполняемых анализов определялось методом сопоставления с составом стандартных образцов сравнения МАГАТЭ (морской ил), и Института геохимии СО РАН (байкальский ил (БИЛ)) (таблица 1).

*Таблица 1- Контроль достоверности результатов ИНАА с национальными и международными паспортными данными*

Элемент	БИЛ – 1 (Россия)		SD-M2/ТМ (МАГАТЭ)		Элемент	БИЛ – 1 (Россия)		SD-M2/ТМ (МАГАТЭ)	
	п-рт	ЯГЛ	п-рт	ЯГЛ		п-рт	ЯГЛ	п-рт	ЯГЛ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Натрий	1,93	1,74	1,35	1,35	Церий	81,5	70	54,3	50,3
Кальций	1,86	6,76	11,2	7,9	Самарий	7,9	6,79	4,27	4,78
Скандий	13	16	10,3	10,5	Европий	1,65	1,96	0,85	0,92
Хром	67	69	77,2	79,0	Тербий	0,95	0,94	0,52	0,58
Железо	7,01	7,13	2,71	2,87	Иттербий	3	2,44	1,62	1,69



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кобальт	18,5	17	13,6	14,4	Лютеций	0,44	0,46	0,243	0,26
Рубидий	96	118	99,7	104	Тантал	0,9	0,9	0,84	0,95
Сурьма	1,5	1,52	0,99	1,19	Гафний	4,1	5,13	2,83	2,95
Цезий	5,9	6,7	8,05	8,3	Торий	12	12,5	8,15	8,2
Барий	670	864	252	247	Уран	12	10,7	2,49	2,76
Лантан	51	40	26,2	27,2					

Примечание: натрий, кальций, железо в %.

Питьевая вода, отобранная в пунктах сбора солевых образований, исследовалась на гидрогеохимические показатели при помощи ряда методов (потенциометрия, ионная хроматография, титриметрия, фотоколориметрия, кондуктометрия), элементный состав воды анализировался методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Все анализы воды выполнялись на базе научно-образовательного центра «Вода» кафедры ГИГЭ ТПУ (руководитель к.г.-м.н, доцент Хващевская А.А.), имеющей аккредитацию (аттестат № РОСС.RU.0001.511901 от 12.07.2011 г.) по аттестованным методикам.

При отборе проб воды в полевых условиях измерялись показатели pH и температура с использованием прибора «pH-200».

Кроме того, определение урана в питьевой воде (135 проб) осуществлялось с помощью люминесцентного метода на анализаторе жидкости «Флюорат-02-Панорама». Все аномальные концентрации урана в воде перепроверялись, а в отдельных случаях выполнялись другими аналитиками. Сопоставимость определения урана данным методом и методом ICP-MS была удовлетворительной.

Минеральный состав накипи определялся при помощи метода рентгеновской дифрактометрии на приборе «Bruker D2 Phaser» кафедры ГЭГХ (специалист – к.х.м. Путилин С.Н.).

В пробах с аномально высокой концентрацией химических элементов

выполнялся качественный и количественный анализ вероятных форм их нахождения с использованием сканирующей электронной микроскопии на приборе («Hitachi S-3400N») кафедры ГЭГХ с энергодисперсионной приставкой («Bruker XFlash 4010») (аналитик лаборатории электронно-микроскопической диагностики Ильенок С.С.).

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью пакета прикладных программ: Microsoft Excel, Statistika 6.0, 10.0. При построении карт и графических схем было использовано программное обеспечение ArcGIS.

### ***Основные защищаемые положения:***

1. Геохимическая специфика элементного состава солевых отложений из природных пресных вод на территории Павлодарской области проявляется в повышенных концентрациях Та, Аg, U. Выявлена значимая положительная корреляционная связь между уровнем накопления урана в накипи и его концентрацией в воде. Содержание урана в воде превышает предельно-допустимые уровни, что представляет потенциальную экологическую опасность для здоровья человека, проживающего на определенных территориях.

2. Пространственный анализ уровня накопления редкоземельных элементов, их суммы и тория в накипи из природных пресных вод позволил выделить район (Иртышский), в котором максимальное их содержание, обусловлено геолого-металлогеническими особенностями территории, развитием специализированных гранитоидных комплексов горных пород. Техногенная составляющая геохимической специфики солевых отложений, возможно, обусловлена поступлением Сг в Аксу-Павлодарской зоне, связанной с деятельностью ферросплавного комбината, и концентрированием в накипи Au, Ag, Zn – в районе разработки руд в Майкаин-Алпыском рудном узле.

3. Установлены некоторые взаимосвязи геохимических показателей солевых отложений из природных пресных вод с определенными нозологическими типами заболеваемости. Так, в районах с высоким содержанием в накипи редкоземельных элементов, особенно их суммы, отмечается повышенная заболеваемость костно-мышечной, пищеварительной систем,

пороков развития, систем кровообращения, количеством новообразований у взрослого населения. Обратная взаимосвязь наблюдается между содержанием кальция, брома в накипи с болезнями систем кровообращения и пищеварительной у взрослого населения.

***Научная новизна:***

1. Впервые установлены особенности вещественного и элементного состава солевых отложений из природных пресных вод на территории Павлодарской области;

2. Выявлена взаимосвязь элемента в системе «вода-накипь» на примере урана, которая нашла свое подтверждение на территории Павлодарской области;

3. Выполнено районирование Павлодарской области по уровню накопления элементов в накипи из природных пресных вод и построены карты-схемы;

4. Сделана попытка теоретической интерпретации природы повышенных содержаний некоторых элементов в накипи;

5. Установлена взаимосвязь между содержанием химических элементов в накипи и некоторыми видами заболеваемости взрослого населения.

***Практическая значимость.***

Проведено ранжирование районов области по суммарному показателю накопления элементов в солевых отложениях из природных пресных вод Павлодарской области, отражающего общую экологическую безопасность используемых для водопользования источников.

Установлено, что районы, занимающие первые места в этом ряду, характеризуются максимально неблагоприятным уровнем развития заболеваемости.

Полученные данные могут быть использованы для проведения регулярных системных природоохранных мероприятий на территориях с аномально высоким содержанием химических элементов в накипи природных пресных вод.

В процессе проведения работы было доказано о перспективности использования накипи для оценки экологической безопасности источников водопользования и в медико-биологических целях, соответственно это может

послужить основой для создания методической базы проведения комплексного экологического мониторинга состояния окружающей среды на территории Павлодарской области.

Аналитические данные и карты-схемы распространения элементов в накипи природных пресных вод используются Павлодарским областным территориальным управлением окружающей среды, Иртышским департаментом экологии в качестве дополнительного материала к ранее проведенным исследованиям по изучению снегового покрова, волос, листьев, овощных культур, почвы.

Данные по взаимосвязи элементного состава накипи и заболеваемости населения приняты к вниманию Медицинским информационно аналитическим центром Павлодарской области.

Выделенные аномальные участки и зоны по концентрированию урана и ряда других элементов в накипи переданы в ОАО «Волковгеология» НАК «Казатомпром» для последующей геологической заверке.

Материалы диссертационной работы используются при чтении курсов «Геоэкология», «Геоэкологический мониторинг», «Геохимический мониторинг природных сред», «Медицинская геология».

***Личный вклад автора*** заключается в непосредственном отборе проб, пробоподготовке, проведении статистического анализа результатов исследования и интерпретации полученной информации, составлении графиков и карт-схем, формулировке основных защищаемых положений.

Достоверность полученных результатов обеспечена представительным количеством проб, анализ, которых осуществлялся современными высокочувствительными методами, по аттестованным методикам на базе аккредитованных лабораторий и обоснована глубиной проработки фактического материала.

***Апробации работы и публикации.*** Результаты работы докладывались на международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде» (г. Семипалатинск),

XV, XVI, XVII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова (г. Томск), международной научно-практической конференции и тренинг-семинаре «Орхусская конвенция в свете концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» в секторе использования водных ресурсов Северного Казахстана» (г. Петропавловск), IX Международной биогеохимической школе «Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии» (г. Барнаул), V международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека». По теме работы были опубликованы 18 статей и тезисов, в том числе в 2 журналах, рецензируемых ВАК России, в 2 журналах, включенных в перечень изданий ККСОН МОН Республики Казахстан, 2 - на английском и казахском языках.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа объемом 151 страниц машинописного текста, состоит из введения, глав и заключения со списком литературы в 156 наименований, иллюстрирована 17 таблицами и 95 рисунками.

**Во введении** обоснована актуальность исследования. Обозначены цели и задачи диссертационной работы. Определены основные защищаемые положения, отражена научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** определяется возможность использования индикаторного значения солевых отложений природных пресных вод при определении качества природных вод, а также в контексте медико-географических исследований.

**Во второй главе** описаны физико-географическая, геологическая, гидрологическая и геоэкологическая характеристика территории исследования.

**В третьей главе** охарактеризованы методологические основы исследования, заключающейся в обоснованности отбора проб на территории области, описании пробоподготовки, основных используемых методов, которое подкреплено внутренним контролем, проведением экспериментов, а также статистической и графической обработкой данных.

*В четвертой главе* описана взаимосвязь химических элементов, содержащихся в накипи с общими гидрохимическими показателями, с элементным составом воды. Качество воды определялось по данным изучения урана на территории области.

*Пятая глава* об элементном составе солевых отложениях природных пресных вод Павлодарской области, геохимической специфике, характере накопления, пространственного распространения химических элементов.

*В шестой главе* определена взаимосвязь здоровья человека с элементным составом накипи природных пресных вод на территории исследования. *В заключении* представлены основные выводы по диссертационной работе.

*Благодарности.* Автор выражает огромную признательность учителю, наставнику, научному руководителю профессору, доктору геолого-минералогических наук Леонид Петровичу Рихванову за ценные советы, всестороннюю поддержку и помощь на всех этапах написания диссертационной работы.

Автор выражает благодарность за проведение лабораторных исследований, профессионализм и консультативную помощь аналитикам лаборатории ядерно-геохимических исследований А.Ф. Судыко, Л.В. Богутской.

Автор признателен сотруднику лаборатории электронно-микроскопической диагностики С.С. Ильенку за помощь при анализе и обработке результатов исследования.

Огромная благодарность за консультацию при проведении аналитических измерений Г.А. Бабченко, к.х.н. Н.А. Осиповой, к.г.-м. н. Е.А. Филимоненко.

За обработку полученных результатов рентгеноструктурной дифрактометрии автор выражает благодарность специалисту фирмы «Bruker AXS GmbH» к.х.н. Путилину С.Н.

Автор выражает благодарность за предоставленный статистический материал по уровню заболеваемости руководителю Медицинского информационно-аналитического центра Павлодарской области Черкасову А.Н.

Автор безмерно благодарен за помощь, ценные советы, внимание к работе к.б.н. Н.П. Корогод и д.б.н. Н.В. Барановской.

Автор выражает благодарность П.Г. Каюкову, бывшему главному экологу ОАО «Волковгеология» за обсуждение первых полученных результатов и высказанные ценные пожелания и замечания.

Автор искренне благодарен преподавателям кафедры ГЭГХ и ГИГЭ за консультации и ценные замечания д.г.-м.н. Е.Г. Язикову, д.г.-м.н. С.И. Арбузову, д. г.-м.н. В.К. Попову, к. г.-м.н. И.С. Соболеву, к.г.-м.н.А.В. Таловской, к.г.-м.н. Д.В. Юсупову, к.г.-м. н. Б.Р. Соктоеву.

Автор выражает признательность за веру, терпение, поддержку моим близким и родным.

## ГЛАВА 1. СОЛЕОБРАЗОВАНИЕ ПРИ МНОГОКРАТНОМ КИПЯЧЕНИИ ВОДЫ

Население Земли ежегодно потребляет более восьми тысяч кубических километров воды, при этом запасы воды оцениваются в  $1,46 \cdot 10^9$  км<sup>3</sup>. Большая часть пресной воды находится в отдаленных частях света и только менее 3% сосредоточено в озерах, реках, почве.

Вода представляет собой субстанцию, где происходят сложные физико-химические процессы, способствующие развитию и восстановлению всего живого. В современном мире особую тревогу вызывает не только недостаток питьевой воды, но и изменения ее качества, обеспечение экологической безопасности в водохозяйственной сфере, охраны источников пресной воды, обусловленное предельным химическим и микробиологическим их загрязнением (Рук. по обесп. кач. пит. в., 2004; Харабрин, 2004; Саид, 2007; Яркина, Волкотруб, 2009; Кутковец, 2009; Атаева, 2010).

Прежде чем, обратиться к проблемам оказываемого воздействия химического состава воды, и как следствие накипи на организм человека, приступим к обсуждению ее непосредственного образования в теплообменной аппаратуре.

Исходя из определения, накипь представляет собой твердые отложения, образующиеся на внутренних стенках труб паровых котлов, водяных экономайзеров, пароперегревателей, испарителей теплообменных аппаратов, в которых происходит испарение или нагревание воды, содержащей те или иные соли (Большая Советская энциклопедия, 2016).

Процесс формирования накипи связан с растворимостью в воде солей кальция и магния (карбонаты, сульфаты, гидроксиды), т.е. веществами, являющимися накипеобразователями. Содержание этих двухвалентных ионов в воде определяют ее особое свойство, называемое жесткостью. Общеизвестно, что при кипячении воды с высокой жесткостью в бытовых нагревательных приборах, формируются плотные слои отложений, т.е. накипь.

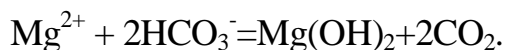
Итак, CaCO<sub>3</sub> образуется в результате нагрева воды по схеме:





$\text{CaSO}_4$  формируется, вследствие повышения концентрации катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и сульфат-анионов, снижения его растворимости при увеличении температуры воды и ее упаривании.

$\text{Mg}(\text{OH})_2$  выпадает при снижении его растворимости на фоне повышения температуры и сочетание гидроксид-анионов с катионом  $\text{Mg}$  по схеме:



$\text{CaCO}_3$  образуется по причине полного термического распада гидрокарбонатов.

$\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  выпадает в результате упаривания воды и достижения определенной концентрации произведения растворимости ионов кальция и сульфата, которое превысит произведение растворимости сульфата кальция.

Таким образом, формирование накипи зависит от увеличения концентрации осадкообразующих ионов при испарении воды, которое приводит к превышению пределов их растворимости. Перенасыщенная вода этими соединениями имеют отрицательные коэффициенты растворимости, что приводит к образованию осадков. Различают первичное и вторичное накипеобразование (Фрог, 2014).

Из чего следует, что образование накипи довольно таки сложный процесс, который зависит от ряда причин, связанных с тепломеханическими и физико-химическими факторами (температура, жесткость, растворимость, состав воды).

В основе механизма образования накипи лежит процесс кристаллизации, включающий в себя следующие этапы – вследствие тепловых процессов достигается состояние перенасыщения раствора, по причине адгезионных и электростатических процессов между поверхностью металла (пристенного слоя) и частицы происходит формирование кристаллических ядер – центров кристаллизации, в дальнейшем осуществляется рост кристаллов (Присяжнюк, 2004; Cowan, 1976; Duggirala, 2005; Ogino, 1987)

Свойство некоторых веществ образовывать в различных термодинамических условиях 2 или несколько модификаций, при этом иметь одинаковый валовый химический состав, но с различными физико-химическими свойствами и кристаллической решеткой называется полиморфизмом (Арсланова, 1978). Классическим примером такой модификации является  $\text{CaCO}_3$  в форме

кальцита, арагонита, ватерита, кристаллическая решетка соответственно ромбоэдрическая, орторомбическая, гексагональная (Бетехтин, 2007). В этой цепочке стабильным остается только кальцит. Растворимость арагонита более выше, чем у кальцита и соответственно он менее устойчив, а у ватерита и того меньше (Язиков и др., 2011). Полиморфная модификация карбоната кальция находится под влиянием кинетики процесса (Spanos, 1998), температуры (Fyfe, 1965; Chen, 2009; Weiss et al, 2014), давления (Jamieson, 1953), ионов металлов (De Choudens-Sanchez, 2009; Rushdi, 1992; Chen, 2006; Stashans, 2011), органического вещества.

Кальцит с ростом температуры показывает обратную растворимость, ватерит также присутствует, но он быстро превращается в кальцит (рисунок 1.1). Количество времени влияет на увеличения кальцита (Sawada, 1997; Heath et al, 2013).

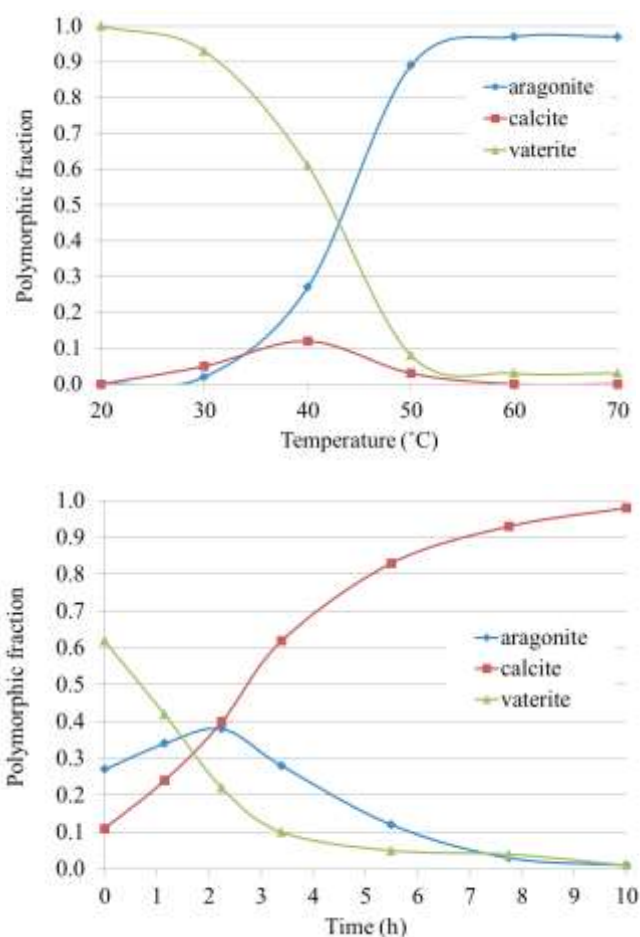


Рисунок 1.1 – Относительные концентрации кальцита, арагонита, ватерита (1 – температура, 2-время) (Heath et al., 2013)

Известно, что вхождение элементов-примесей в минералы карбонатов осуществляется различным способом (Ридер, 1987):

1. Замещение в структуре карбоната кальция иона двухвалентного кальция;
2. Как изоморфная интерстиционная примесь, которая располагается между плоскостями структуры;
3. Размещение в свободных позициях решетки, в результате образовавшихся дефектов в кристаллической структуре;
4. Процесс адсорбции.

Изучением вещественного и элементного состава солевых образований из природных пресных вод различных территорий (Томская, Челябинская, Иркутская области, Байкальский регион, Республика Алтай,) занимается ряд исследователей (Рихванов Л.П., Язиков Е. Г., Барановская Н.В., Тайсаев Т.Т., Робертус Ю.В., Монголина Т.А., Соктоев Б.Р.), которые определили, что она не только отражает качество вод, используемые для питьевого водоснабжения, но и может найти свое применение при поиске и прогнозировании месторождений.

Так, солевые образования из природных пресных вод Томской области состоят из карбоната кальция, в составе которого обнаружен арагонит, кальцит и марганцовистый кальцит, также диагностируется сидерит, алюмосиликаты, гидроокислы железа (рисунок 1.2).

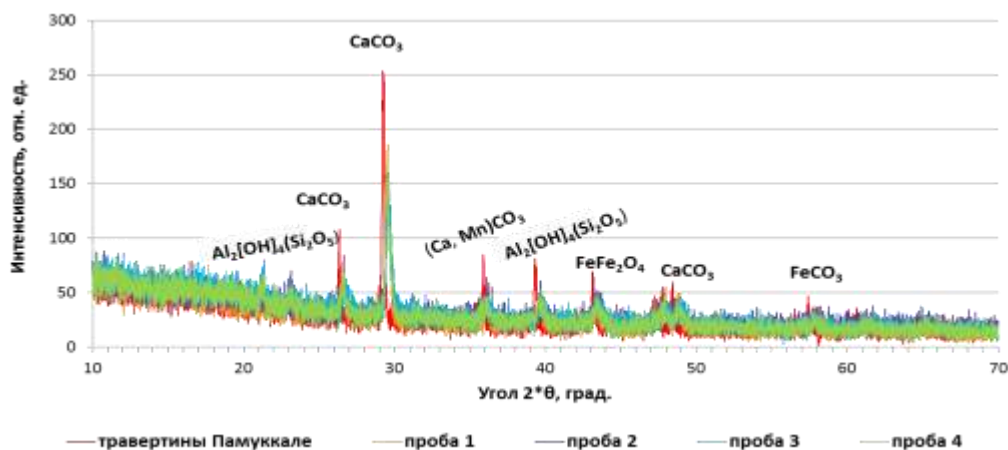


Рисунок 1.2 - Сравнительный анализ результатов рентгенофазового анализа травертинов (Памуккале) и проб накипи (Монголина, 2011)

Солевые образования из природных пресных вод Байкальского региона, исследованные при помощи рентгеновской дифрактометрии, по своему вещественному составу представлены арагонитом и кальцитом. Кроме того, в накипи диагностированы собственные минеральные фазы натрия, цинка, бария, кремния и стронция (галит, гемиморфит, барит, стронцианит). Согласно данным f-радиографии (рисунок 1.3) уран даже при нижекларковой концентрации (1,8 мг/кг) в накипи из природных пресных вод, концентрируется и образует собственные минеральные фазы (Соктоев, 2015).



*Рисунок 1.3 - Локальные скопления треков в солевых образованиях из природных пресных вод*

На примере Байкальского региона доказано, что процесс кипячения воды не всегда способствует снижению содержания в ней химических элементов, а даже иногда приводит, наоборот, к их увеличению, что представляет угрозу для здоровья человека.

Пространственное распространение химических элементов в накипи отразилось в виде обширного картографического материала на примере Томской области.

Кроме того, была выявлена связь элементного состава накипи и крови человека у жителей Томской области.

*Таким образом, качество питьевых вод находится под пристальным вниманием большого количества исследователей, изучающие ее химический состав, гигиенические показатели, влияние на состояние здоровья человека. Одним из субстратов отражающим качество питьевых вод выступает накипь, образующееся в бытовой нагревательной посуде в результате процесса кипячения. Накипь из природных пресных вод как объект исследования обладает рядом достоинств, такими как, экспрессен в отборе, не требует сложной пробоподготовки. Результаты анализа накипи природных пресных вод отражают специфику территории исследований.*

*Накипь уже нашла свое применение в прогнозно-металлогенических целях на примере золота, серебра и урана и в практике медико-географического районирования территории. Последнее отражается в динамике значимых корреляционных связей.*

*Элементный состав накипи коррелирует с таковыми различных объектов окружающей среды.*

## ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ, ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Республика Казахстан расположена в центре материка Евразия. По своему административно-территориальной структуре государство разделяется на 14 областей и 2 города республиканского значения (рисунок 2.1).

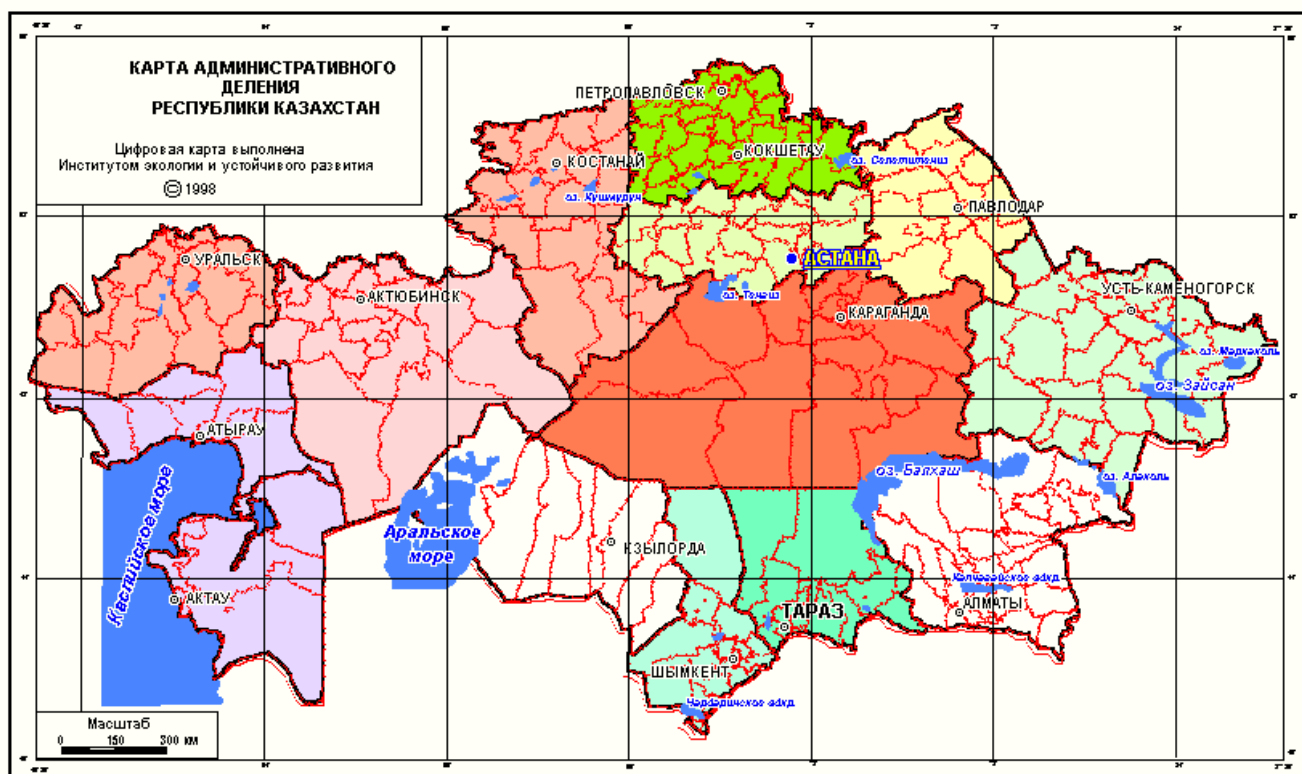


Рисунок 2.1 – Карта Республики Казахстан

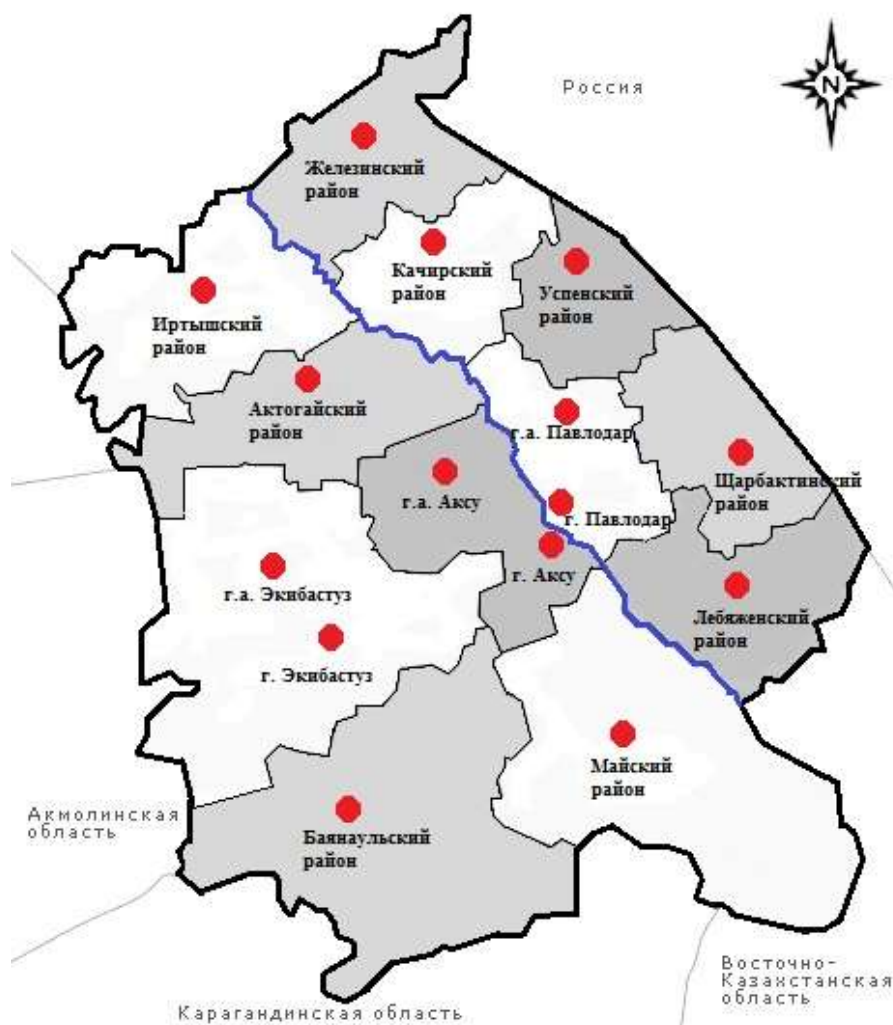
Территорией нашего исследования является Павлодарская область, которая образована в январе 1938 года с областным центром – городом Павлодаром, расположенным на берегу самой крупной реки Казахстана – Иртыше.

В состав территории исследования входит 12 районов: Иртышский, Железинский, Актогайский, Качирский, Успенский, Баянаульский, Лебяжинский, Щарбактинский, Майский, в том числе городские акиматы (далее г.а.) Павлодара, Экибастуза, Аксу (рисунок 2.2). Каждый из представленных городов имеет свои сельские округа. Рельеф территории в основном равнинный и степной, только в

Баянаульском районе (юг, юго-запад) имеются горы, такие как Баянаульские, Кызылтауские.

Кроме того, одной их характерных особенностей рельефа территории являются наличие степных западин, котловин, занятые озерами и гривы.

В юго-западной части находится Казахский мелкосопочник.



*Рисунок 2.2 – Карта Павлодарской области с изменениями автора  
(Альбом карт обл. РК, 2008)*

На территории области климат резко континентальный. Лето – жаркое, сухое со средними температурами примерно 20 °С (север), 22 °С (юг). Зима – малоснежная, холодная со средними температурами в январе 19,5° С (север), 17,5° С (юг). Отмечаются резкие перепады температур в течение суток, сильные ветра,

метели, пылевые бури и суховеи. Среднегодовое количество осадков составляет на юге 220—240 мм, на севере— 305 мм, в горах — 320 мм. Вегетационный период 167 суток на севере, 178 — на юге ([www.oblstat.pavl.kz](http://www.oblstat.pavl.kz)).

Иртыш - единственная крупная река, которая протекает с юго-востока на северо-западе и на всем своем протяжении (500 км) имеет несколько островов и протоков-стариц. Такие реки как, Оленты, Щидерты и другие начинаются в мелкосопочнике и не достигая реки заканчиваются в бессточных озерах.

Данный район исследования с активной ветровой деятельностью, по шкале Бофорта со слабыми ветрами (рисунок 2.3).

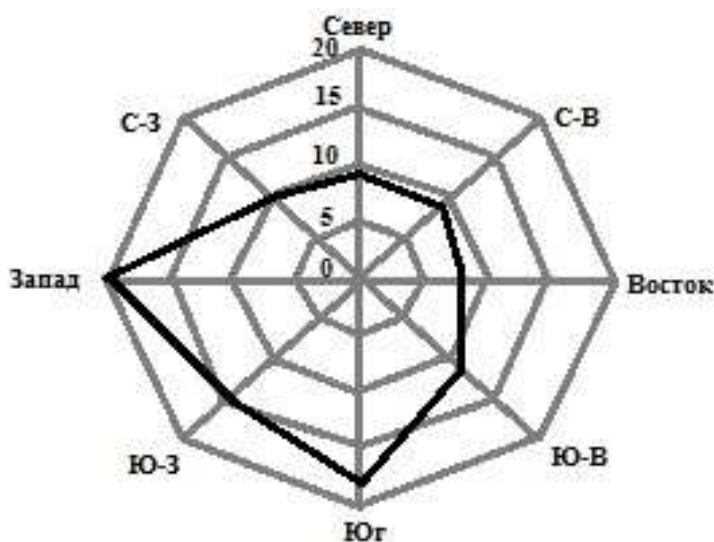


Рисунок 2.3 – Преобладающее направление ветра, % ([www.kazhydromet.kz](http://www.kazhydromet.kz))

В соответствии с природной зональностью на севере области (севернее  $53^{\circ}20'$  с.ш.) распространены южные черноземы. На большей части области, в её средней полосе господствуют темно-каштановые почвы. На крайнем юге области (южнее  $50^{\circ}40'$  с. ш. в Приертисской полосе левобережья) преобладают каштановые почвы. В пределах мелкосопочника выделяется группа горных почв – горнолесных, горных черноземов и горных темно-каштановых почв. Все вышеперечисленные почвы образуют ряд зональных или автоморфных почв и соответствуют степной, сухостепной и лесостепной растительности (Отчет по меропр....., 2008).



## 2.1 ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Ландшафтные условия территории определяются её внутриматериковым положением на стыке Западно-Сибирской низменности и Центрально-Казахстанского мелкосопочника (Отчет по меропр...., 2008) (рисунок 2.4).

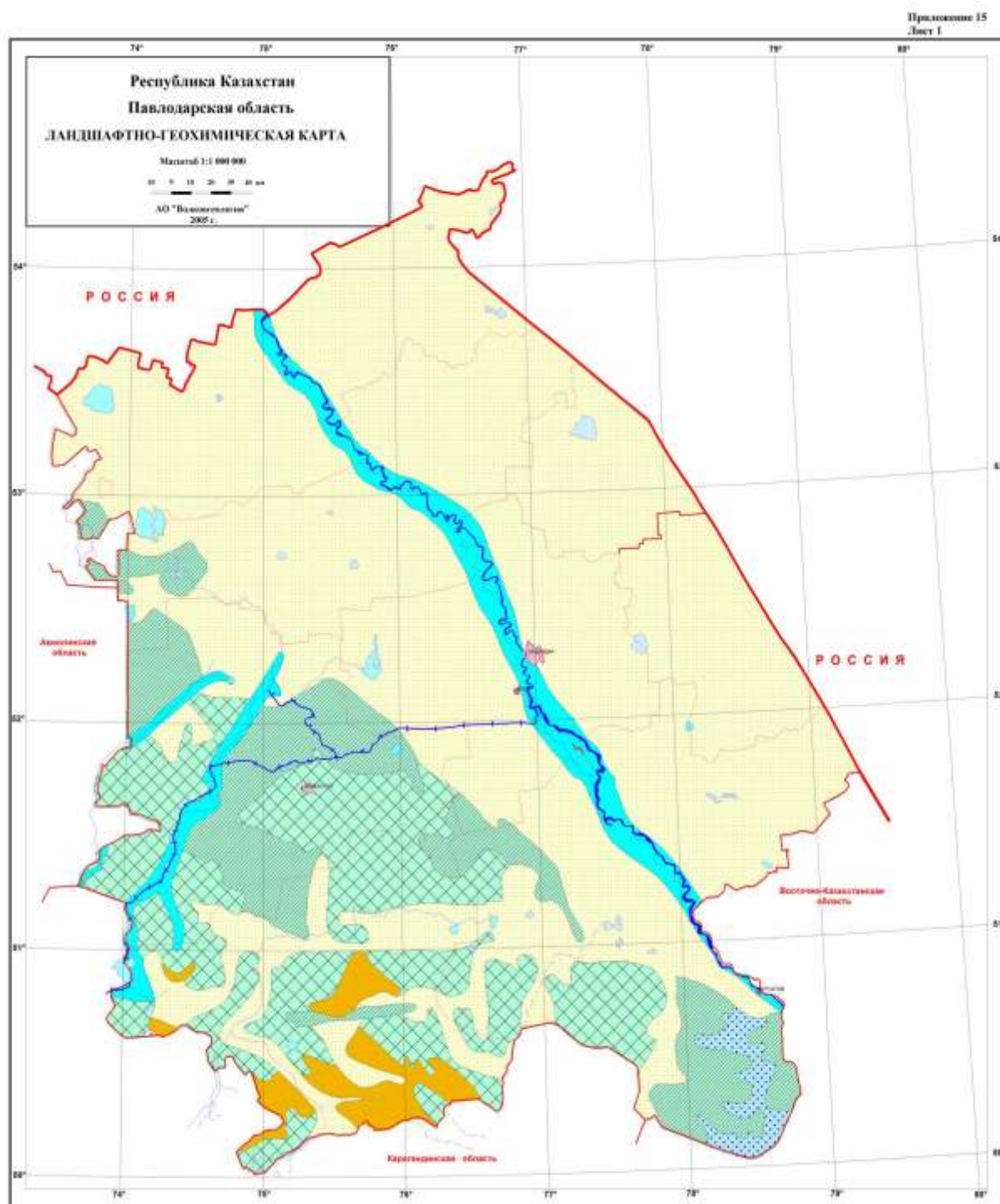
























Рисунок 2.4 – Ландшафтно-геохимическая карта

*Примечание:*  - границы ландшафтно-структурных блоков,  - ландшафтно-структурные блоки, ограниченные глубинными разломами,  - границы ландшафтно-тектонических зон;  - границы сложных местных ландшафтов. Сложные местные ландшафты: а) сильно расчлененные денудационные:  - высокогорные,  - среднегорные,  - низкогорные,  - адыры; б) автономные (умеренные и слаборасчлененные):  - мелкосопочник на домезозойском фундаменте;  - денудационные цокольные равнины. Пластовые равнины на отложениях:  - неогена,  - палеогена,  - верхнего мела; в) трансэлювиальные ландшафты:  - пролювиально-аллювиальные предгорные наклонные равнины,  - пролювиальные предгорные шлейфы,  - делювиально-пролювиальные шлейфы в обрамлении денудационных равнин и мелкосопочника,  - речные долины (действующие водотоки); г) аккумулятивные ландшафты:  - аккумулятивные аллювиальные равнины и речные террасы,  - аккумулятивные озерно-аллювиальные равнины,  - аккумулятивные аллювиальные равнины с эоловой переработкой,  - современные озерные террасированные впадины,  - бессточные впадины (такыры, солончаки), геохимически неустойчивые ландшафты (испарительные концентрации, пылевое рассеяние радиоактивных элементов)

Главным фактором, обуславливающим пространственные различия ландшафтной структуры области, является рельеф. По мере продвижения с севера на юг плоские и слабо-волнистые аккумулятивные озерно-аллювиальные равнины Приертистья сменяются к югу и юго-западу полого-волнистыми денудационными цокольными равнинами, а на крайнем юго-западе – эрозионно-денудационным мелкосопочником.

По особенностям морфометрических и морфографических характеристик рельефа, прежде всего относительной высоты, густоты и глубины расчленения, крутизны склонов, экспозиционных различий, на территории Павлодарской области получили развитие виды ландшафта: аккумулятивные озерно-аллювиальные равнины, денудационные цокольные равнины, мелкосопочник на домезозойском фундаменте, низкогорные речные долины.

Большая протяженность территории области в меридиональном направлении (на 500 км) предопределяет широтную дифференциацию типов ландшафтов от лесостепных на крайнем северо-востоке, до степных и

сухостепных в центре и на юге области соответственно (Отчет по меропр...., 2008).

## 2.2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Территория района исследования относится к южной части Западно-Сибирской плиты, сложенной породами осадочного магматического и метаморфического генезиса от допалеозойского до современных возрастов и северо-восточной части Казахского мелкосопочника (рисунок 2.5) (Геология СССР, 1989).

Казахский щит представляет собой обширное поднятие герцинского фундамента в пределах которого расположены отдельные мульды и грабен-мульды, выпущенные верхнетриасовыми юрскими отложениями, равнинные районы, перекрытые неогеновыми и четвертичными отложениями. Их разделяют выходы древних пород, местами в виде невысоких горных цепей, отдельных массивов мелкосопочника и низких гор.

В конце палеозоя – начале мезозоя на территории Павлодарской области завершился длительный этап геосинклинального развития. В результате преобразования земной коры – складчатости магнетизма пневмато-гидротермальных процессов – возникла молодая (эпигерцинская) Западно-Сибирская платформа.

Ведущая роль в минерально-сырьевом балансе республики принадлежит территории Павлодарской области.

На территории области сосредоточено около 35,7 республиканских балансовых запасов угля (первое место в республике), 16 % никеля (второе место), 5,2 % золота (четвертое место), 3,7 % меди (пятое место), 2,3 % молибдена (пятое место), 0,9 % цинка, 0,3% свинца, 1,7 % барита, 30 % флюсовых известняков. Одной из главных особенностей рудных запасов края является их поликомпонентный состав (Чуб, 1996).

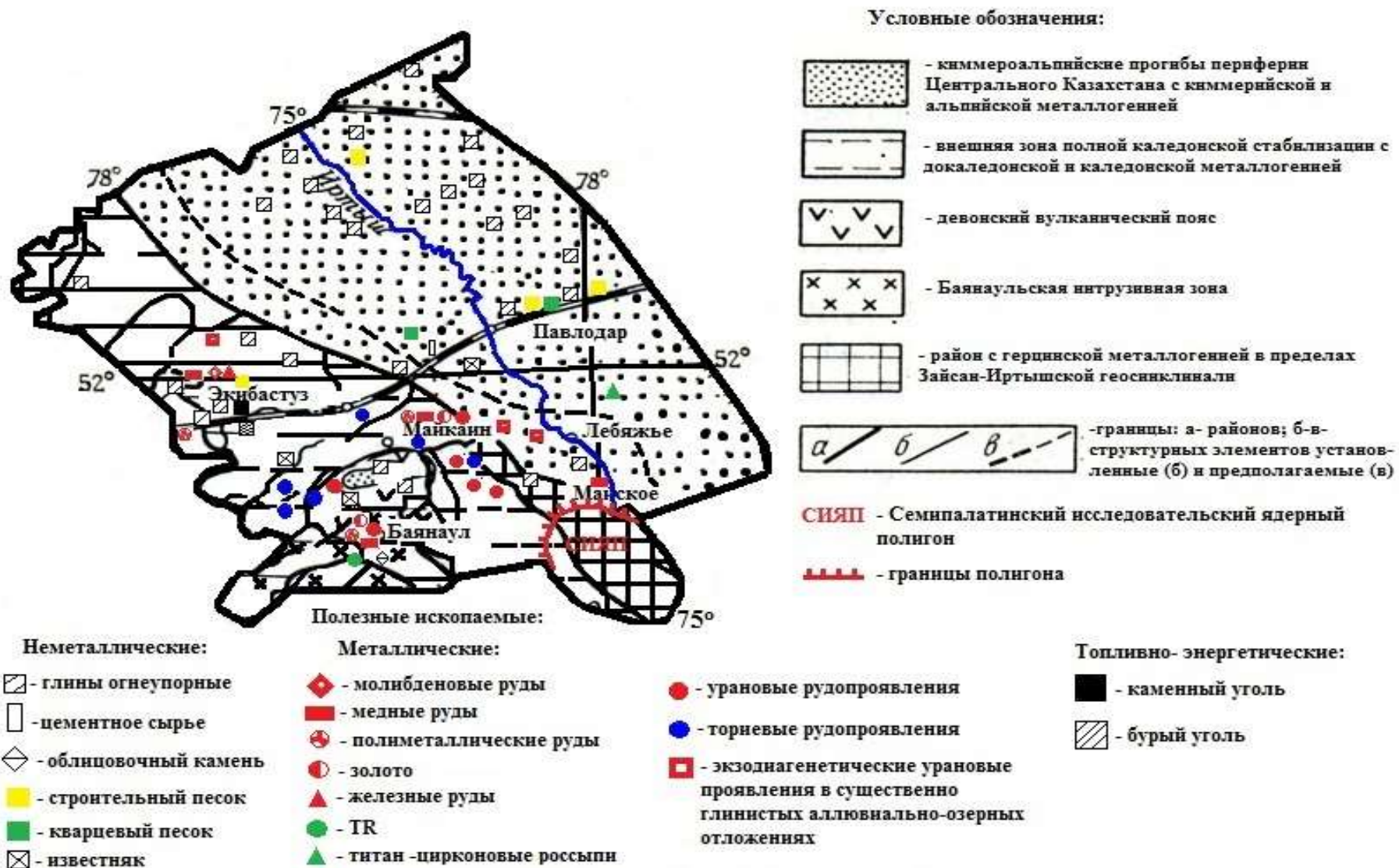


Рисунок 2.5 – Схематическая геолого-металлогеническая карта Павлодарской области

(Геология СССР, 1989; Отчет по меропр..., 2008; Джаксыбаев, 2003; www.geology.kz; www.pavlodar.gov.kz)

Кроме того, обнаружены месторождения бирюзы и малахита.

На территории исследования нет открытых месторождений нефти и газа. Но геологи считают территорию Прииртышской впадины весьма перспективной в отношении запасов углеводородного сырья (Кузнецов, 1958).

На территории Павлодарской области имеются 105 месторождений общераспространенных полезных ископаемых с утвержденными запасами, в том числе: кирпичного сырья – 41; строительного камня – 18; строительного песка – 13; поваренной соли – 13; песчано-гравийного материала – 8; декоративно-облицовочного камня – 4, известняка – 3; цементного сырья – 2; керамзитового сырья – 2; формовочных материалов – 1. Из общего количества имеющихся месторождений, свободных – 62.

### **2.3 ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ**

До 50 годов XX века исследования проводились в период кратковременных экспедиций ученых из Алматы, Москвы, Ленинграда (ныне Санкт-Петербурга). В 1927 году в научном труде по гидрогеологии «Краткий гидрогеологический очерк Казахстана» описаны сведения о подземных водах, так на территории тогда существовавшего, Павлодарского уезда были пробурены 2 глубокие скважины (№ 37 – на границе с Алтайским краем и № 39 – район села «Щидертинский»).

После 50 годов XX века интенсивно начались исследования гидрогеологических условий области в связи с освоением целинных и залежных земель. Изучение и открытие месторождений пресных подземных вод в области связано с именами А.Ф. Мельников, С.П. Фролов, Г.П. Корюкин, В.В. Визнюк, Н.Р. Шаймерденов, П.Ф. Копылов, А.А. Свищев, С.М. Мухамеджанов и другими.

Исследования гидрогеологических условий изучаемой территории нашли свое отражение в научных трудах (Мухамеджанов, 1971; Гидрогеология СССР, 1966; Шаймерденов, 2002).

Павлодарская область в гидрогеологическом отношении находится в пределах Иртышского артезианского бассейна II порядка, который является частью Западно-Сибирского бассейна I порядка. Другая часть занимает территорию северных склонов Центрально-Казахстанского мелкосопочник, представленный Кокшетау- Экибастузским гидрогеологическим районом II порядка (Шаймерденов, 2002).

В целом водные ресурсы территории исследования включают в себя реки Иртыш, Щидерты, Оленты, Селеты и другие поверхностные источники, а также подземные воды.

Общая схема гидрогеологического районирования территории Павлодарской области представлена на рисунке 2.6

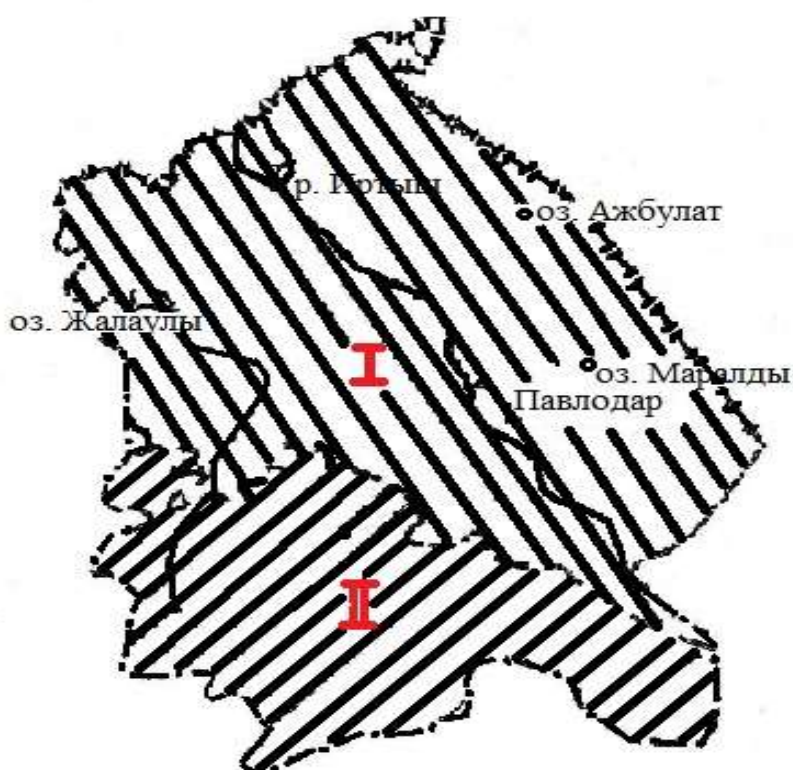




Рисунок 2.6 – Схема гидрогеологического районирования территории Павлодарской области (Шаймерденов, 2002)

Примечание: Гидрогеологические районы I порядка – I – Ишим-Иртышский, II – Центрально-Казахстанский; Гидрогеологические районы II порядка -  - Иртышский артезианский бассейн;  - Кокшетау-Экибастузский; --- - границы гидрогеологических районов I порядка.

Поскольку наши исследования, затрагивают территорию всей Павлодарской области, ниже приводим краткую характеристику существующих гидрогеологических районов.

#### Гидрогеологические районы I порядка:

1. Ишим-Иртышский гидрогеологический район включает в себя северную и северо-восточную часть изучаемой территории, представлен Иртышским артезианским бассейном II порядка.

2. Центрально-Казахстанский гидрогеологический район захватывает юг территории области, представлен Кокшетау-Екибастузским гидрогеологическим районом II порядка.

#### Гидрогеологические районы II порядка:

##### *1. Иртышский артезианский бассейн*

1.1 Четвертичный водоносный комплекс поймы и надпойменных террас Иртыша включает в себя территории Аксуского, Павлодарского, Майского, Лебяженского районов. Подземные воды ультрапресные и пресные с минерализацией 0,1 – 1,0 г/дм<sup>3</sup>, химический состав вод преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, реже гидрокарбонатно-сульфатные-кальциевые-натриевые.

1.2 Неогеновый водоносный комплекс расположен на правом берегу Иртыша и на северо-западе левобережья, химический состав, которых гидрокарбонатный магниевый-кальциевый с минерализацией 1–1,5 г/дм<sup>3</sup>. В связи с малой мощностью водоносного комплекса неогена, воды используются жителями сельских районов, а также эксплуатируются некоторыми промышленными предприятиями.

##### 1.3 Палеогеновый водоносный комплекс

1.3.1 Водоносный горизонт верхнеолигоценых отложений чаграйской свиты распространен на юго-востоке и востоке правобережья, на левобережье, а также в центральной части Павлодарского Прииртышья с минерализацией 0,2-1,0 г/дм<sup>3</sup> и с химическим составом преимущественно гидрокарбонатный натриево-кальциевый.

1.3.2 Водоносный комплекс ниже-среднеолигоценовых отложений атлымской и новомихайловской свит распространен повсеместно, на юго-западе, западе левобережья водоносный комплекс связан с долинами рек Щидерты, Оленты, Селеты. Химический состав – гидрокарбонатный-натриевый с минерализацией 0,2–0,9 г/дм<sup>3</sup>.

#### 1.4 Водоносные горизонты в меловых отложениях

1.4.1 Ипатовский (верхнемеловой) водоносный горизонт распространен повсеместно, воды юго, юго-восточной части области преимущественно гидрокарбонатные натриевые с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup> и распространяется до северо-запада, запада, юго-запада, далее воды с минерализацией 1–1,5 г/дм<sup>3</sup>. До широты г. Павлодара распространены воды хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные натриевые, к северу и северо-востоку гидрокарбонатные натриевые. Водоносный горизонт очень важен для хозяйств Лебяженского, Успенского, Щербактинского, Павлодарского, Качирского районов.

1.4.2 Покурский (нижневерхнемеловой) водоносный комплекс в пределах Иртышского артезианского бассейна распространен повсеместно, воды сульфатно-гидрокарбонатные натриевые с минерализацией от 0,3 до 9,1 г/дм<sup>3</sup>.

2. *Кокшетау-Экибастузский гидрогеологический район* находится в восточной и северо-восточной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника (Экибастузский, часть Майского, Баянаульского районов).

2.1 Водоносный комплекс преимущественно карбонатных пород фаменского, турнейского и нижневизейского ярусов. Воды пресные с минерализацией до 1, реже до 5 г/дм<sup>3</sup>. Воды использовались для рудника «Майкаинзолото».

2.2. Водоносная зона открытой трещиноватости гранитных интрузий палеозоя. Водоносная зона расположена в Баянаульском районе. Химический состав вод преимущественно гидрокарбонатный кальциевый с минерализацией до 0,5 г/дм<sup>3</sup>. Воды используются населением поселка.

В общем, бассейн реки Иртыш обладает благоприятными климатическими условиями достаточной обеспеченностью водными ресурсами,



хотя их распределение крайне неравномерное. Районы, которые находятся вблизи крупных водотоков, более обеспечены поверхностными и подземными водами. Районы, которые удалены от речных систем имеют острый дефицит поверхностных вод. Естественно в таких условиях, подземные воды играют значительную роль, как в хозяйственно-питьевом, так и в производственно-техническом водоснабжении.

Более высокие требования предъявляются к качественному составу подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. Водоснабжение населенных пунктов сельского типа зависят от наличия подземных вод и состоянии их разведанности. 40–50% населения получают воду централизованно (из локальных и групповых водопроводов), т.е. обеспеченность населения водопроводной водой близка к среднереспубликанской.

В северо-западной части области используются 3 групповых водопровода (протяженность 337 км), которые обеспечивают водой 34 поселка, источниками которых являются подземные воды.

В 285 селах имеются локальные системы водоснабжения, из которых в 282 источником водоснабжения являются подземные воды и три поселка используют поверхностные воды. 557 населенных пунктов обеспечиваются децентрализованно путем наличия индивидуальных трубчатых и шахтных колодцев, а также частично поверхностных вод.

Большая часть сельского населения использует подземные воды хозяйственно-питьевого водоснабжения, на долю которого приходится 90%.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение обеспечивается за счет как подземных, так и поверхностных источников в соответствии с геолого-гидрогеологическими и физико-географическими условиями Павлодарской области. Водоснабжение поселков вблизи реки Иртыш и канала Иртыш-Караганда осуществляется за счет поверхностных вод.

Так как города находятся рядом с водными артериями, их водоснабжение основывается также на поверхностных водах. За счет поверхностных вод

организовано централизованное водоснабжение трех городов области – Павлодара, Аксу, Экибастуза, некоторых райцентров и ряда более мелких прибрежных поселков Иртышского, Майского, Актогайского, Павлодарского, Железинского и Лебяженского районов.

Помимо 3 городов в пределах бассейна реки Иртыш насчитывается тринадцать крупных сел (райцентры, рабочие поселки) с населением около 8–10 тысяч человек. Питьевое водоснабжение обеспечивается поверхностными и подземными водами. Такие населенные пункты, как Успенка, Калкаман, Лебяжье, Качиры, Железинка, Щарбакты используют подземные воды.

Все они обеспечены разведанными запасами подземных вод в количествах, удовлетворяющих потребность в водах хозяйственно-питьевого назначения. Населенные пункты, которые не обладают разведанными запасами подземных вод, необходимых для хозяйственно-питьевых целей используют поверхностные воды, а именно Белогорье, Шоптыколь, Ленинский, Шидерты, Красногорка, Бозшаколь.

Значительная часть населения проживает в относительно небольших населенных пунктах, бывших хозяйственных центрах (28 совхозов, колхозов) сельской местности. Их питьевое водоснабжение обеспечивается подземными водами, которые были выявлены еще при поиске водоснабжения хозяйственных центров.

Из 443 хозяйственных центров, функционировавших на территории области, к началу 90-х годов было найдено 399, из которых в 332 случаях получены положительные результаты. В правобережной зоне, где более благоприятные гидрогеологические условия была достигнута максимальная результативность поисков (100%).

При этом на левобережье максимальная результативность и эффективность работ составила 66%. Если останавливаться более подробно по районам, то большая часть Актогайского, Майского, западная часть Павлодарского, южная и центральная части Иртышского районов неперспективны на поиски пресных подземных вод. Преимущественно воды с

минерализацией 1,5–2 г/дм<sup>3</sup>. Поэтому водоснабжение этих населенных пунктов возможно при опреснении солоноватых вод или путем строительства групповых и локальных водопроводов, а также необходимо провести поиск на большем удалении от водопотребителей.

В целом по Павлодарской области в общем объеме водопотребления сельских населенных пунктов подземными водами составляет около 85%. При этом водоотбор обеспечивается преимущественно на территориях с разведанными запасами подземных вод. Первостепенное значение в вопросе водоснабжения населения Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей имеет водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений. Из 71 разведанного месторождения на долю речных долин приходится 44. Глубины скважин 29 здесь зависят от мощности аллювия и литологического состава водовмещающих пород. В соответствии с условиями формирования подземных вод Прииртышского артезианского бассейна наблюдается четкая гидрохимическая зональность. В области питания (юго-восточная часть бассейна) получили распространение пресные воды. По мере погружения водосодержащих пород происходит повышение минерализации подземных вод. Пресные воды используются для орошения и хозяйственно-питьевого водоснабжения, а солоноватые – только для орошения. В связи с моноклиналим погружением водосодержащих пород Прииртышского артезианского бассейна в северном направлении (от 80–100 м в районе боровых песков Семипалатинского Прииртышья до 700–800 м вблизи границы с Россией), соответственно увеличиваются и глубины эксплуатационных скважин, вскрывающих подземные воды палеогеновых и меловых отложений от 100–120 до 700–900 м. (Хамзина и др., 2013).

За 2015 год согласно отчетам по программе Акбулак, которая интегрирована в «Программу развития регионов до 2020 года» обеспеченность централизованным водоснабжением в Павлодарской области составляет 19,4% или 79 населенных пунктов. При сравнении с 2011 годом доступность к централизованному типу водоснабжения обрели 30 тысяч человек,

проживающих в сельских районах. В эксплуатацию введены объекты водоснабжения 12 населенных пунктов. При этом 237 поселков используют для питьевого водоснабжения трубчатые шахтные колодца, или скважины. 10 населенных пунктов обеспечиваются привозной водой (3233 человек) и 81 поселков используют очищенную воду из установок комплексных блок модулей. В таких районах как Павлодарский, Железинский, Качирский обеспечен высокий доступ к централизованному типу водоснабжения. Напротив в Иртышском, Майском, Актогайском районах осуществляется низкий доступ централизованному водоснабжению. В селах Ленино, Красноармейка, Жанажулдыз на консервации находятся установки блок модулей, поскольку имеется централизованное водоснабжение. В рамках данной программы продолжается геолого-разведочная работа, разработка проектно-сметной документации, строительство объектов водоснабжения. В Лебяженском и Успенском районах производятся доразведка месторождений подземных вод. Реализация групповых водопроводов Майский и Беловодский имеет свои недоработки, поскольку первой подрядной организацией были выполнена некачественная работа (устное сообщение А. Несипбекова).

С 2014 по 2017 год планируется увеличить обеспеченность сельской местности питьевой водой на 39%. С 2018 по 2020 год этот показатель достигнет 76 % ([http://www.pavlodar.gov.kz/page.php?page\\_id=149&lang=1](http://www.pavlodar.gov.kz/page.php?page_id=149&lang=1)).

#### **2.4 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ТЕРРИТОРИИ**

Павлодарская область – один из крупных индустриальных центров Республики Казахстан. Главной отраслью области является металлургическая промышленность, которая обеспечивает около 70 процентов объема производства. Большая часть обрабатывающей промышленности сосредоточена в г. Павлодаре: машиностроение и металлообработка (алюминиевый и электролизный заводы), химическая (нефтехимический) и отчасти лёгкая, создана крупная промышленность стройматериалов (кирпичный завод) (рисунок 2.7).



1 – ТЭЦ-1; 2 – ТЭЦ –3; 3 – АО «Павлодарские тепловые сети»; 4 – АО «Саякэнергоремонт»; 5 – АО «Павлодарская электроснабжающая компания»; 6 – АО «Алюминий Казахстана»; 7 – «Трамвайное управление»; 8 – АО «Павлодартрактор»; 9 – ПЗАО «Вторчермет»; 10 – «Павлодаршина»; 11 – ТЭЦ-1; 12 – Отдел железной дороги; 13 – АО «Судостроитель»; 14 – ОАО «Павлодар Пинскадров»; 15 – ПФ ТОО «Кастинг»; 16 – ОАО «Павлодарский машиностроительный завод»; 17 – «Востокгазоочистка»; 18 – Предприятие водных путей; 19 – ТОО ФК «Ромат»; 20 – АО ЖБИ-1; 21 – ЖБИ-3; 22 – АО «ПНЗ ССЛ»; 23 – АО «Картонно-рубероидный завод»; 24 – Радиотелевизионный передающий центр; 25 – Швейная фабрика «8 Марта»; 26 – ТОО «Арго»; 27 – АО «Сут»; 28 – АО «Павлодарсоль»; 29 – ОАО «Павлодарский химический завод»; 30 – АО «Павлодармолоко»; 31 – ТОО «Кварц»; 32 – АО «Роса»; 33 – Хлебобулочный комбинат; 34 – АО «Медполимер»; 35 – ТОО «Пластфарм»; 36 – ТОО «Агрорезинотехника»; 37 – АО «Камкор»; 38 – АО «Иртыш-Лада»; 39 – «Павлодаррезинотехника»; 40 – АО «Энергострой»; 41 – АО ОТ «Автобаза спецшасси»; 42 – АО «Строймонтаж»; 43 – КРГ «Горводоканал»; 44 – АО «Нефтехимремонт»; 45 – АО «Павлодаргаз»; 46 – «Павлодарский завод молочных консервов»; 47 – АО «Тяжк и кавация-22»; 48 – АО «Промтехмонтаж»; 49 – КП «Мехколонна-59»; 50 – АО «Гордорстрой»; 51 – ОАО «Казэнергокабель». Центральные автодороги города: 52 – ул. Кутузова; 53 – ул. Дзержинского; 54 – ул. Торайгырова. ■ – АЭС

Рисунок 2.7 – Схематическая карта местоположения предприятий на территории города Павлодара (Аджаев, 2007)

На городских территориях (Павлодар, Экибастуз, Аксу) находятся крупные ТЭЦ, которые работают на экибастузском (местный), карагандинском и кузнецком (привозной) угле и мазуте.

Основные отрасли горнодобывающей промышленности: добыча соли в озёрах Прииртышья (Таволжан, Калкаман), добыча угля (Майкубенское и Экибастузское месторождения), и руд цветных металлов и золота (Бозшакольское и Майкаинское золоторудное месторождение) — в районе Казахского мелкосопочника, огнеупорных известняков и глин — в долине Иртыша (Смаилов, 2010).

Всего в Павлодарской области зарегистрировано 1012 промышленных предприятий и производств (Султанова, 2015).

Выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от стационарных источников по Павлодарской области в 2009 году составили 13,4 млн. тонн. Их уровень по сравнению с 2008 годом уменьшился на 2,5%.

В атмосферу области после очистки, обезвреживания и утилизации выброшена 561 тысяча тонн загрязняющих веществ, что на 6% больше, чем в 2008 году. Из них 60,8% составляют газообразные и жидкие вещества, 39,2% - твердые. Ежегодный уровень образования отходов производства в Павлодарской области остается высоким (Об ит. раб. Павл. обл. ..., 2008).

По данным департамента статистики Павлодарской области в 2010 году в Павлодарской области количество загрязняющих веществ, отходящих от всех стационарных источников, составило 14 млн. тонн. Их уровень по сравнению с 2009 годом увеличился на 4,3% (Смайлов, 2010).

Предприятиями области было уловлено и обезврежено 95,9%, или 13,4 млн. тонн загрязняющих веществ.

В атмосферу области после очистки, обезвреживания и утилизации выброшено 572 тыс. тонн загрязняющих веществ, что на 2% больше, чем в 2009 году. Из них 64,2% составляют газообразные и жидкие вещества, 35,8% - твердые.

Основными загрязнителями атмосферного воздуха являлись предприятия электроснабжения, подачи газа, пара и воздушного кондиционирования, их удельный вес в общем объеме выбросов составил 63,3%, предприятия обрабатывающей промышленности выбросили 36,4% загрязнений.

По данным департамента статистики Павлодарской области в 2011 году в Павлодарской области количество загрязняющих веществ, отходящих от всех стационарных источников, составило 14,9 млн. тонн. Их уровень по сравнению с 2010 годом увеличился на 6,4%.

Предприятиями области было уловлено и обезврежено 96%, или 14,3 млн. тонн загрязняющих веществ.

В атмосферу после очистки, обезвреживания и утилизации выброшено 632 тыс. тонн загрязняющих веществ, что на 10,5% больше, чем в 2010 году. Из них 69% составляют газообразные и жидкие вещества, 31% – твердые. Их уровень по сравнению с 2010 годом увеличился на 9,4% (Смайлов, 2012).

Основными загрязнителями атмосферного воздуха являлись предприятия электроснабжения, подачи газа, пара и воздушного кондиционирования, их удельный вес в общем объеме выбросов составил 63,9%, предприятия обрабатывающей промышленности выбросили 35,8% загрязнений.

В 2011 году объемы выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух составили 2 346,3 тысяч тонн. Из общего количества выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ было уловлено и обезврежено 92,3% (Смайлов, 2010).

В атмосферу после очистки, обезвреживания и утилизации выброшено в 2013 году – 650 тысяч загрязняющих веществ, что на 4 % меньше, чем в 2012 году (Султанова, 2014).

Индекс загрязненности воды реки Иртыш составляет – 1-2,5 и относится по качеству воды к умеренно загрязненному типу (3 класс). В 2010 году ИЗВ<sub>ср.</sub> равно 1,12.

По ранее проведенным исследованиям река Иртыш и ее правые притоки более подвержены антропогенному влиянию (Панин, 1997). По сравнению с

левобережьем, в водах правого берега обнаружены более высокие концентрации марганца, меди, цинка, кобальта, кадмия, свинца, молибдена, хрома. По данным (Панин, 2000) выявлено, что донные отложения реки Иртыш и ее правых притоков считаются высокозагрязненные по сравнению с левыми притоками.

По данным информационного бюллетеня о трансграничном переносе токсичных компонентов в объектах окружающей среды в донных отложениях р. Иртыш на границе с Россией выявлены наибольшие концентрации циркония (Zr – 331 мкг/г) и гафния (Hf – 12 мкг/г). Их значения существенно (примерно на 70%) выше, чем соответствующие значения для прибрежной почвы на установленном контрольном пункте (Инф. бюлл. о транс. пер...., 2011).

Серьезную опасность вызывает состояние накопителей промышленных сточных вод (озера Атыгай, Туз, Былкылдак, Сарыпан), золошламоотвалов (озеро Карасор), техническое состояние канала Иртыш-Караганда.

*Таким образом, территория области с одной стороны представлена своеобразным климатом, ландшафтной структурой, с другой стороны является крупным промышленным центром страны, в недрах, которой сосредоточена практически вся таблица Менделеева. Более тысячи предприятий, несомненно, загрязняют - атмосферный воздух, что выражается в увеличивающемся количестве выбросов вредных веществ, - питьевую воду, показателем, которой выступает индекс загрязненности. Столь напряженная экологическая обстановка и богатство недр требует более детального изучения.*



## ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ

На территории Павлодарской области в роли объекта исследования выступили солевые отложения (накипь) природных пресных вод из бытовых нагревательных приборов. Предмет исследования – минеральный и элементный состав. Исследования солевых отложений природных пресных вод проводились как на городских территориях, так и на сельских.

Первые представлены тремя городами со сложной техногенной нагрузкой: Павлодар, Экибастуз, Аксу.

Территории сельского типа представлены следующими районами: Баянаульский (18500 км<sup>2</sup>), Майский (11974 км<sup>2</sup>), Иртышский (10200 км<sup>2</sup>), Актогайский (9800 км<sup>2</sup>), Лебяженский (8100 км<sup>2</sup>), Качирский (6800 км<sup>2</sup>), Железинский (7700 км<sup>2</sup>), Щарбактинский (6900 км<sup>2</sup>), Успенский (5500 км<sup>2</sup>), г.а. Экибастуза (188 км<sup>2</sup>), г.а. Павлодара (6100 км<sup>2</sup>), г.а. Аксу (8089, 66 км<sup>2</sup>).

Точки пробоотбора выбраны в зависимости от природно-климатических, ландшафтно-морфологических факторов, расположение источников техногенного загрязнения, учитывая ранее проведенные исследования и существующие нормативные документы. Также немаловажную роль в определении точек отбора сыграла удаленность от территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона (полигон находится на границе 3 областей (Восточно-Казахстанской, Карагандинской и Павлодарской)).

Помимо учета основных факторов мы старались создать более или менее равномерную сеть опробования по Павлодарской области (рисунок 3.1).

На территории 52 населенных пунктов Павлодарской области было отобрано 147 проб поверхностных и подземных вод и 207 проб солевых образований природных пресных вод (=354) (таблица 3.1).

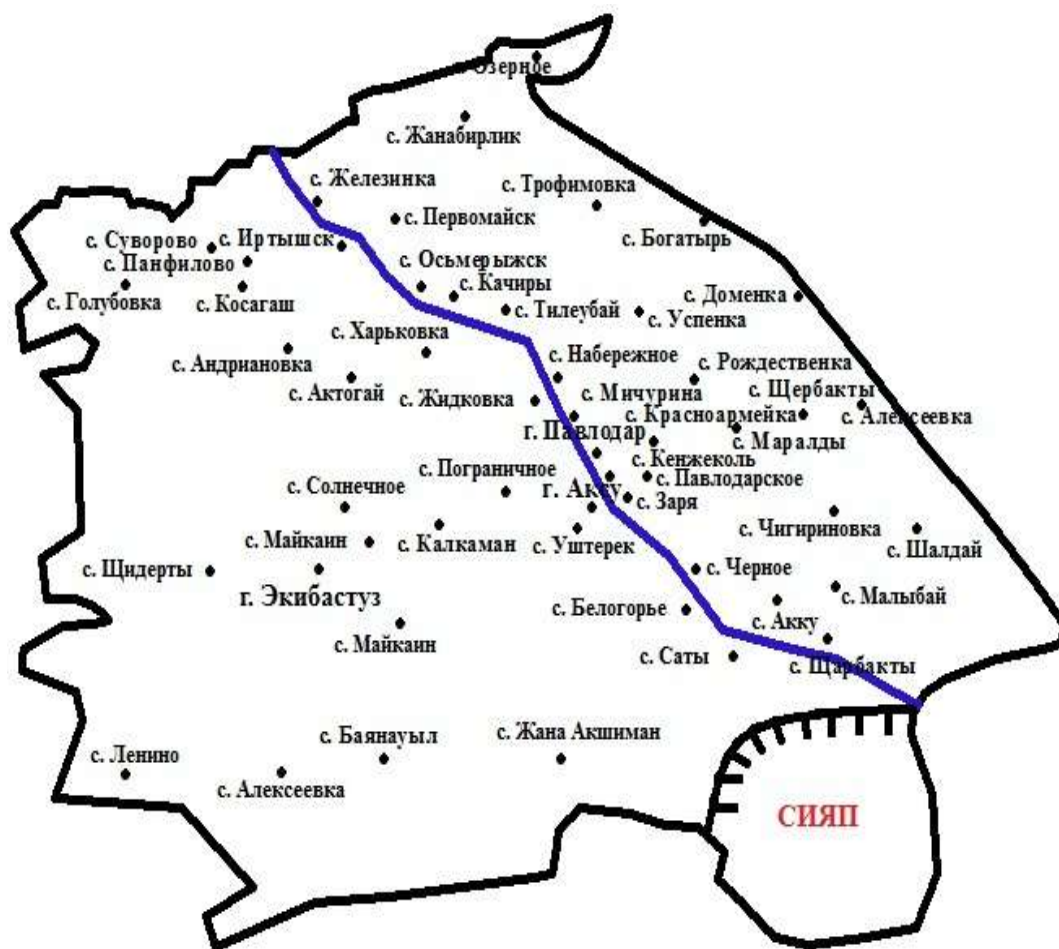


Рисунок 3.1 – Карта точек отбора проб питьевой воды и накипи из природных пресных вод на территории Павлодарской области

Примечание: СИЯП – Семипалатинский исследовательский ядерный полигон.

Таблица 3.1 – Количество проб накипи, отобранной на территории Павлодарской области

№ п/п	Район	Количество проб
1	2	3
1	Баянаульский (районный центр – село Баянауыл)	14
2	Майский (районный центр – село Белогорье)	11
3	Иртышский (районный центр – село Иртышск)	14
4	Актогайский (районный центр- село Актогай)	18
5	Лебяженский (районный центр – село Акку)	12
6	Качирский (районный центр – село Теренколь)	13

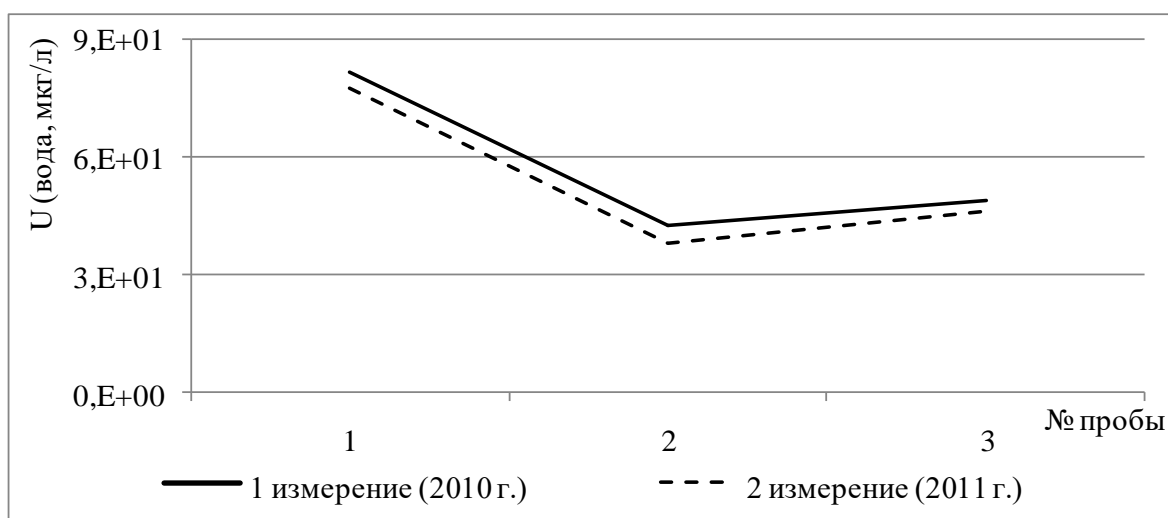
1	2	3
7	Железинский (районный центр – село Железинка)	9
8	Щарбактинский (районный центр – село Щарбакты)	15
9	Успенский (районный центр – село Успенка)	12
10	г.а. Экибастуз (районный центр – город Экибастуз)	21
11	г.а. Павлодар (районный центр – город Павлодар)	45
12	г.а. Аксу (районный центр – город Аксу)	23

На территории каждого района Павлодарской области отобрано по одной пробе воды (=12) для определения общих химических показателей и для нахождения связи в системе «вода-накипь». Пробы воды отобраны по тем же адресам, что и накипь. В полевых условиях в воде измерены температура, водородный показатель кислотности среды (прибор –рН-200). Отбор проб питьевой воды производится в соответствии с ГОСТ Р 51593-2000, воды источника водопользования по ГОСТ 17.1.5.05-85 (ГОСТ Р 51593-2000, 2000; ГОСТ 17.1.5.05-85, 1986).

Отбор проб накипи из природных пресных вод осуществлялся в соответствии с рекомендациями, изложенными в патенте №2298212 «Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды». Накипь природных пресных вод отобраны из бытовой утвари, предназначенной именно для питьевого водоснабжения (чайники, кастрюли), в которой неоднократно кипятилась вода, аккуратным постукиванием стенок посуды с помощью ножа, изготовленного из нержавеющей стали. Для каждой пробы учитывались несколько характеристик: вид посуды, в которой кипятилась вода, глубина колодца в сельских населенных пунктах, по возможности временные рамки образования накипи.

В населенных пунктах в элементном составе питьевой воды, которой встречались аномальные значения урана, через год были вновь опробованы, с

целью получения достоверного материала. Результаты представлены на рисунке 3.2.



*Рисунок 3.2 – Достоверность результатов измерения урана в воде, встречающихся в аномальных концентрациях*

### 3.2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

В работе (Монголиной, 2011) отмечалось, что солевые отложения из природных пресных вод Томской области отличаются обширной цветовой гаммой от белого до темно-коричневого (рисунок 3.3), не исключения и накипь из Павлодарской области. Даже в накипи, отобранной из одного и того же дома и чайника могут встречаться частицы 2 цветов, как правило светлого и темного оттенков.

1) Успенский район с. Богатырь



2) Иртышский район, с. Косагаш



3) г. Павлодар, ул. 1 Мая



4) г. Павлодар, ул. Естая 140



5) Актогайский район, с. Харьковка



6) г. Павлодар, ул. Павлова 40



*Рисунок 3.3 – Солевые отложения природных пресных вод районов Павлодарской области*

Для эксперимента отобрана накипь из природных пресных вод подземного (Актогайский район, с. Харьковка) и поверхностного (г. Павлодар, ул. Павлова 40) источника.

Под бинокулярным стереоскопическим микроскопом накипь разделена на частицы белого и коричневого цвета, далее истерта в агатовой ступке до порошкового состояния и исследована при помощи инструментального нейтронно-активационного анализа.

Результаты исследования показали, что существенных различий в элементном составе не обнаружено, как в составе накипи из природных

пресных вод г. Павлодара, так и в накипи Павлодарской области (рисунки 3.4, 3.5).

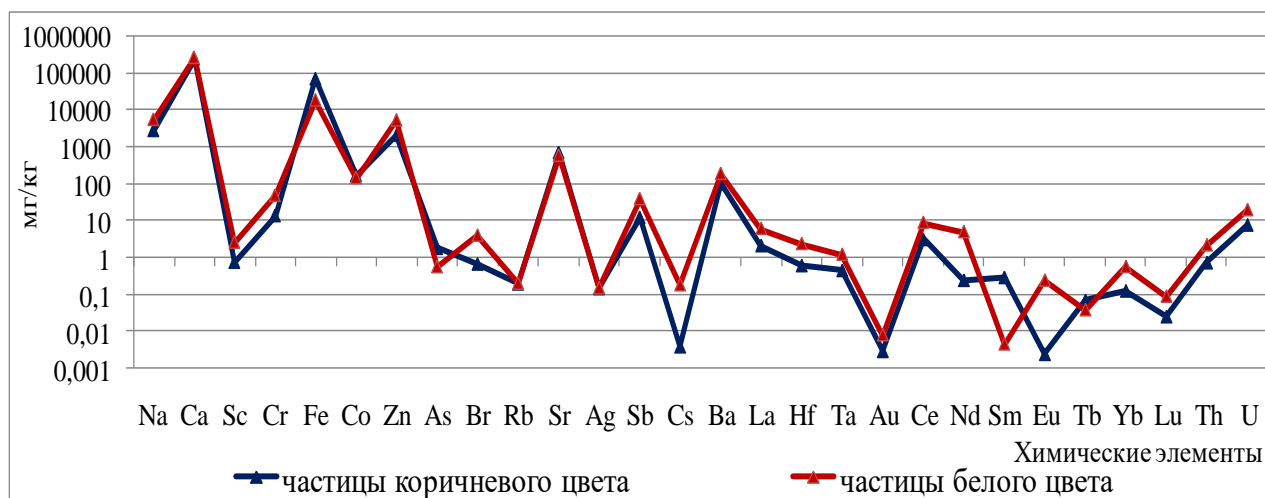


Рисунок 3.4 – Элементный состав частиц солевых отложений из природных пресных вод различной окраски, г. Павлодар, ул. Павлова 40

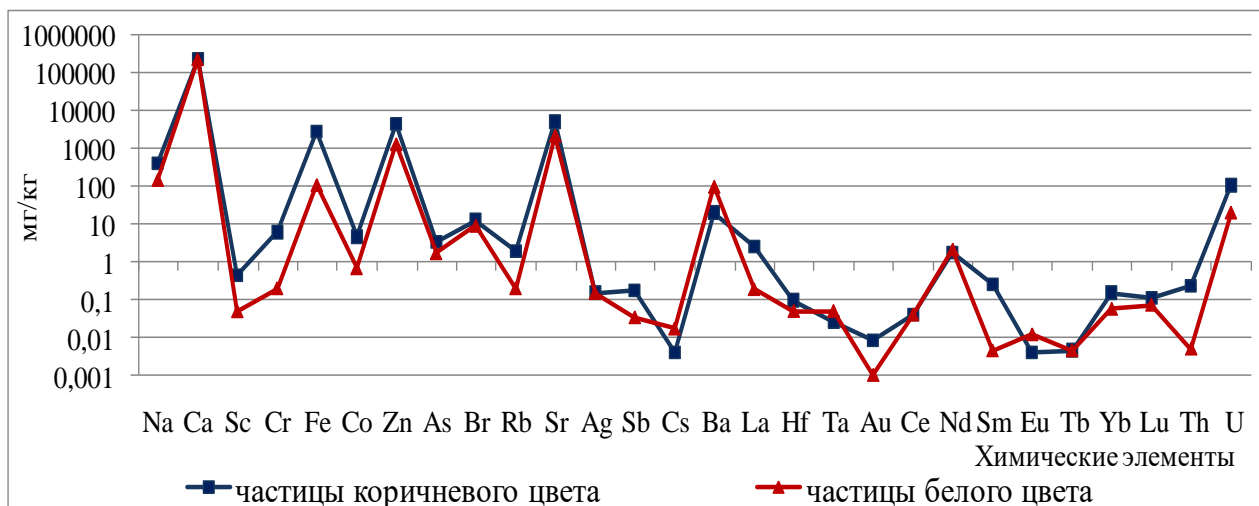


Рисунок 3.5 – Элементный состав частиц солевых отложений из природных пресных вод различной окраски, Актогайский район, с. Харьковка

Также отмечено, что наиболее повышенное содержание химических элементов в частицах белого цвета солевых отложений из природных пресных вод на территории города.

Обратная картина наблюдается в солевых отложениях из природных пресных вод Актогайского района (Павлодарская область), где наиболее высокое содержание химических элементов имеют частицы накипи природных пресных вод коричневого цвет.

Концентрация элементов в частицах накипи различной окраски позволило говорить об их относительно сходном химическом составе. Для того, чтобы исключить возможное влияние окраски на элементный состав солевых отложений из природных пресных вод, пробы были перемешаны и истерты до порошкового состояния.

Также в работе исследователей (Монголина, 2011; Соктоев, 2015) доказано, что материал посуды (полимерный, эмалированный), из которой отобрана накипь не оказывает влияние на ее химический состав. Нами почти 90% проб были отобраны с электро-нагревательных приборов, изготовленных из эмалированной стали.

### **3.3 МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ И АНАЛИЗА ПРОБ**

Лабораторные исследования питьевой воды и накипи включали в себя применение современных высокочувствительных методов:

- ✓ люминесцентный (консультант к.х.н. Осипова);
- ✓ рентгеновская дифрактометрия (специалист – к.х.м. Путилин С.Н.);
- ✓ инструментальный нейтронно-активационный (аналитик – с.н.с. Судыко А.Ф);
- ✓ сканирующая электронная микроскопия (аналитик – Ильенок С.С.);
- ✓ ионная хроматография, потенциметрический, титриметрический, кондуктометрический, фотоколориметрический (аналитики – Шердакова Н.И., Камбалина М.Г., Каричева Е.Ю.);
- ✓ масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой.

Аналитические измерения проводили по аттестованным методикам в аккредитованных лабораториях с внутренним и внешним контролем

полученных результатов. Основные характеристики, используемых методов представлены в таблицах 3.2. (Язиков, Шатилов, 2003).

Таблица 3.2 – Методы анализа питьевых вод и солевых отложений из природных пресных вод на территории Павлодарской области

№ п/п	Метод исследования	Природная среда	Анализируемый компонент	Метод анализа	Норм. док.
1	2	3	4	5	6
1	Геохимический	Накипь	Ag, As, Au, Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Na, Rb, Sb, Sc, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, U, Yb, Zn	Инструментальный нейтронно-активационный (далее ИНАА)	НСАМ 410-ЯФ
2		Накипь	Качественный и количественный анализ	Сканирующая электронная микроскопия (далее СЭМ)	ГОСТ 8.594 - 2009
3	Минералогический	Накипь	Фазовый состав	Рентгеновская дифрактометрия	-
4	Гидрогеохимический	Вода	U	Люминесцентный	М 01-15-2010 ПНД Ф 14.1:2:4.38-95.
5			pH, CO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl, Об. ж., Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Fe <sup>общ</sup> , Минерализация,	Ионная хроматография, потенциометрический,	ГОСТ 26423-85; 26424-85; 26488-85



			Электропроводность, NH <sup>4</sup> , NO <sup>2</sup> , NO <sup>3</sup> , PO <sup>4</sup> , Br, Li, Sr	титриметрический, кондуктометри- ческий, фотоколоримет- рический	
6	Геохимический		Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Ho, I, In, K, La, Li, Lu, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, Re, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Ti, Tl, Tm, Th, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr.	Масс- спектрометрия с индуктивно- связанной плазмой (далее ICP-MS)	НСАМ № 480-Х

*Методы анализа питьевых вод Павлодарской области*

Люминесцентный метод

Люминесцентный метод определения урана является специфичным и самым чувствительным среди других известных в настоящее время и применяемых на практике методов. Чувствительность метода порядка  $10^{-10}$  г. U (Добролюбская, 1968).

Питьевую воду отбирали объемом не менее 25 см<sup>3</sup>. Пробу консервируют добавлением концентрированной азотной кислоты из расчета 7 см<sup>3</sup> на 1 дм<sup>3</sup>. Концентрацию урана в растворах определяют методом измерения интенсивности замедленной флуоресценции уранил - ионов ( $\lambda = 530$  нм) при ее

возбуждении ультрафиолетовым излучением. Для усиления люминесценции в раствор вводят полисиликат натрия (рН 8.10) (Определение урана в воде, 2005).

Измеряли пробы воды на спектрофлуориметре - анализаторе «Флюорат – 02-панорама».

#### Общий химический анализ

При определении общего химического анализа воды использовались следующие методы: ионная хроматография –  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ; потенциометрия –  $\text{Fe}^-$ , рН; титриметрия –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ; перманганатная окисляемость; кондуктометрия – электропроводность; фотоколориметрия –  $\text{Fe}^{\text{общ}}$ . Расчетным методом вычисляли показатели общей жесткости и минерализацию вод. Чувствительность используемых методов представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Чувствительность используемых методов общего химического анализа поверхностных и подземных вод

Определяемый компонент	рН	$\text{CO}_2$	$\text{CO}_3^-$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
единица изм.		мг/л							
Чувствительность метода	1	4	3	3	2	0,5	1	0,04	1
Определяемый компонент	$\text{K}^+$	$\text{Fe}^{\text{общ}}$	ок. перм.	электро провод ность	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	об.ж.
единица изм.	мг/л		мг $\text{O}_2$ / дм $^3$	мS/см	мг/л				мг- э/л
Чувствительность метода	1	0,1	0,4	0,005	0,05	0,01	0,1	0,04	0,05

#### Инструментальный нейтронно-активационный анализ

Изучение элементного состава солевых отложений из природных пресных вод проводились с помощью ИНАА на исследовательском ядерном ИРТ-Т согласно инструкции НСАМ ВИМС № 410-ЯФ в лаборатории ядерно-геохимических исследований.

ИНАА один из самых современных методов исследования, заключающийся в облучении пробы отфильтрованным потоком нейтронов с последующим измерением наведенной активности пробы. Измерение проводилось с помощью многоканального анализатора импульсов АМА 02Ф с полупроводниковым Ge-Li детектором ДГДК-63А (время облучения – 20 часов, плотность потока тепловых нейтронов –  $2 \cdot 10^{13}$  нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ ).

После отбора проб накипь высушивалась в условиях комнатной температуры, далее в лаборатории истиралась в агатовой ступке до состояния порошка и упаковывалась в пакетики из алюминиевой фольги. Вес пробы составлял 100 мг.

Для проверки достоверности полученных результатов исследования был проведен внутренний контроль ИНАА, который подразумевал измерения проб солевых отложений из природных пресных вод, отобранных в одном месте, но в разные года (2010, 2011 гг.). Сходимость результатов внутреннего контроля удовлетворительны (рисунок 3.6).

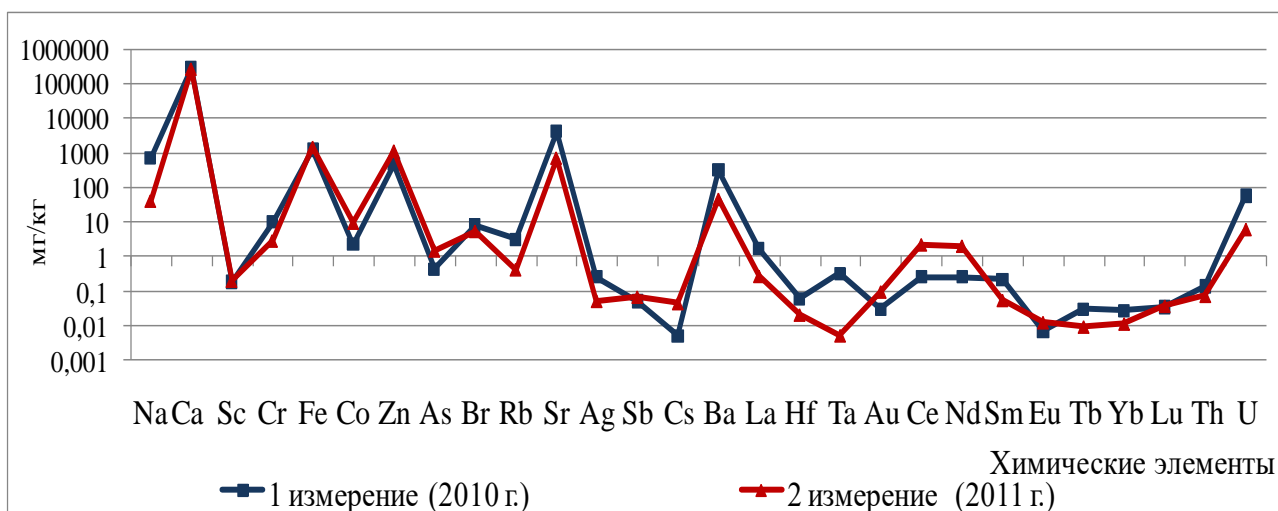


Рисунок 3.6 – Внутренний контроль ИНАА

### Сканирующий электронный микроскоп

СЭМ позволяет кроме того, что получить поверхностное изображение объекта с высоким пространственным разрешением, также информацию о его количественном и качественном составе, механизм действия которого основан на взаимодействии объекта и электронного пучка.

С целью уточнения локальной визуализации морфологических и микроструктурных особенностей проб накипи из природных пресных вод использовался СЭМ Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа. Образцы проб предварительно были подготовлены, для начала высушены, отшлифованы, отполированы и закреплены на «специальном держателе образца» в виде алюминиевого диска диаметром 1 см с короткой «ножкой» для установки (крепления) его на столике в камере микроскопа. После, с помощью детекторов отраженных (BSE) и вторичных электронов (SE) получаем качественное изображение (Волостнов, Таловская, 2010).

### Рентгеновская дифрактометрия

Метод рентгеновской дифрактометрии позволяет осуществить качественный и количественный анализ, определить кристаллические структуры, охарактеризовать фазы и степень кристалличности порошковых проб. Неоспоримыми преимуществами, которого является высокая точность определения, простота использования, не требует сложной пробоподготовки.

Минеральная составляющая накипи из природных пресных вод была определена при помощи метода рентгеновской дифрактометрии на приборе D2 Phaser с программным обеспечением Diffrac Eva, Diffrac Topas. В процессе подготовки пробы к анализу, она тщательно истиралась до состояния «пыли», укладывалась в прободержатель и сразу помещалась в прибор для проведения измерений. При помощи установленного программного обеспечения накипь исследовалась на предмет качественного фазового анализа.

### Масс спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

ICP-MS – один из высокочувствительных методов анализа, который позволяет измерить большинство химических элементов таблицы Менделеева (Li–U) достаточно в широких диапазонах концентраций. Данным методом измерено 69 химических элементов в 10 пробах питьевых вод.

### 3.4 МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Для обработки аналитической информации использовались следующие прикладные программы: MS Word, MS Excel, Statistica 10.0. При построении картографического материала применялся ArcGIS, Google Earth, Corel Draw.

Статистическая обработка включала в себя расчет таких параметров как среднее арифметическое, стандартная ошибка, дисперсия, мода, медиана, стандартное отклонение, минимум, максимум, коэффициент вариации (уровень надежности 95%). Для проверки гипотезы о законе нормального распределения в выборке использовались критерии Стьюдента, Колмогорова-Смирнова (параметрический) и U – теста Манна-Уитни (непараметрический). Для проверки гипотезы о наличии корреляционной связи между химическими элементами использовался параметрический и непараметрический критерии – Пирсона и Спирмена соответственно, при уровне значимости  $p=0,05$  (Боровиков, 200; Михальчук, 2006).

«Ураганные» пробы из выборки убирались, а их принадлежность определялась по формуле:

$$\tau_i = \frac{|X_i - X_{\text{ср}}|}{S},$$

где  $\tau_i$  – критерий оценки,  $X_i$  - проверяемое значение,  $X_{\text{ср}}$  - среднее значение,  $S$  – стандартное отклонение.

Значения, которое согласно формуле принадлежит к «ураганным» пробам, заменялись на среднее значение по выборке плюс 3 стандартные ошибки.

Геохимическая специфика области отражалась в рассчитанных коэффициентах концентрации (далее КК), которые рассчитываются как

отношение среднего значения элементов в накипи ( $C_k$ ) к его фоновому значению ( $C_\phi$ ). В качестве фонового значения выступили концентрации элементов в накипи, полученной из воды озера Байкал, которую можно принять как эталон качества (Соктоев, 2015).

Поскольку после расчета КК в порядке убывания образовался геохимический ассоциативный ряд элементов, встречающихся в накипи в аномально высоких концентрациях и носит полиэлементный характер. Поэтому при ранжировании территории исследования учитывался так называемый суммарный показатель концентрации (далее СПК) элементов в накипи. Этот показатель рассчитывался по типу вычисления формулы суммарного показателя загрязнения (СПЗ) для других объектов окружающей среды (почва, снег) (Сагет, 1990):

$$Z_{\text{СПК}} = \sum Kc_i - (n-1),$$

где N- количество химических элементов;  $Kc_i$  – коэффициент концентрации химического вещества, превышающего 1.

*Таким образом, результаты аналитических данных получены шестью современными высокочувствительными методами по аттестованным методикам в аккредитованных лабораториях и интерпретированы современными программными продуктами со значимым уровнем доверительного интервала.*

## **ГЛАВА 4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ УРАНА В НАКИПИ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

### **4.1 ВЗАИМОСВЯЗЬ СОСТАВА НАКИПИ С ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ ВОДЫ**

Хозяйственно - питьевое водоснабжение регулируется рядом нормативных документов, которые обеспечивают ее безопасность в гигиеническом, эпидемическом, химическом, радиационном отношении (СанПиН 2.1.4.1074-01, ГОСТ 2874-82, ГН 2.1.5.1315-03, ГН 2.1.5.2280-07, ГН 2.1.5.2307-07, СП 2.1.5.1059). Многофакторность формирования природных вод, порообразования и связанных с ней компонентов среды не позволяет достоверно и однозначно спрогнозировать экологическую ситуацию.

Так, например загрязнение подземных вод вызывается поверхностными или подземными водами с повышенной минерализацией или содержанием ряда других показателей, превышающих допустимые нормы для питьевых вод (Попов и др., 2002).

Для того, чтобы определить взаимосвязь воды и образованной из нее накипи с каждого района Павлодарской области было отобрано по 1 пробе воды, в которой проанализировали общие химические показатели и элементный состав.

Результаты общего химического состава воды представлены в таблице 4.1. По своему составу воды Павлодарской области преимущественно гидрокарбонатные натриево-кальциевые и магниевые-кальциевые, т.е. имеет карбонатный состав. Показатели в целом соответствуют общепринятым нормативным документам СанПиН 2.1.4.1074-01, 2.1.4.1175-02.

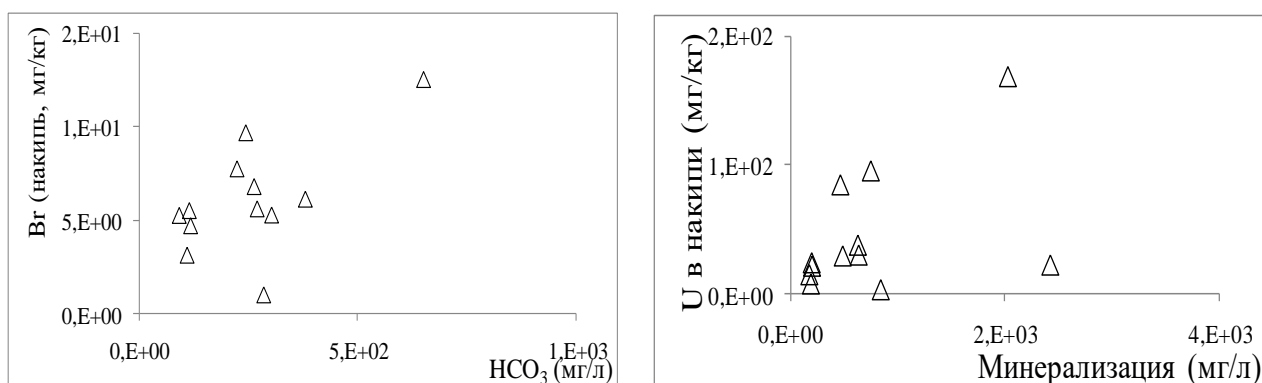
Однако ряд населенных пунктов отличаются повышенными гидрохимическими показателями в питьевой воде. Так, в водах Майского района повышена минерализация, содержание  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Br^-$ ; в Павлодарском районе – минерализация,  $Na^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Br^-$ ; в Актогайском и Лебяженском районах –  $NO_3^-$ .

Таблица 4.1 – Химический состав питьевых вод Павлодарской области и ее основные типы

Наименование населенного пункта	Тип воды	Химический состав вод (формула Курлова)
г.а. Аксу	Гидрокарбонатная магниево-кальциевая	$M_{0,17} \frac{HCO_3 47 SO_4 42 Cl 8 CO_3 3}{Ca 58 Mg 20 Na 20 K 2} pH 6,78$
Баянаульский район		$M_{0,2} \frac{HCO_3 57 SO_4 31 NO_3 6 Cl 3 CO_3 3}{Ca 77 Mg 13 Na 10} pH 7,02$
Иртышский район	Гидрокарбонатная натриево-кальциевая	$M_{0,2} \frac{HCO_3 53 SO_4 37 Cl 7 CO_3 3}{Ca 61 Na 21 Mg 16 K 2} pH 7,68$
Железинский район		$M_{0,63} \frac{HCO_3 63 SO_4 25 Cl 10 CO_3 1 NO_3 1}{Na 54 Ca 24 Mg 22} pH 7,94$
Качирский район		$M_{0,19} \frac{HCO_3 60 SO_4 32 Cl 5 CO_3 3}{Ca 59 Na 21 Mg 19 K 1} pH 6,8$
г.а. Экибастуз	Сульфатно-гидрокарбонатная натриево-кальциевая	$M_{0,46} \frac{SO_4 45 HCO_3 42 Cl 12 CO_3 1}{Na 40 Ca 32 Mg 28} pH 7,75$
Актогайский район		$M_{0,84} \frac{SO_4 59 HCO_3 24 Cl 10 NO_3 7}{Na 40 Mg 30 Ca 23 K 7} pH 7,45$
Лебяженский район		$M_{0,75} \frac{SO_4 59 HCO_3 25 Cl 10 NO_3 5 CO_3 1}{Na 48 Ca 32 Mg 20} pH 7,91$
Майский район	Сульфатно-хлоридно-натриевая	$M_{2,42} \frac{SO_4 69 Cl 23 HCO_3 8}{Na 85 Mg 9 Ca 6} pH 7,58$
г.а. Павлодар	Сульфатно-гидрокарбонатная натриевая	$M_{2,03} \frac{SO_4 53 HCO_3 25 Cl 17 NO_3 5}{Na 85 Mg 11 Ca 4} pH 7,42$
Щарбактинский район		$M_{0,63} \frac{SO_4 48 HCO_3 37 Cl 12 CO_3 3}{Na 90 Mg 6 Ca 3 K 1} pH 8,27$
Успенский район	Гидрокарбонатная натриевая	$M_{0,48} \frac{HCO_3 50 SO_4 33 Cl 14 CO_3 3}{Na 91 Ca 4 Mg 4 K 1} pH 8,25$

Результаты полученных данных показывают, что между гидрохимическими показателями воды и накипью проявляются положительные корреляционные связи с уровнем значимости от 0,2 до 0,5 (рисунок 4.1). Характерные взаимоотношения наблюдаются между бромом, стронцием и ураном с  $HCO_3^-$ , а у последнего и с уровнем минерализацией.





*Рисунок 4.1 – Корреляционная связь между водно-химическим составом и содержанием элементов в накипи*

Также замечены корреляционные связи между водородным показателем воды и содержанием иттербия в накипи с уровнем значимости 0,3, между  $\text{CO}^2$  и тербием (0,4),  $\text{NO}_2$  и ураном (0,2), бромом и лютецием (0,2), литием и иттербием (0,3). Интересны взаимоотношения калия в воде с целым рядом химических элементов, содержащихся в накипи такими, как золото, кальций, тербий, цинк.

В работах Монголиной (2011), Соктоева (2015) также показана значимая корреляционная связь между содержанием химических элементов в питьевой воде и образованной из нее накипи. Такая взаимосвязь прослеживалась на примере урана, цинка, стронция, цезия, бария, лантана и других и колебалась в пределах доверительного интервала от 0,3 до 0,7. Нами похожая связь была ранее отмечена между содержанием урана в воде и накипи на примере города Павлодар и части сельских населенных пунктов (уровень значимости 0,85) (Усенова (Арынова), 2011).

На данном этапе исследования, в котором вовлечено гораздо большее количество населенных пунктов Павлодарской области, такая взаимосвязь прослеживается между содержанием иттербия, цинка, лютеция, урана в воде и сформированной из нее накипи ( $r_{\lambda=0,05}=0,2-0,7$ ). Следует отметить, что при делении по типу водоснабжения, корреляционная связь на примере урана не

наблюдается среди проб, относящихся к централизованному источнику поступления воды.

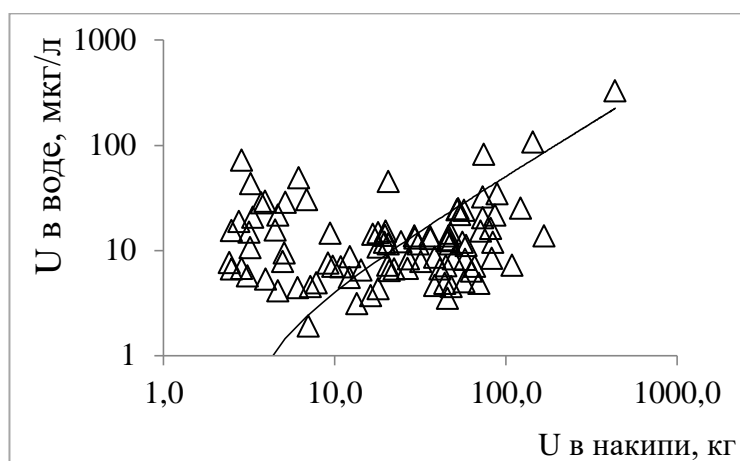


Рисунок 4.2 – Зависимость содержания урана в питьевой воде и солевых отложениях из природных пресных вод на территории Павлодарской области ( $r_{\lambda=0,05}=0,59$ )

В диссертационной работе отобранная вода исследована при помощи ICP-MS и люминесцентного метода. Связь между содержанием урана в накипи и в воде четко прослеживается, как по данным ICP-MS -  $r_{\lambda=0,05}= 0,7$ , так и лазерно-люминесцентного анализа -  $r_{\lambda=0,05}= 0,8$  (рисунок 4.3).

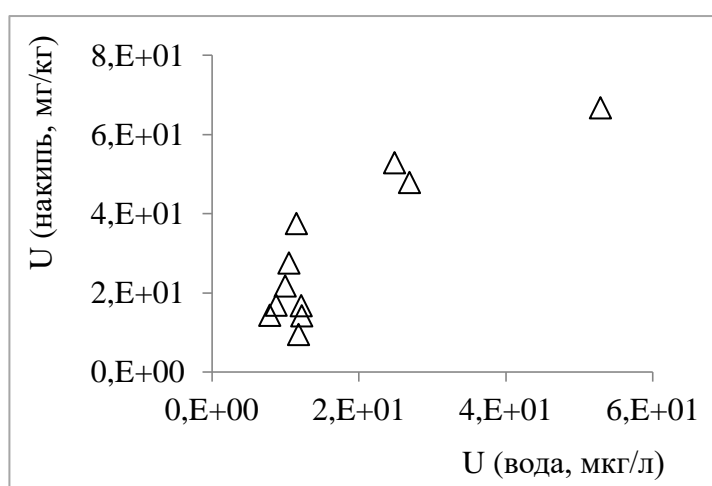


Рисунок 4.3 – Корреляционная связь между содержанием урана в воде и накипи  
Примечание: при составлении графика учитывались средние значения урана по 12 районам области

Значит, даже в результате кипячения уран в воде будет все равно концентрироваться, а его содержание увеличиваться в разы, в конечном счете, попадая в организм человека, может представлять угрозу его здоровью. Такая связь с уровнем заболеваемости нашло свое подтверждение в главе 6. Экспериментальные данные, опубликованные в работе Соктоева Б.Р., нашли подтверждение и в рамках нашего исследования.

#### 4.2 СОДЕРЖАНИЕ УРАНА В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ

По мнению ряда авторов (Евсеева, Перельман, 1962; Шварцев, 1998) содержание урана в воде зависит от глубины залегания вод. Причем, поступление урана в верхние и глубинные горизонты происходит по-разному. В первом случае влияние могут оказывать атмосферные осадки, поступление с поверхностными источниками, которые зачастую находятся под воздействием техногенных факторов. Во втором случае уран извлекается из вмещающих пород. Кроме того, содержание урана в водах зависит от ее минерализации, растворенных в ней веществ, проницаемости пород, состояния среды в целом (Основные черты гор).

Полученные аналитические данные содержания урана в воде представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Статистические параметры распределения урана в питьевых водах административных районов Павлодарской области, мкг/л (N=103)

Наименование населенного пункта	Ср. арифм. $\pm$ Стандт. ош.	Стандартное отклонение	Медиана	Мода	Коэф-ент вариации, %
	минимум ... максимум				
1	2	3	4	5	6
г.а. Павлодар	$51,4 \pm 22,2$ 4,6 ... 327,5	82,9	28,9	н/д	161,4

Успенский район	$\frac{36,8 \pm 11,9}{24,9 \dots 48,7}$	16,8	36,8	н/д	45,7
Лебяженский район	$\frac{22,7 \pm 11}{4,1 \dots 106,7}$	33,02	8,2	н/д	145
г.а. Аксу	$\frac{12,9 \pm 1,2}{9,5 \dots 14,7}$	2,3	13,7	н/д	18
Майский район	$\frac{12,1 \pm 2,4}{3,1 \dots 25,2}$	8,1	11,8	н/д	67
г.а. Экибастуз	$\frac{11,8 \pm 1}{6,6 \dots 16,1}$	3,5	12,4	15,1	30
Актогайский район	$\frac{11,5 \pm 1,1}{7,1 \dots 14,8}$	2,9	11,8	н/д	25
Баянаульский район	$\frac{10,4 \pm 1,2}{4,8 \dots 20,5}$	4,4	9,5	н/д	42
Иртышский район	$\frac{10,3 \pm 3,1}{0,4 \dots 31,9}$	10,7	6,6	н/д	104
Щарбактинский район	$\frac{8,1 \pm 2,4}{0,4 \dots 24,2}$	7,8	5,3	н/д	96
Железинский район	$\frac{7,7 \pm 0,9}{6,3 \dots 12}$	2,2	7	н/д	28
<b>Всего по области:</b>	$\frac{17,7 \pm 3,4}{0,4 \dots 327,5}$	<b>34,8</b>	<b>10,9</b>	<b>6,6</b>	<b>196</b>

Принимая во внимание, стандартное отклонение и среднее арифметическое, мы высчитали коэффициент вариации, который широко варьируется в пределах от 25 до 276, что позволяет разделить районы по величине этого показателя на три группы:

1) V до 50% - Успенский, Актогайский, Железинский, Баянаульский, г.а Экибастуза, Аксу;

2) V от 50 до 100% - Щарбактинский, Майский;

3) V более 100% - Иртышский, Лебяженский районы, г.а Павлодара. Большая часть районов относится к группе с V до 50%, что, несмотря на наличие аномальных концентраций элемента в питьевой воде, говорит о его однородном распределении на изученной площади (таблица 4.1).

Полученный анализ содержания урана в воде населенных пунктов, измеренный лазерно-люминесцентным методом, показал, что в среднем его концентрация по 135 пробам составляет 17,7 мкг/л и колеблется от 7,7 до 51,4. Такие высокие показатели превышают установленные предельно допустимые концентрации в России (0,015 мг/дм<sup>3</sup>) и США (0,032 мг/дм<sup>3</sup>) (рисунок 4.4). Значит, что при содержании урана в воде 17,7 мкг/л его среднее концентрация в накипи колеблется в пределах 30-40 мг/кг.

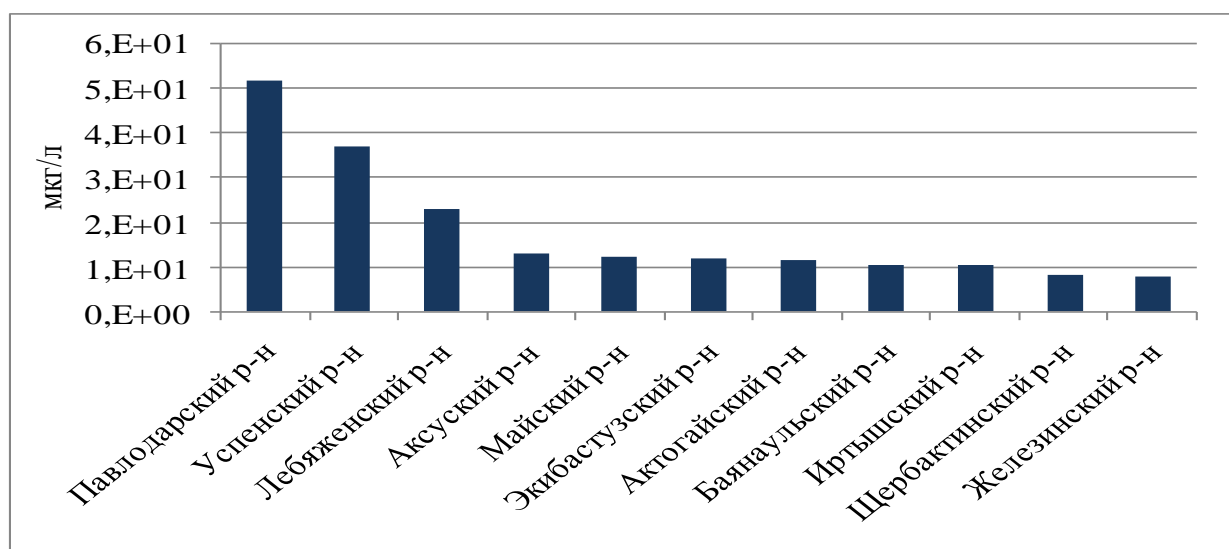


Рисунок 4.4 – Распределение сельских районов Павлодарской области по содержанию урана в питьевых водах

При этом, максимальное значение урана в воде, встречаемое на территории области, отмечается в Павлодарском районе с. Набережное (436,2 мг/кг).

Если рассматривать территорию в целом, то выделяются 3 группы сельских районов по содержанию урана в питьевой воде. Итак, в первой группе

отмечается содержание металла в воде более 20 мкг/л, по возрастанию соответственно Павлодарский (51,4 мкг/л), Успенский (36,8 мкг/л) и Лебяженский (22,7 мкг/л) районы. Вторая группа, самая многочисленная, содержит урана в воде на уровне 10-20 мкг/л. В третьей группе районов содержание элемента меньше 10 мкг/л. Наименьшее его содержание отмечается в питьевых водах Железинского района (7,7 мкг/л).

По данным карты (рисунок 4.5), уран концентрируется в питьевых водах районов правобережья реки Иртыш и распространяется с севера на юг.

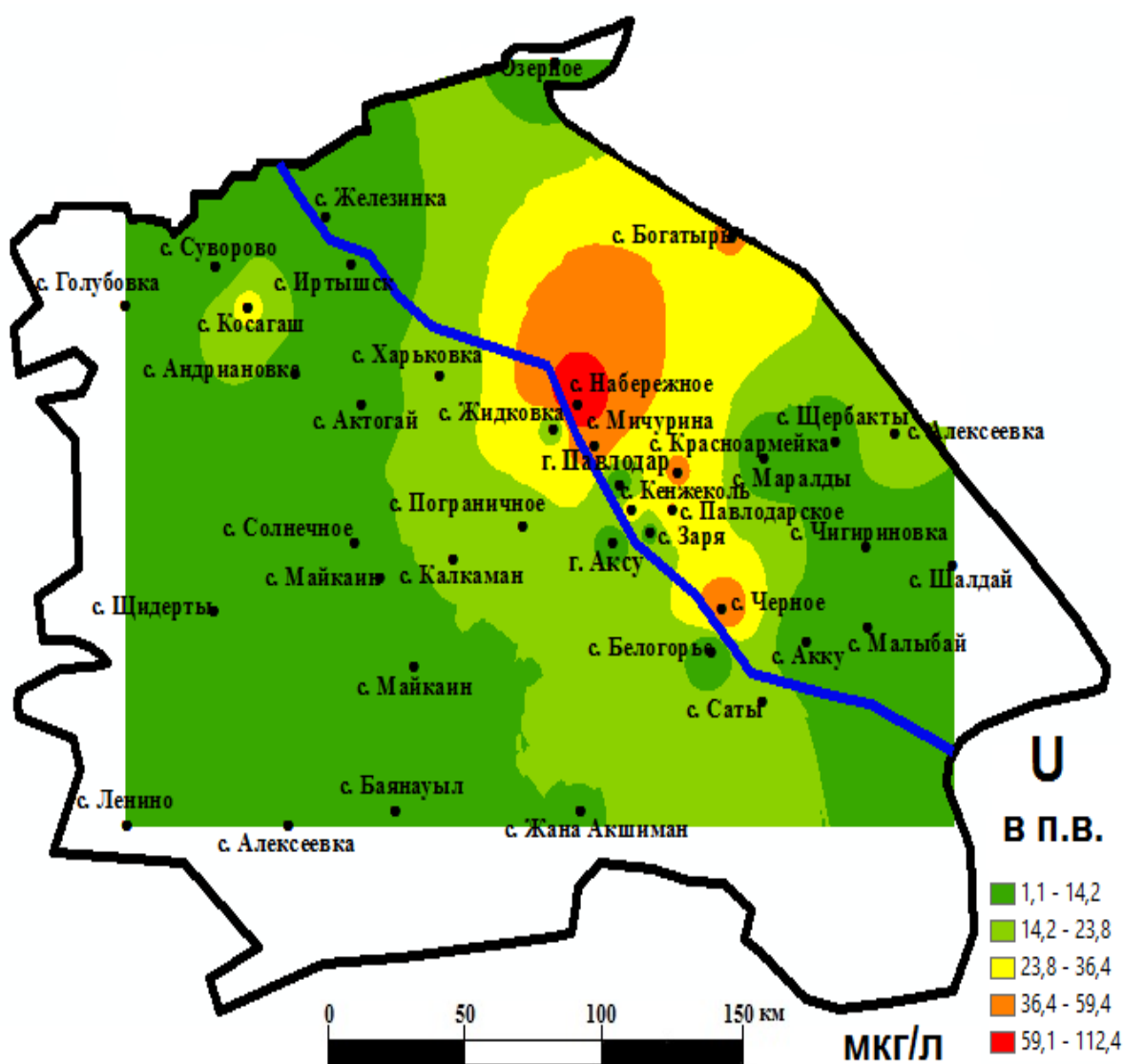


Рисунок 4.5 – Карта – схема распределения урана в питьевой воде на территории Павлодарской области, мкг/л

По данным региональных работ АО "Волковгеология" выделена Ертис-Кулундинская потенциально радиоэкологически опасная зона (рисунок 4.6).

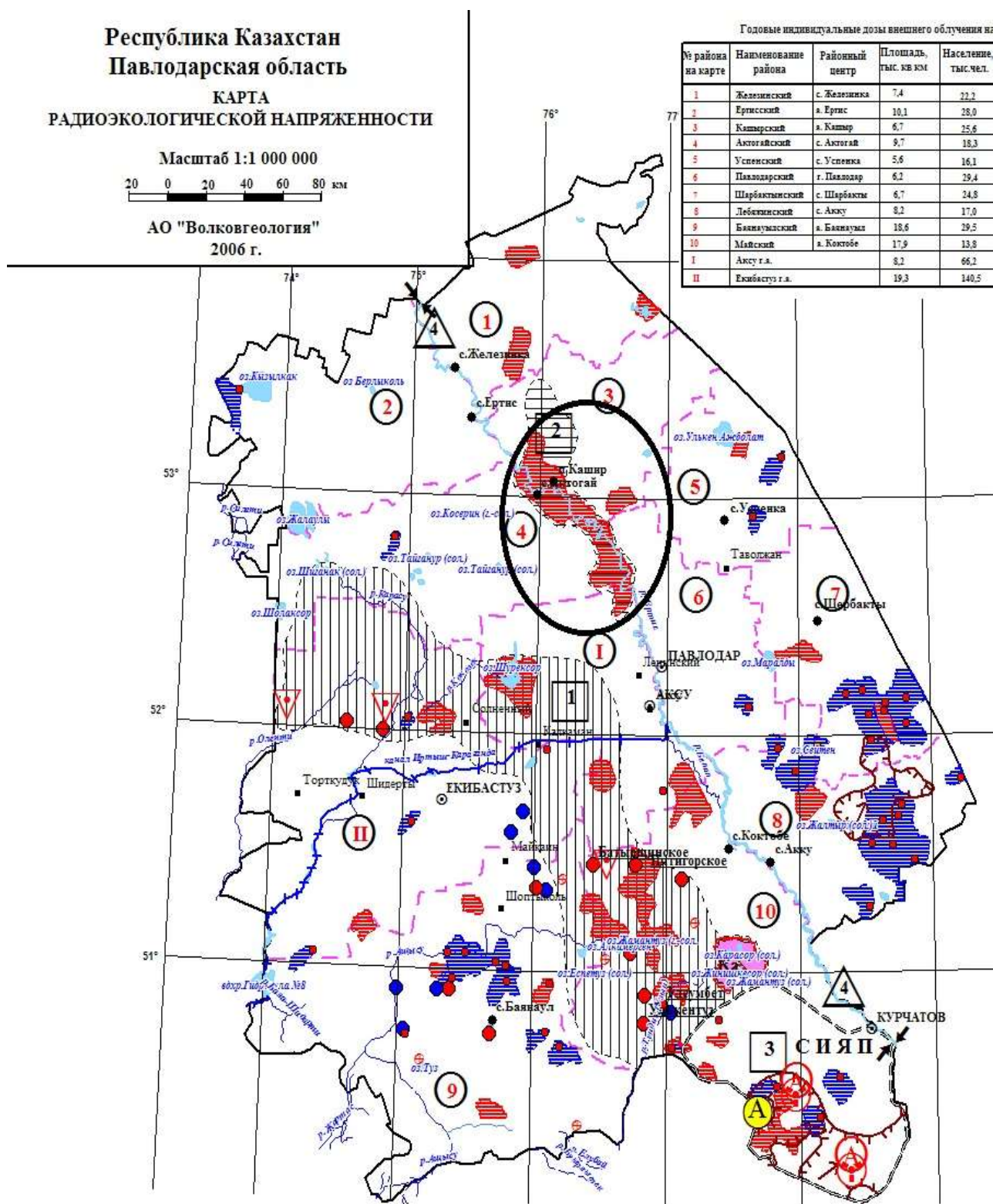
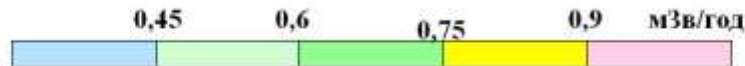


Рисунок 4.6 – Карта радиоэкологической напряженности Павлодарской области

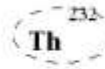
**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**  
 К КАРТЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ  
 масштаба 1:1000000

**1. Оценка значения годовой индивидуальной дозы внешнего облучения**

*1.1 Среднее значение по административным районам*

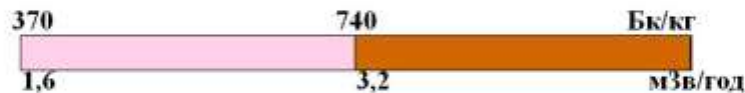


*1.2 Среднее значение в пределах микробассейна с  $A_{эфф} > 370$  Бк/кг*



Контур бассейна и индекс ведущего радионуклида (Ra226, Th232, K40)

Шкала раскраски для микробассейнов






**2. Источники повышенной радиоактивности**


*2.1 Естественные источники радиоактивности, связанные с геологическими факторами*


 Рудопроявления урановые и ураносодержащие

 Рудопроявления уран-ториевые и ториевые

 Россыли уран-торийсодержащие

  Водопункты с повышенной и аномальной радиоактивностью в воде: по данным РГЛХС (1); по данным предыдущих исследований (2)

 Контур микробассейна, питающего аномальный водопункт поверхностных вод


 Контур микробассейнов со значениями Ra226 > 50 Бк/кг, с потенциальной эскаляцией Rn-222 и Rn-220 с поверхности

*2.2 Техногенные источники радиоактивной опасности*

 Наземный ядерный взрыв ("Опытное поле")

 Атомный реактор для научных целей

 Пункт захоронения радиоактивных отходов

 Контур атмосферных выпадений Cs-137 ("Цезиевые следы") на поверхности земли (стрелка указывает направление выпадений)

 Контур Семшпалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП)



Высокое содержание урана в питьевых водах отразилось и на составе накипи (рисунок 4.7).

Вдоль реки, начиная с Восточно-Казахстанской области, концентрация урана в накипи то повышается, то понижается, последнее наблюдается на участках г.а. Аксу и Актогайского района.

Максимальное содержание урана зафиксировано в солевых образованиях из природных пресных вод правобережья реки Иртыш в Качирском районе.

По устному сообщению бывшего главного эколога «Волковгеология» Каюкова П.Г. по накипи проявилась выделенная ранее Качирская ториевая аномальная зона.

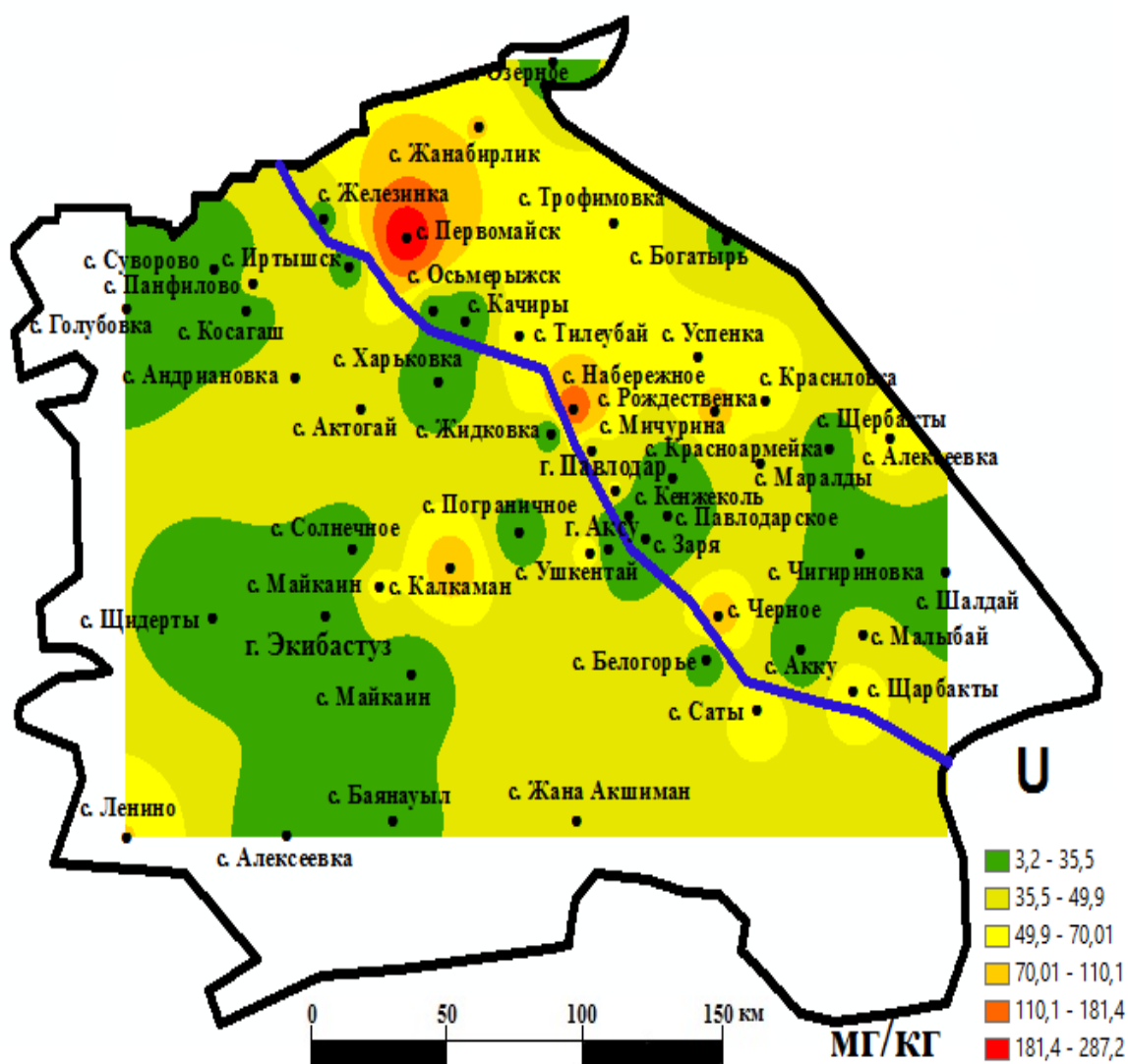


Рисунок 4.7 – Карты-схемы распределения урана в накипи из природных пресных вод на территории Павлодарской области, мг/кг

Концентрация радиоэлемента также остается высоким в накипи г.а. Павлодара (село Набережное).

Возможно близость расположения г. Павлодара (20 км) и его техногенная нагрузка могут являться вероятной причиной, оказывающей влияние на столь высокую концентрацию.

Повышенные концентрации элемента наблюдается в накипи из природных пресных вод ряда сел, таких как Первомайск, Черное, Рождественка, Калкаман, Ленино, Саты, Щарбакты, Доменка, Алексеевка, Тулеубай.

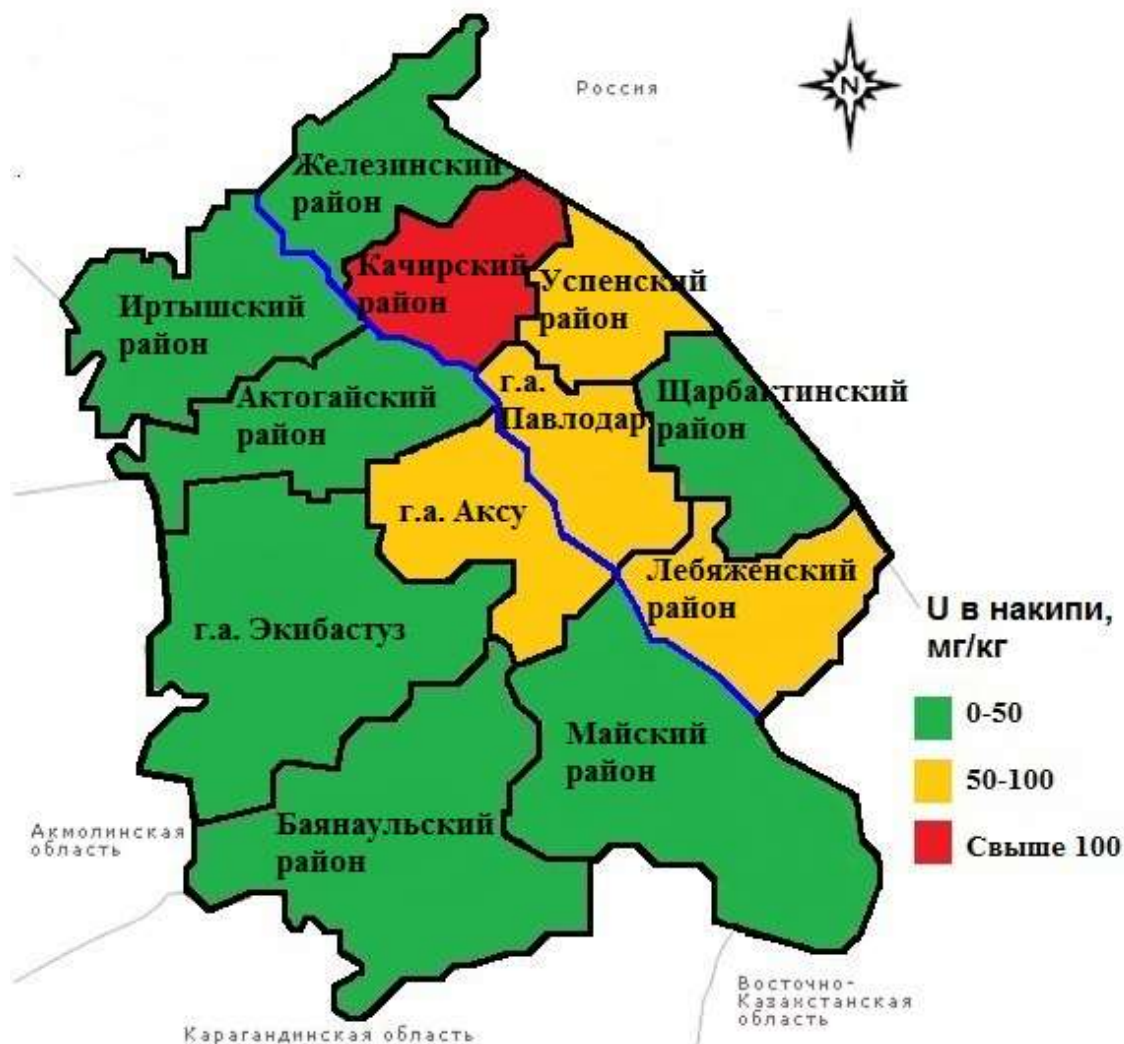
Такое неоднозначное распространение радиоэлемента в солевых образованиях из природных пресных вод требует более детального опробывания как внутри этих сел, так и близлежащих.

Помимо прочего в состав г.а. Экибастуза входит Майкюбинский бурогольный бассейн, который может представлять потенциальную радиоэкологическую опасность в окисленных пластах, выходящих на поверхность или вскрытые горными выработками.

Необходимо также помнить, что поверхностные воды Павлодарской области являются транзитной зоной для вод Восточно-Казахстанской области, в которые также осуществляется сброс сточных вод ряда промышленных предприятий (свинцово-цинковый комбинат, Ульбинский металлургический завод, титано-магниевого комбинат).

При построении карты по среднему содержанию урана в накипи, выделяются следующие группы районов (рисунок 4.8):

- ✓ 0-50 мг/кг – Иртышский, Железинский, Актогайский, Щарбактинский, Баянаульский, Майский районы, г.а. Экибастуз;
- ✓ 50-100 мг/кг – г.а. Павлодар, Аксу, Лебяженский, Успенский район;
- ✓ Свыше 100 мг/кг – Качирский район.



*Рисунок 4.8 – Карта распределения урана в накипи из природных пресных вод в границах районов области, мг/кг*

Нами было оговорено выше, что содержание урана в питьевой воде определялось не только на территории сел, но и в черте городов, в которой как выяснилось оно значительно меньше, в 7,4 раз относительно г. Павлодара, в 2,7 раз – г. Аксу. В населенных пунктах питьевое водоснабжение осуществляется через централизованные источники (водозаборы), а в частном секторе через скважины и колодцы и преимущественное попадание элемента в воду зависит от геолого-металлогенических особенностей территории, чего нельзя сказать о городских территориях. Следует отметить, что городское водоснабжение базируется на поверхностном источнике, главной реки Иртыш, при этом в г. Аксу превышение урана составляет более, чем в 2 раза (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Статистические параметры распределения урана в питьевых водах городов Павлодара и Аксу, мкг/л (N = 33)

Город	Ср. арифм. $\pm$ Стандт. ош.	Стандартное отклонение	Медиана	Мода	Коэф-ент вариации, %
	минимум ... максимум				
Павлодар	$\frac{2,4 \pm 0,4}{0,4 \dots 6}$	1,9	1,2	1,1	78,9
Аксу	$\frac{6,6 \pm 0,3}{5,9 \dots 7,5}$	0,6	6,5	н/д	9,7

Сравнение полученного аналитического материала с данными по содержанию урана в воде юга Западной Сибири (Копылова и др., 1996) показывает, что Павлодарская область по уровню содержания урана в питьевой воде (17,7 мкг/л) выше в 3 раза концентрации урана в водах р. Туим (Хакасия). При сравнении с бассейнами рек г. Томска показатели исследуемой территории значительно превышает в 23,3 раз. Наименьшее содержание урана отмечается в водах восточного склона Кузнецкого Алатау (0,38 мкг/л) (рисунок 4.9).

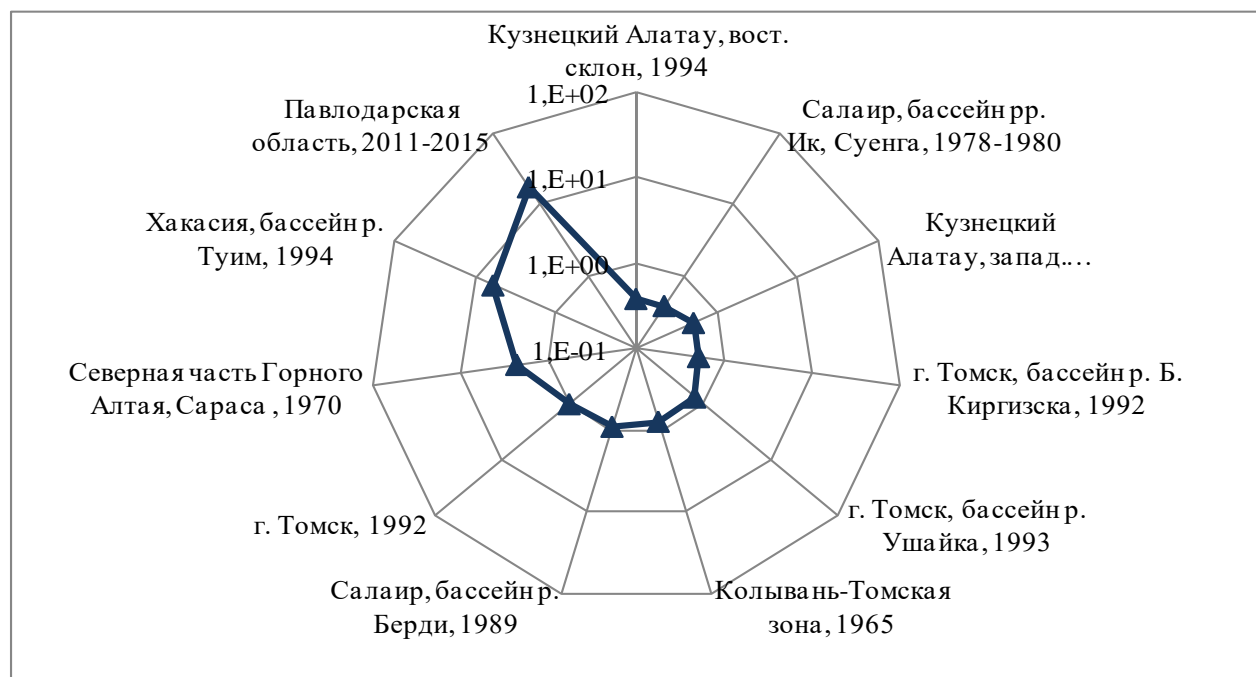


Рисунок 4.9 – Сравнительная диаграмма содержания урана в водах различных территорий

Содержание урана в водах юга Западной Сибири связано с заимствованием его из вмещающих пород (Арбузов, 2009).

*Питьевые воды Павлодарской области имеют преимущественно карбонатную составляющую. Прослеживается связь общих химических показателей воды и элементного состава накипи.*

*Выявлено множества значимых связей между элементами воды и накипи, которые лишь подтверждают ранее проведенные эксперименты, о наследовании накипи химического состава вод, из которых они образованы, что соответствует теории геологической эволюции «вода-порода».*

*Особенно четко такая значимая связь проявляется между содержанием урана в питьевой воде и сформированной из нее накипи.*

*В водах централизованного водоснабжения с низким содержанием урана связь отсутствует.*

*Полученные данные с определенной долей условности указывают на возможность использования солевых образований из природных пресных вод для оценки химического состава вод, в прогнозно-металлогенических целях и медико-биологическом прогнозировании.*

*На территории Павлодарской области содержание урана в воде достаточно высокое при его предельно-допустимой концентрации 0,015 мг/дм<sup>3</sup>, согласно нормативному документу, принятому в России и в США ВДУ 32 мкг/л. В пятерку лидирующих населенных пунктов относительно концентрации урана в воде входят 2 района со сложной техногенной нагрузкой. Причины столь высокого содержания урана в других районах требует дополнительного исследования. Согласно картам распределения урана в накипи, выделяется ряд районов с максимально высокими концентрациями, а именно Качирский, Успенский, Лебяженский, г.а Павлодара, Аксу.*

*Согласно литературным данным, уран в водах Павлодарской области превышает в десятки раз относительно некоторых вод других районов.*

*Таким образом, повышенное содержание радиоэлемента в питьевых водах территории исследования может повлиять на его санитарно - эпидемиологическую ситуацию, что требует своей оценки и отдельного рассмотрения.*

## ГЛАВА 5. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ ПРИРОДНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

### 5.1 ОБЩАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИЗ ПРИРОДНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД

По результатам исследования на территории области отмечается неравномерное распределение всех изученных (кроме кальция, брома) микроэлементов в солевых отложениях из природных пресных вод.

Полученные геохимические характеристики солевых отложений из природных пресных вод (накипи) приведены в таблице 5.1, которые свидетельствуют о значительном содержании химических элементов, широком разбросе величин колебания уровней концентрации, что в соответствии с их неоднородностью распространения и всеобщем рассеянии (закон Кларка-Вернадского) отражается в значениях коэффициента вариации (далее – V). При расчете среднего арифметического не учитывались значения с явно аномальными концентрациями, которые заменялись по формуле (глава 3). Однако, в показателях разброса они приведены.

*Таблица 5.1 - Содержание микроэлементов в накипи природных пресных вод на территории Павлодарской области (N=207)*

Элементы, мг/кг	$\frac{X \pm \lambda}{\min \dots \max} V$	Элементы, мг/кг	$\frac{X \pm \lambda}{\min \dots \max} V$
1	2	3	4
Натрий (Na)	$\frac{516 \pm 33}{3 \dots 38000} 194$	Барий (Ba)	$\frac{226 \pm 12}{5 \dots 9899} 76$
Кальций (Ca)	$\frac{244068 \pm 2973}{4704 \dots 651672} 18$	Лантан (La)	$\frac{1,2 \pm 0,07}{0,001 \dots 28,3} 79$

1	2	3	4
Скандий (Sc)	$\frac{0,2 \pm 0,01}{0,004 \dots 5,8}^{84}$	Церий (Ce)	$\frac{1,5 \pm 0,09}{0,02 \dots 18,6}^{85}$
Хром (Cr)	$\frac{5,4 \pm 0,4}{0,05 \dots 328}^{95}$	Самарий (Sm)	$\frac{0,12 \pm 0,01}{0,002 \pm 16,2}^{159}$
Железо (Fe)	$\frac{3618 \pm 323}{13 \dots 261610}^{128}$	Европий (Eu)	$\frac{0,02 \pm 0,003}{0 \dots 0,4}^{240}$
Кобальт (Co)	$\frac{11,2 \pm 1,5}{0,1 \dots 1515,7}^{198}$	Тербий (Tb)	$\frac{0,02 \pm 0,002}{0,0008 \dots 0,8}^{135}$
Цинк (Zn)	$\frac{1648 \pm 117}{23 \dots 106878}^{102}$	Иттербий (Yb)	$\frac{0,05 \pm 0,005}{0,001 \dots 0,9}^{143}$
Мышьяк (As)	$\frac{2,5 \pm 0,2}{0,08 \dots 307}^{100}$	Лютеций (Lu)	$\frac{0,03 \pm 0,001}{0 \dots 0,2}^{80}$
Бром (Br)	$\frac{5,9 \pm 0,2}{0,04 \dots 45}^{43}$	Гафний (Hf)	$\frac{0,09 \pm 0,01}{0,0002 \dots 14,1}^{169}$
Рубидий (Rb)	$\frac{0,9 \pm 0,05}{0,03 \dots 27}^{79}$	Тантал (Ta)	$\frac{0,07 \pm 0,008}{0,0003 \dots 10,8}^{176}$
Стронций (Sr)	$\frac{1900 \pm 88}{20 \dots 11899}^{67}$	Золото (Au)	$\frac{0,007 \pm 0,002}{0,0005 \dots 15,4}^{330}$
Серебро (Ag)	$\frac{0,4 \pm 0,02}{0,02 \dots 44}^{71}$	Торий (Th)	$\frac{0,15 \pm 0,03}{0,001 \dots 4,9}^{263}$
Сурьма (Sb)	$\frac{0,6 \pm 0,06}{0,0004 \dots 71}^{158}$	Уран (U)	$\frac{33,5 \pm 1,7}{0,01 \dots 479}^{72}$
Цезий (Cs)	$\frac{0,02 \pm 0,002}{0..2,1}^{116}$		

Примечание:  $\frac{\text{среднее арифметическое} \pm \text{стандартная ошибка}}{\text{минимум} \dots \text{максимум}}$  коэффициент вариации

Данные таблицы отражены на рисунке 5.1.



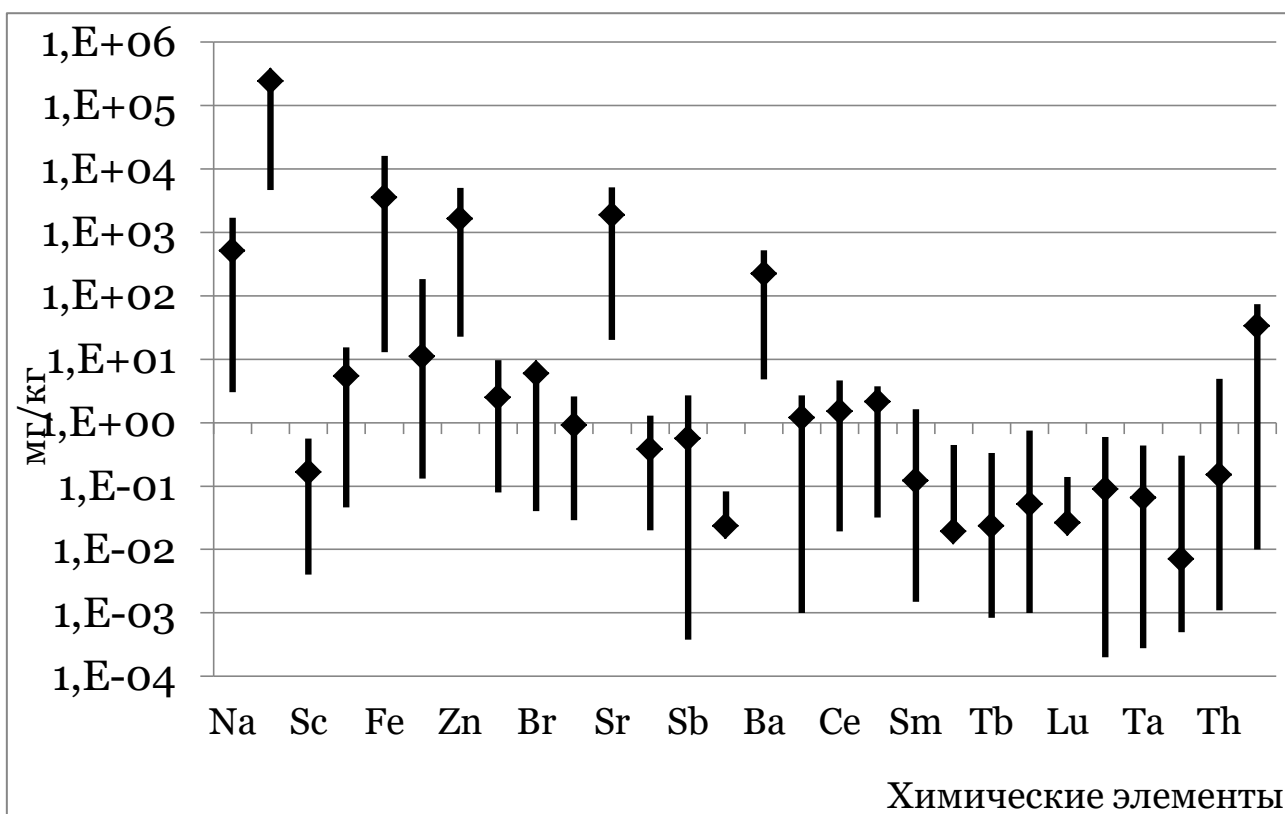


Рисунок 5.1 - Среднее арифметическое и показатели разброса химических элементов в солевых отложениях из природных пресных вод

Анализ коэффициента вариации позволил разделить изученные химические элементы в соответствии с их распространением в накипи из природных пресных вод (рисунок 5.2):

- ✓  $V < 50\%$  – Ca, Br;
- ✓  $V$  – от 50 до 100% – Sc, Cr, As, Ag, Ba, La, Ce, Lu, Rb, Sr, Th, U;
- ✓  $V > 100\%$  – Na, Fe, Co, Sb, Cs, Hf, Zn, Ta, Au, Sm, Eu, Yb, Tb.

Для кальция, брома присущ однородный характер распределения, то есть логарифм значений подчинен закону нормального распределения.

Для остальных химических элементов поле дифференцировано или сильно дифференцировано, что говорит о воздействии множества факторов.

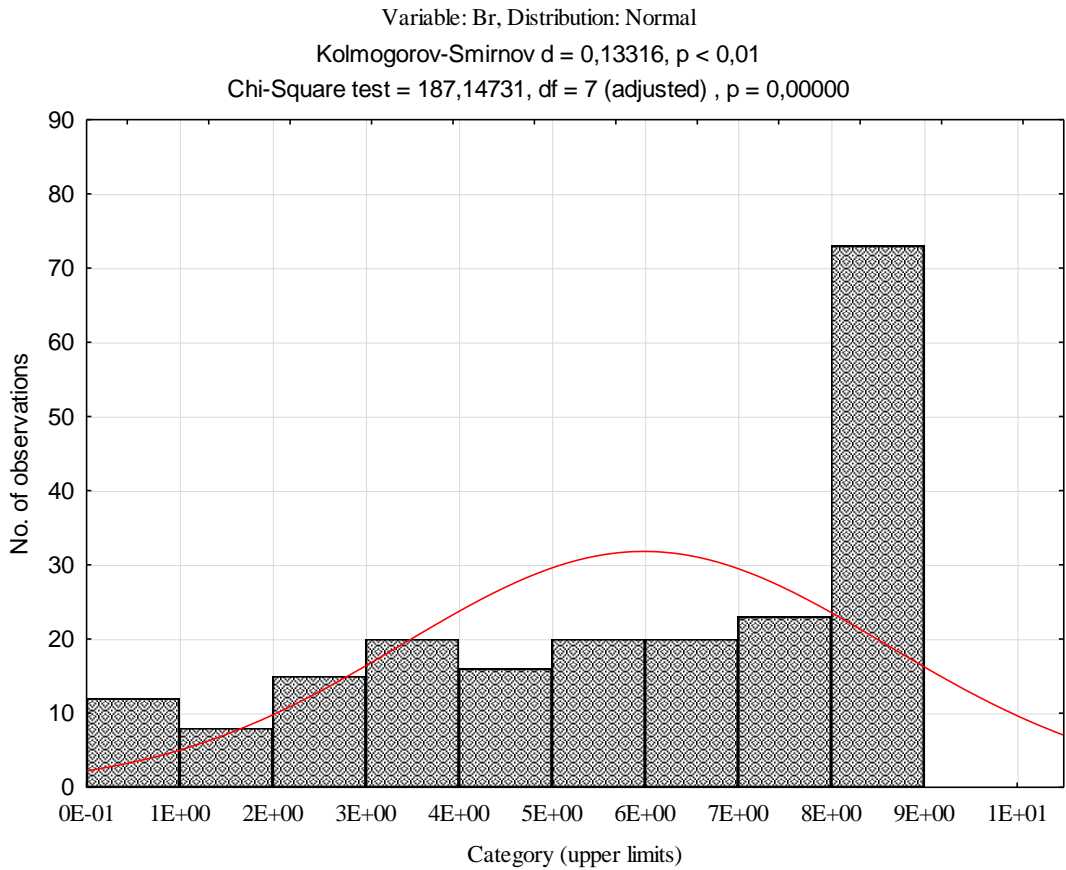
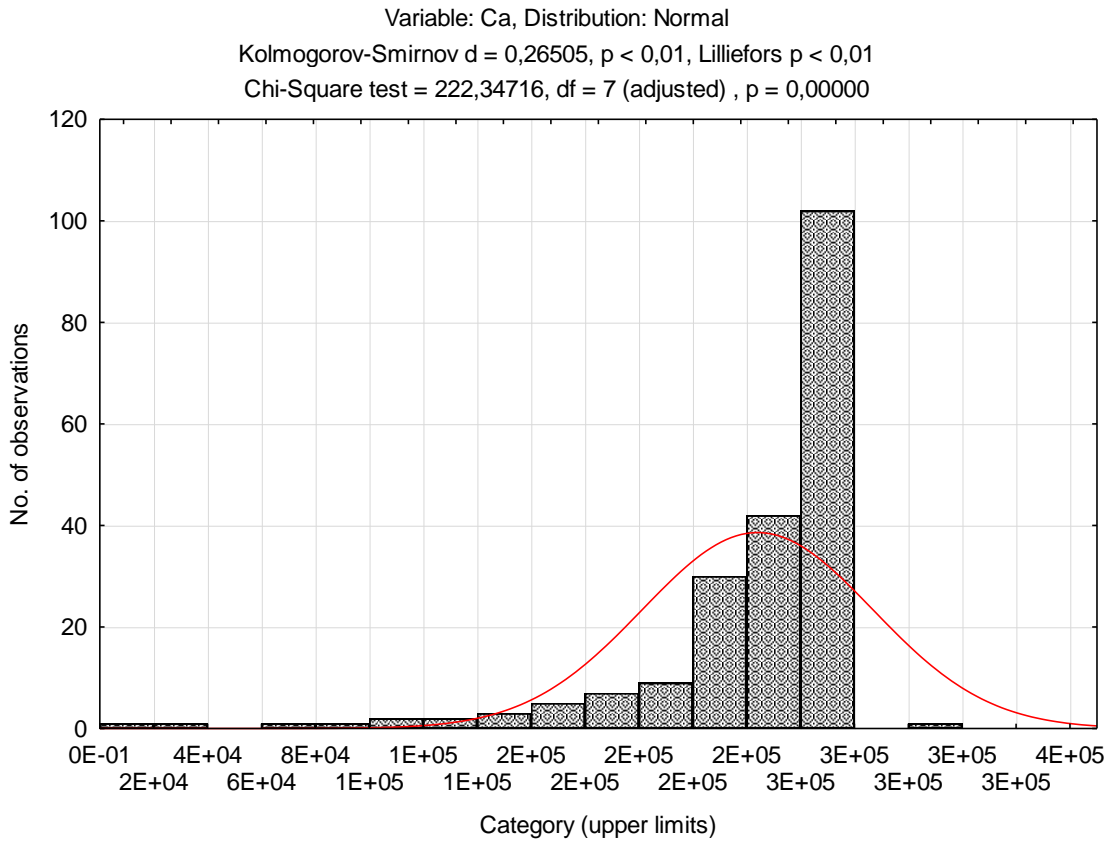
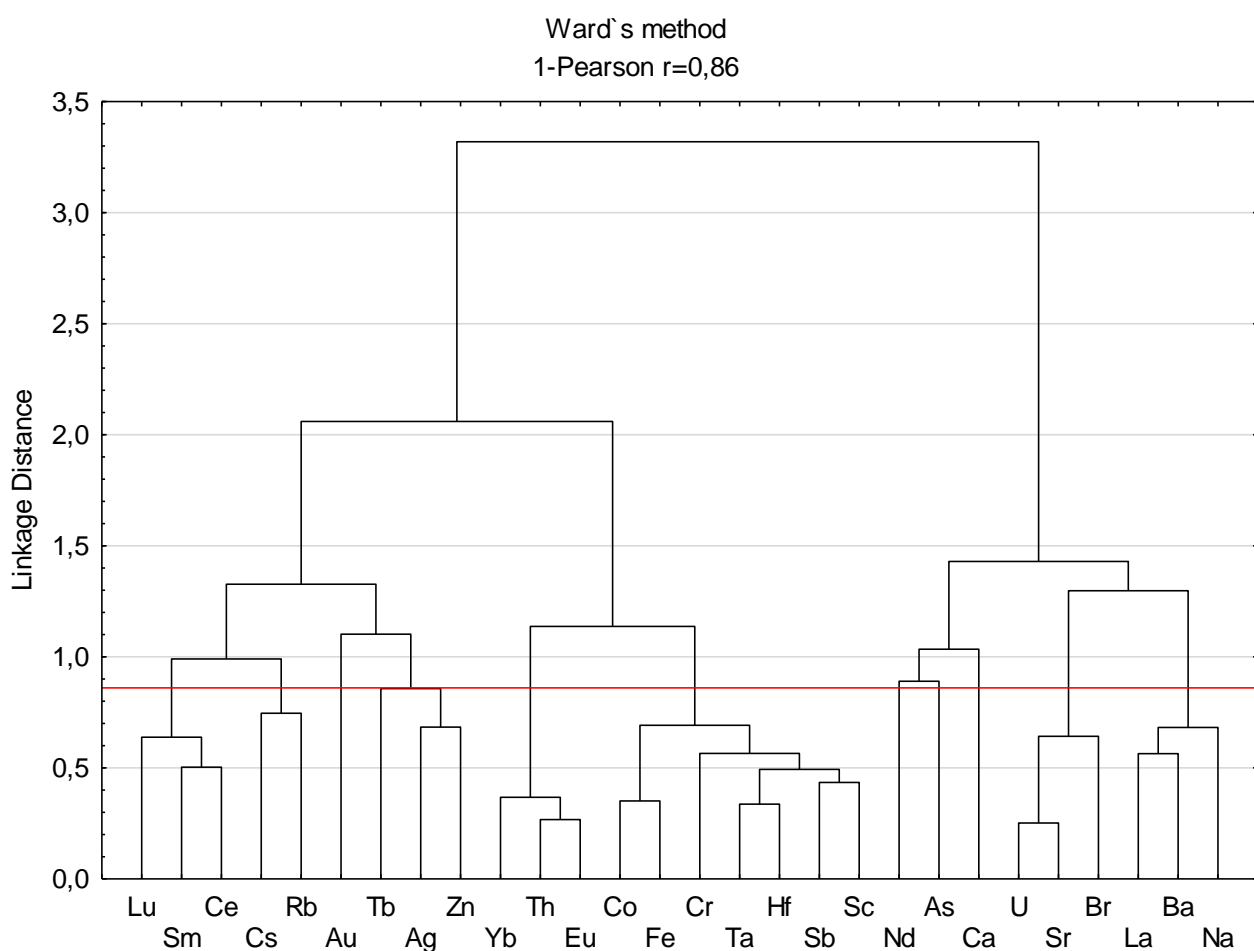


Рисунок 5.2 – Гистограмма с кривой плотности нормального распределения  
 кальция и брома

В солевых отложениях из природных пресных вод Павлодарской области выявлены несколько значимых ассоциации химических элементов (таблица 5.2, рисунок 5.3):

- ✓ Лютеций–самарий–церий;
- ✓ Серебро–цинк;
- ✓ Иттербий–торий–европий;
- ✓ Кобальт–железо–хром–тантал–гафний–сурьма–скандий;
- ✓ Уран–стронций–бром, лантан–барий–натрий.



*Рисунок 5.3 – Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра солевых отложений из природных пресных вод Павлодарской области (1-Person  $r_{\lambda=0,05} = 0,86$ ; объем выборки – 207 проб)*

Характер корреляционных связей в накипи проявляется так:

✓ Большинство значимых положительных связей наблюдается у скандия (16) и железа (14), среди них элементы, характерные для этих двух элементов – Th, Yb, Eu, Ce, Ta, Hf, Cs, Sb, Co, Cr;

✓ Наиболее сильная положительная корреляционная связь стронция с ураном (0,75), отрицательная – железо с кальцием (0,48);

✓ Большинство связей, структурообразующего элемента накипи, кальция - отрицательны, за исключением брома, стронция, урана;

✓ Связи U и Sr с элементами в основном отрицательны, кроме Na, Ca, Br, Sr, Ba, La;

✓ Корреляционные взаимоотношения Sc, Cr, Fe, Co с элементами положительные, за исключением Sr, U, Br, Ca.

✓ Большое количество связей на уровне от 0,5 до 0,75 с вероятностью 95% между – Sc (Ta, Hf, Cs, Sb, Fe, Cr), Hf (Th, Yb, Eu, Ta, Fe), Sb (Na, Ta, Hf), Eu (Th, Yb, Ta), Cr (Fe, Hf), Co (Hf, Fe), Sr – U, Br –U, Ce–Sm, Yb–Th.

Таблица 5.2 – Корреляционные связи химических элементов в нагити Павлодарской области

Натрий (Na)	Кальций (Ca)	Скандий (Sc)	Хром (Cr)	Железо (Fe)	Кобальт (Co)	Цинк (Zn)	Мышьяк (As)	Бром (Br)	Рубидий (Rb)	Стронций (Sr)	Серебро (Ag)	Сурьма (Sb)	Цезий (Cs)	Барий (Ba)	Лантан (La)	Гафний (Hf)	Тантал (Ta)	Золото (Au)	Церий (Ce)	Самарий (Sm)	Европий (Eu)	Тербий (Tb)	Иттербий (Yb)	Лютеций (Lu)	Торий (Th)	Уран (U)	
1	<b>0,20</b>	<b>0,34</b>	0,27	0,19	0,24	0,13	0,08	0,08	0,23	0,22	0,11	<b>0,52</b>	0,06	0,27	<b>0,43</b>	<b>0,31</b>	<b>0,38</b>	<b>0,02</b>	0,10	0,08	<b>0,31</b>	0,16	0,27	0,07	0,29	0,25	Натрий (Na)
	1	<b>0,29</b>	<b>0,36</b>	<b>0,48</b>	<b>0,29</b>	<b>0,02</b>	<b>0,07</b>	0,12	<b>0,06</b>	0,13	<b>0,03</b>	<b>0,17</b>	<b>0,21</b>	<b>0,13</b>	<b>0,15</b>	<b>0,31</b>	<b>0,20</b>	<b>0,33</b>	<b>0,29</b>	<b>0,20</b>	<b>0,19</b>	<b>0,15</b>	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>	<b>0,13</b>	0,12	Кальций (Ca)
		1	<b>0,51</b>	<b>0,56</b>	<b>0,44</b>	<b>0,38</b>	0,09	<b>0,01</b>	<b>0,34</b>	<b>0,26</b>	0,17	<b>0,57</b>	<b>0,53</b>	0,10	<b>0,47</b>	<b>0,61</b>	<b>0,52</b>	0,08	<b>0,41</b>	0,21	<b>0,41</b>	<b>0,32</b>	<b>0,47</b>	0,03	<b>0,43</b>	<b>0,23</b>	Скандий (Sc)
			1	<b>0,50</b>	<b>0,40</b>	0,17	0,23	<b>0,08</b>	0,14	<b>0,12</b>	0,03	<b>0,48</b>	0,23	0,16	<b>0,33</b>	<b>0,55</b>	<b>0,41</b>	0,16	<b>0,33</b>	0,16	<b>0,36</b>	0,26	<b>0,33</b>	0,03	<b>0,34</b>	<b>0,05</b>	Хром (Cr)
				1	<b>0,65</b>	0,27	0,06	<b>0,19</b>	0,14	<b>0,36</b>	0,12	<b>0,39</b>	<b>0,30</b>	0,10	0,25	<b>0,60</b>	<b>0,42</b>	0,12	<b>0,31</b>	0,26	<b>0,47</b>	0,25	<b>0,39</b>	0,08	<b>0,38</b>	<b>0,42</b>	Железо (Fe)
					1	0,14	0,13	<b>0,06</b>	0,07	<b>0,30</b>	0,02	<b>0,46</b>	0,09	0,09	0,22	<b>0,63</b>	<b>0,49</b>	0,07	0,24	0,17	<b>0,42</b>	0,18	<b>0,33</b>	0,03	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	Кобальт (Co)
						1	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	0,17	<b>0,26</b>	<b>0,32</b>	0,27	0,16	<b>0,04</b>	0,17	0,26	0,26	<b>0,07</b>	0,26	0,03	0,25	0,14	0,26	0,05	0,20	<b>0,29</b>	Цинк (Zn)
							1	<b>0,04</b>	0,08	<b>0,01</b>	<b>0,13</b>	0,24	0,05	0,16	0,03	0,12	0,07	<b>0,06</b>	0,04	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	0,02	<b>0,02</b>	<b>0,10</b>	0,04	<b>0,06</b>	Мышьяк (As)
								1	<b>0,04</b>	<b>0,40</b>	<b>0,15</b>	<b>0,07</b>	0,06	0,08	0,22	<b>0,12</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,19</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,51</b>	Бром (Br)
									1	<b>0,05</b>	0,08	0,21	0,25	0,00	0,21	0,13	0,14	<b>0,03</b>	0,28	0,23	0,11	0,17	0,24	0,16	0,12	<b>0,09</b>	Рубидий (Rb)
											<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>0,02</b>	0,24	0,22	<b>0,28</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0,20</b>	<b>0,16</b>	<b>0,29</b>	<b>0,14</b>	<b>0,21</b>	<b>0,75</b>	Стронций (Sr)
										1	0,09	0,09	0,05	0,15	0,05	0,08	0,00	0,00	<b>0,05</b>	0,04	0,23	0,07	0,01	0,08	<b>0,12</b>	Серебро (Ag)	
											1	0,14	0,13	<b>0,40</b>	<b>0,51</b>	<b>0,60</b>	0,03	0,23	0,07	<b>0,43</b>	0,22	<b>0,41</b>	0,10	<b>0,35</b>	<b>0,09</b>	Сурьма (Sb)	
												1	0,13	0,28	0,25	0,04	0,10	<b>0,33</b>	0,19	0,11	0,14	0,12	0,06	0,16	<b>0,10</b>	Цезий (Cs)	
													1	<b>0,44</b>	0,20	0,17	<b>0,08</b>	0,20	0,12	0,25	<b>0,01</b>	0,09	0,00	0,19	0,26	Барий (Ba)	
														1	<b>0,35</b>	<b>0,42</b>	<b>0,09</b>	<b>0,34</b>	0,25	<b>0,33</b>	0,15	0,23	<b>0,06</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	Лантан (La)	
															1	<b>0,66</b>	0,09	<b>0,34</b>	0,24	<b>0,56</b>	0,27	<b>0,53</b>	0,07	<b>0,53</b>	<b>0,24</b>	Гафний (Hf)	
																1	<b>0,01</b>	0,23	0,20	<b>0,51</b>	0,15	<b>0,39</b>	0,06	<b>0,44</b>	<b>0,08</b>	Тантал (Ta)	
																	1	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	0,09	<b>0,01</b>	0,02	<b>0,01</b>	<b>0,08</b>	Золото (Au)	
																		1	<b>0,50</b>	<b>0,30</b>	0,18	0,29	<b>0,38</b>	0,26	<b>0,16</b>	Церий (Ce)	
																			1	0,19	0,18	0,15	<b>0,41</b>	0,15	<b>0,07</b>	Самарий (Sm)	
																				1	0,04	<b>0,68</b>	0,24	<b>0,73</b>	<b>0,12</b>	Европий (Eu)	
																					1	0,21	0,23	0,09	<b>0,18</b>	Тербий (Tb)	
																						1	<b>0,37</b>	<b>0,63</b>	<b>0,19</b>	Иттербий (Yb)	
																							1	0,21	<b>0,17</b>	Лютеций (Lu)	
																								1	<b>0,07</b>	Торий (Th)	
																									1	Уран (U)	

Примечание: красным шрифтом выделены отрицательные связи, жирным шрифтом – значимые связи с вероятностью 95%

В главе 3 отмечено, что пробы накипи отбирались на городских и сельских территориях.

Город Павлодар – областной центр, в котором сосредоточен комплекс промышленных предприятий разного направления. Питьевое водоснабжение внутри города обеспечивается централизованно (р. Иртыш) и частными скважинами (подземные источники).

Река Иртыш подвергается тепловому загрязнению, от находящихся накопителей сточных вод, шламонакопителей, золоотвалов.

Кроме того, на пограничных створах с соседними странами (Китай, Россия) нет автоматизированных постов наблюдения за стоком реки и качеством вод, что препятствует созданию системы оценки, управления, контроля водных объектов.

Загрязнение также осуществляется в результате использования вод Восточно-Казахстанской областью в целях развития производства, сельского хозяйства, в сфере коммунальных услуг.

Для того, чтобы определить загрязнение поверхностных и подземных источников мы разделили территорию исследования.

На территории исследования можно выделить следующие районы с наибольшим содержанием химических элементов в солевых отложениях из природных пресных вод (рисунок 5.4):

- г. Павлодар (частные скважины): Ca, Zn, As, Ag, Au;
- г. Павлодар (централизованное водоснабжение): Na, Sc, Cr, Fe, Co, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Lu, Ta, U.

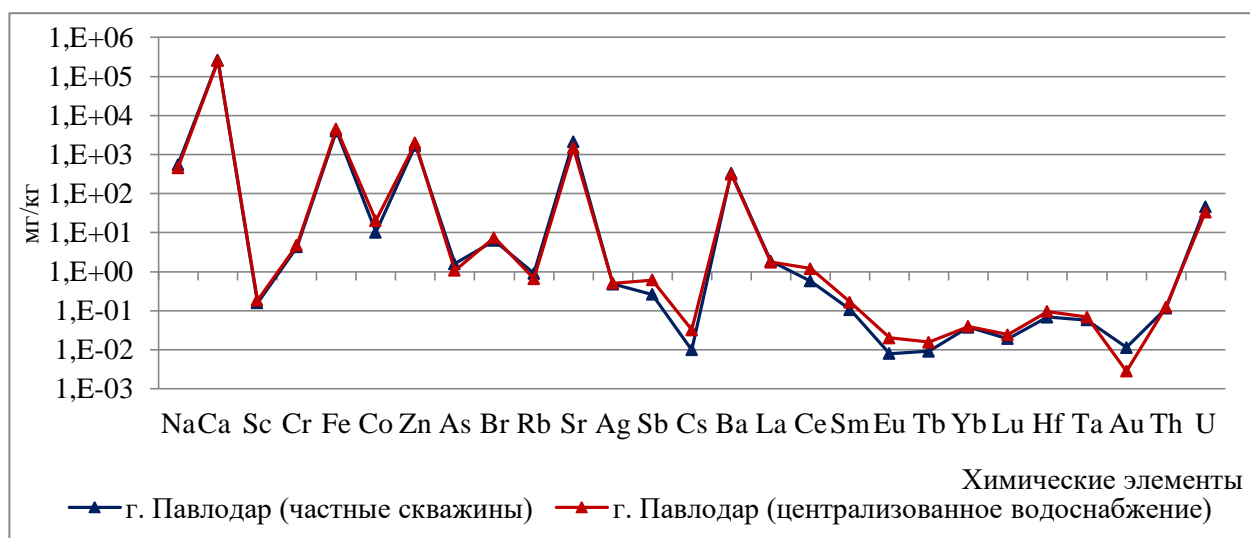


Рисунок 5.4 – Сравнительный анализ распределения химических элементов в накипи из различных типов водоснабжения г. Павлодара

Сравнение среднего значения микроэлементов в солевых образованиях из природных пресных вод Томской области (Монголина), Байкальского региона (Соктоев), Республики Алтай (Робертус) и Павлодарской области показало, что накипь последней отличается максимальным содержанием Na, Sb, La, Hf, Ta, Th, U (рисунок 5.5). Кобальт, кальций, европий содержится в минимальных концентрациях накипи территории исследования.

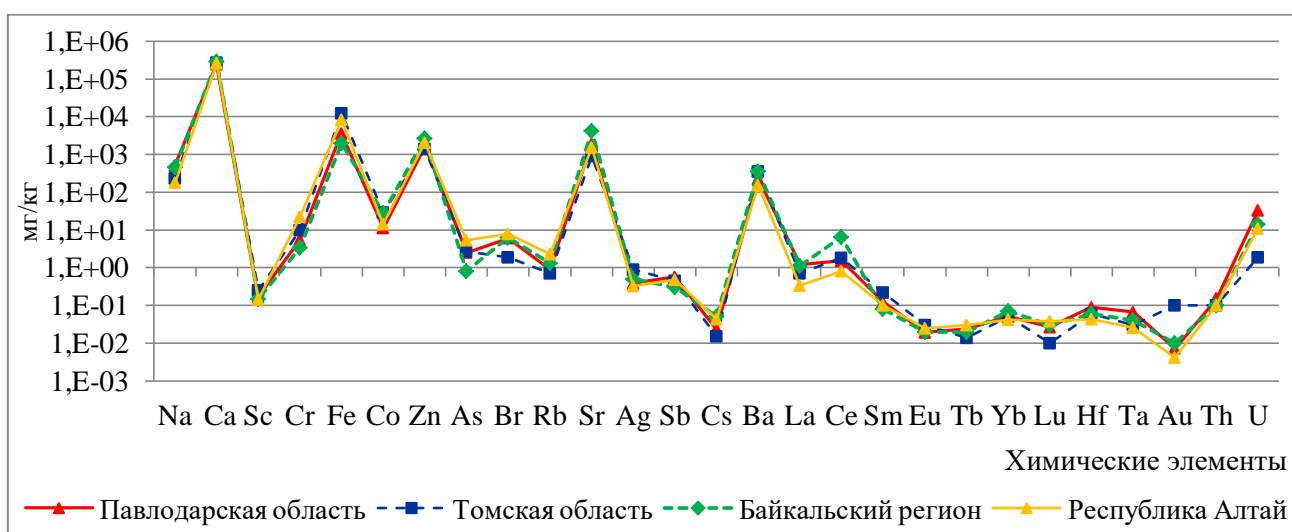


Рисунок 5.5 – Сравнительная характеристика элементного состава накипи из природных пресных вод различных территории

Химический состав солевых образований из природных пресных вод отличается от травертинов (природный аналог) повышенным содержанием практически всех химических элементов за исключением Ca, Sr, Ag (рисунок 5.6).

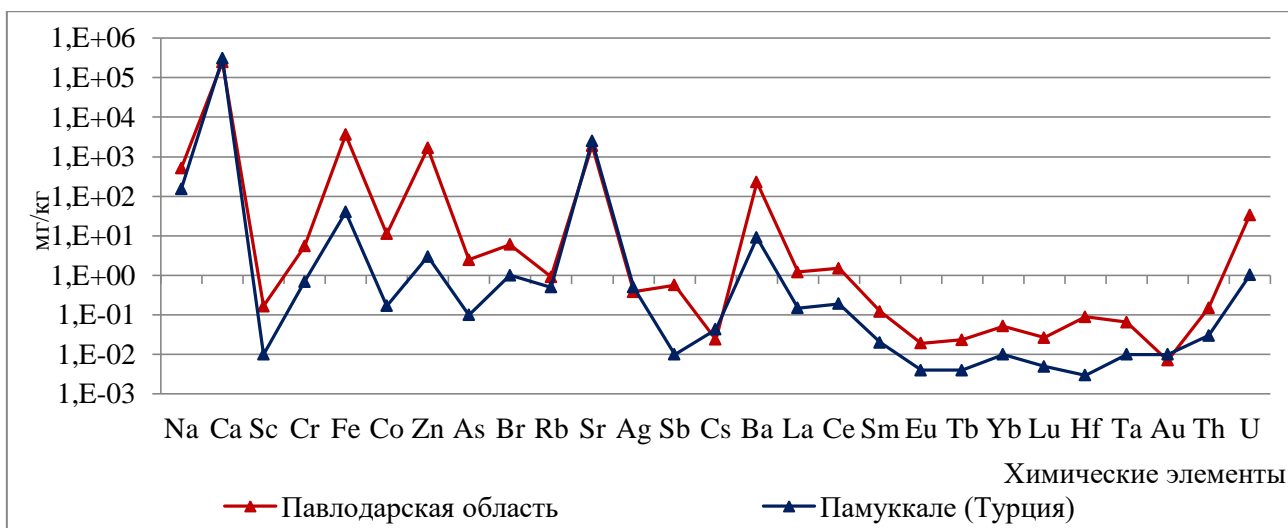
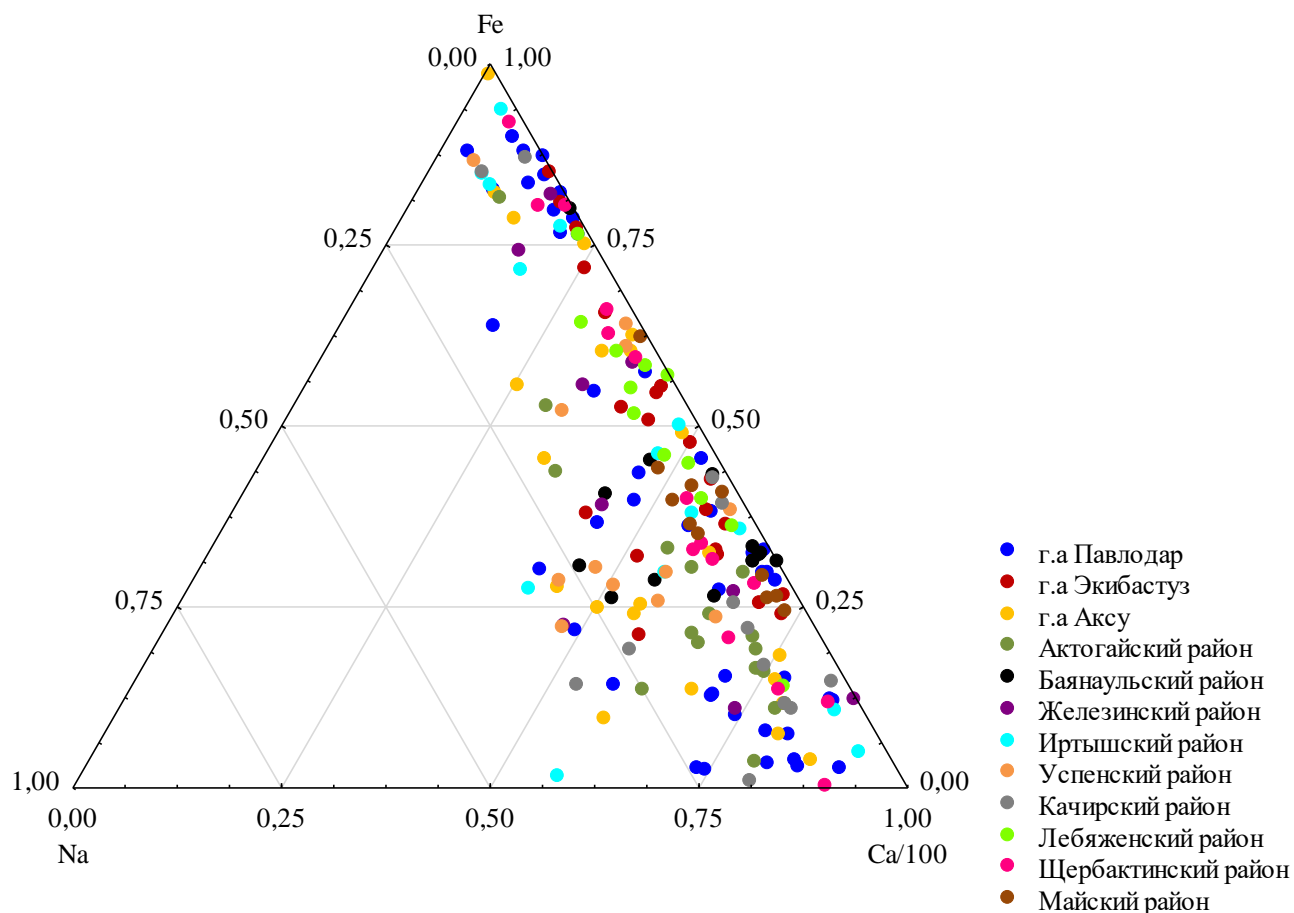


Рисунок 5.6 – Сравнительный анализ химического состава солевых отложений из природных пресных вод Павлодарской области с природными карбонатными аналогами (Соктоев, 2011; Монголина, 2011)

Воды территории исследования (Глава 4) преимущественно гидрокарбонатные натриево – кальциевые и гидрокарбонатные кальциево-магниевого.

Согласно данным ИНАА по структурообразующим элементам накипи (натрий, кальций, железо) в основном в большей степени тяготеют к кальцию, нежели к натрию. Только часть проб Иртышского (2), Успенского (1), Качирского (1) районов, г.а. Павлодара (3) и Аксу (2) характеризуются повышенным содержанием натрия (рисунок 5.7).



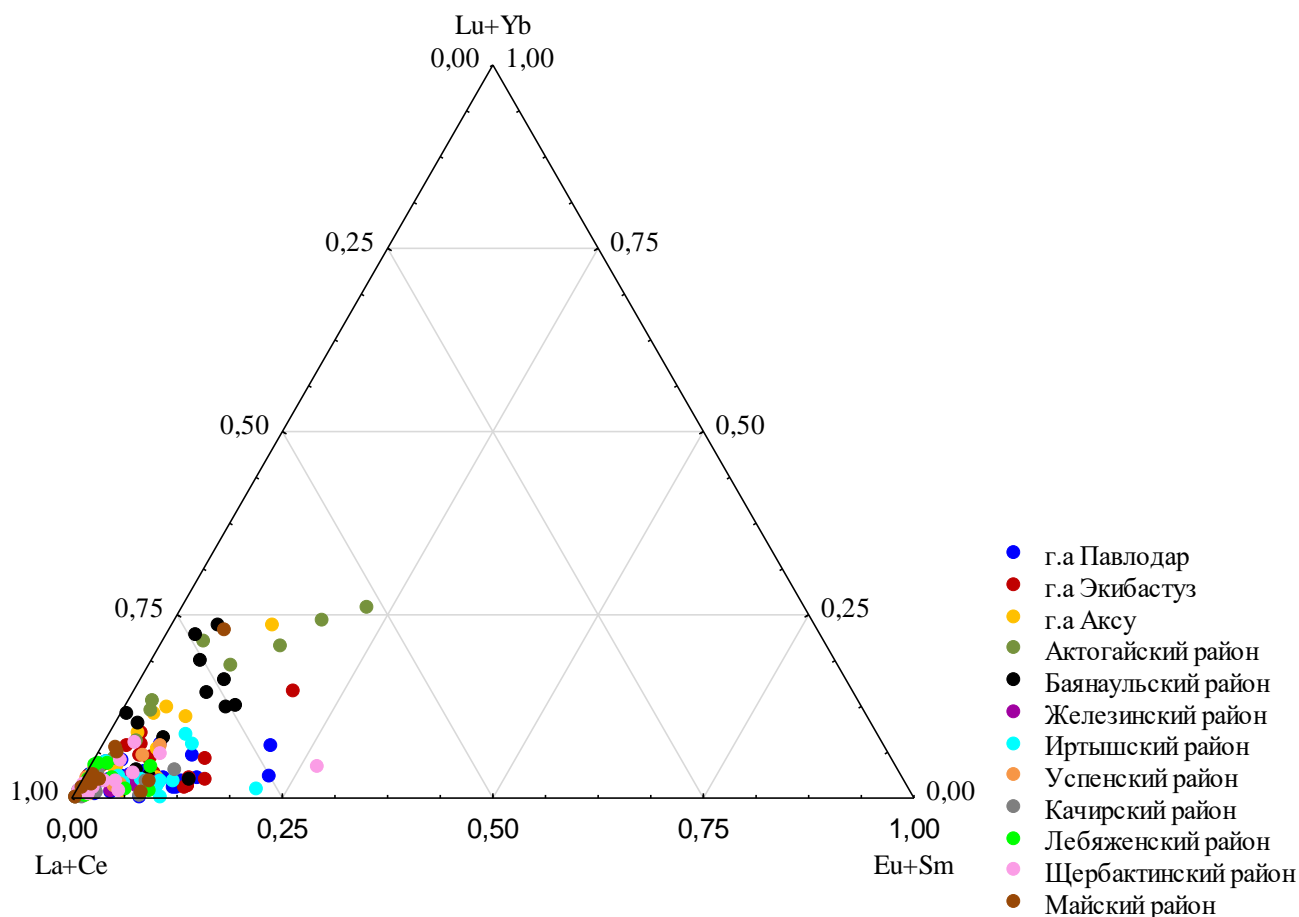


*Рисунок 5.7 – Диаграмма распределения матричных элементов в составе накипи из природных пресных вод районов Павлодарской области*

Анализ отношения легких к тяжелым лантаноидам показал, что в составе накипи из природных пресных вод в большей степени накапливаются легкие лантаноиды.

Из этой группы населенных пунктов следует выделить Актогайский, Щербактинский, Баянаульский районы, а также городские пробы накипи, химический состав, которых тяготеет к тяжелым лантаноидам.

Так, например в Баянаульском районе располагаются мелкие рудопроявления урана и тория, также здесь находятся массивы аляскитовых и нормальных гранитов, риолитов (рисунок 5.8).

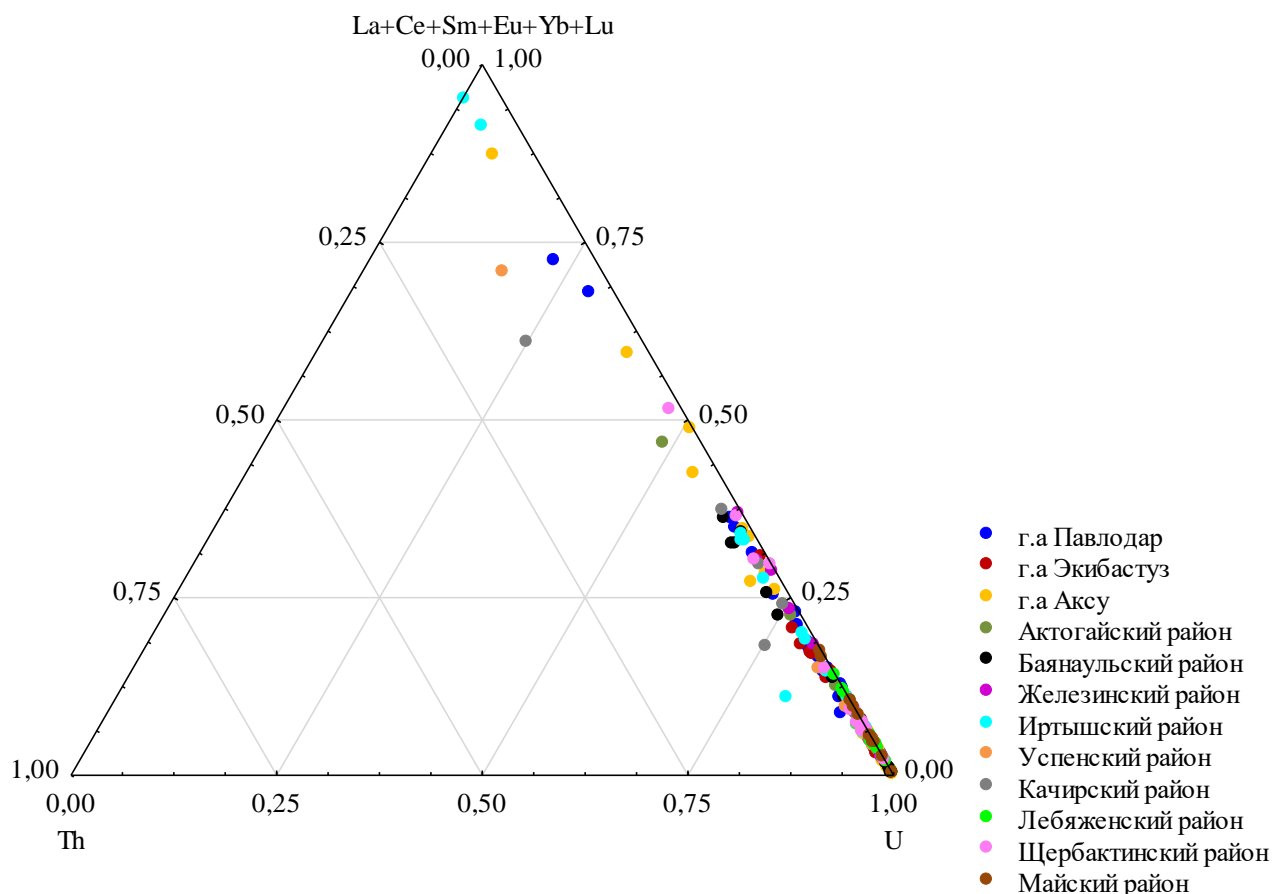


*Рисунок 5.8 – Диаграмма распределения редкоземельных элементов в составе накипи из природных пресных вод районов Павлодарской области*

Солевые отложения природных пресных вод Павлодарской области характеризуется как низкоторийевые, т.е. высокоурановые.

По содержанию редкоземельных элементов солевые отложения природных пресных вод хорошо дифференцируются (рисунок 5.9).

Здесь также четко проявляется накипь Иртышского района, которая характеризуется повышенным содержанием редкоземельных элементов. Солевые отложения из природных пресных вод Качирского района и г.а Павлодара и Аксу также отличаются высоким содержанием лантаноидов.



*Рисунок 5.9 – Диаграмма распределения редкоземельных и радиоактивных элементов в составе накипи из природных пресных вод районов Павлодарской области*

При сравнении сельских населенных пунктов Павлодарской области по данным изучения накипи из природных пресных вод четко выделяется несколько районов с повышенным содержанием ряда элементов.

Одним из таких районов выделяется Иртышский, накипь, которых с высоким содержанием железа, кобальта, церия, самария, европия, тантала, иттербия, гафния, тория.

Этот район исследования отмечается не только специфичным набором химических элементов в накипи, но и по ряду других данных, например по коэффициенту концентрации, и в связи структурообразующих элементов,

редкоземельных и радиоактивных элементов, при отношении тяжелых к легким лантаноидам и т.д.

Второй район по количеству элементов, встречающихся в накипи в повышенных концентрациях (бром, рубидий, стронций, тербий) отмечается Актогайский район. Максимальное содержание скандия, хрома, цинка, золота определяется в накипи г.а. Аксу, который по праву занимает также второе место.

Накипь Качирского района отличается высоким содержанием в накипи цезия и урана. Территория этого района характеризуется урановыми рудопроявлениями, что может объяснить высокое содержание урана более 400 мг/кг в накипи и в воде (таблица 5.3, 5.4).

Таблица 5.3 – Геохимический спектр солевых отложений из природных пресных вод левобережья Павлодарской области

Элементы, мг/кг	Иртышский район	г.а. Аксу	Актогайский район	Баянаульский район	Майский район	г.а Экибастуза
1	2	3	4	5	6	7
Натрий (Na)	737 ± 181	738 ± 128	624 ± 102	403 ± 122	181 ± 38	297 ± 59
Кальций (Ca)	217179 ± 16142	238130 ± 12152	257564 ± 5516	<b>260708 ± 2989</b>	229263 ± 12868	255472 ± 6732
Скандий (Sc)	0,3 ± 0,04	<b>0,7 ± 0,5</b>	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,03	0,08 ± 0,02	0,1 ± 0,02
Хром (Cr)	8,1 ± 1,8	<b>12 ± 6,6</b>	2,8 ± 0,9	2,7 ± 0,4	1,4 ± 0,4	5,4 ± 0,9
Железо (Fe)	<b>5651 ± 1731</b>	3845 ± 1037	1946 ± 864	2176 ± 644	1616 ± 305	3852 ± 904
Кобальт (Co)	<b>26,5 ± 7,6</b>	12,2 ± 4,5	11,8 ± 10,2	3,1 ± 1,4	3,9 ± 1,2	14,2 ± 4,3
Цинк (Zn)	1971 ± 483	<b>2162 ± 389</b>	2091 ± 397	1373 ± 410	871 ± 306	1518 ± 334
Мышьяк (As)	1,8 ± 0,5	2,7 ± 0,6	1,9 ± 0,5	2,6 ± 0,5	2,8 ± 0,8	1,6 ± 0,3
Бром (Br)	4,2 ± 0,8	5,4 ± 0,6	<b>7,6 ± 0,5</b>	5,4 ± 0,7	5,2 ± 0,6	5,5 ± 0,6
Рубидий (Rb)	1,2 ± 0,2	0,9 ± 0,1	<b>1,3 ± 0,2</b>	0,8 ± 0,2	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,1
Стронций (Sr)	1146 ± 362	2112 ± 254	<b>2693 ± 242</b>	1492 ± 318	2260 ± 420	1331 ± 246
Серебро (Ag)	0,4 ± 0,08	0,39 ± 0,07	0,4 ± 0,06	0,3	0,3 ± 0,02	0,4 ± 0,08
Сурьма (Sb)	1,2 ± 0,4	0,8 ± 0,2	0,5 ± 0,2	0,3 ± 0,06	0,3 ± 0,04	0,4 ± 0,1
Цезий (Cs)	0,03 ± 0,008	0,02 ± 0,006	0,02 ± 0,007	0,01 ± 0,006	0,02 ± 0,005	0,02 ± 0,005
Барий (Ba)	297,7 ± 54,5	149 ± 27	171 ± 37	126,6 ± 21,7	79,3 ± 19,5	117,5 ± 23,9
Лантан (La)	1,6 ± 0,3	1,2 ± 0,2	1,01 ± 0,2	0,4 ± 0,1	1,01 ± 0,3	0,4 ± 0,1
Церий (Ce)	<b>2,7 ± 0,3</b>	1,6 ± 0,3	1,3 ± 0,3	1,1 ± 0,3	1,7 ± 0,3	1,4 ± 0,2
Самарий (Sm)	<b>0,3 ± 0,1</b>	0,07 ± 0,03	0,02 ± 0,006	0,1 ± 0,07	0,08 ± 0,05	0,2 ± 0,04

1	2	3	4	5	6	7
Европий (Eu)	<b>0,09 ± 0,03</b>	0,02 ± 0,01	0,007 ± 0,001	0,01 ± 0,003	0,006 ± 0,001	0,01 ± 0,002
Тербий (Tb)	0,02 ± 0,005	0,03 ± 0,004	<b>0,03 ± 0,01</b>	0,03 ± 0,006	0,02 ± 0,004	0,022 ± 0,004
Иттербий (Yb)	<b>0,1 ± 0,04</b>	0,07 ± 0,03	0,04 ± 0,009	0,09 ± 0,01	0,02 ± 0,005	0,05 ± 0,008
Лютеций (Lu)	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,004	0,03 ± 0,005	0,04 ± 0,004	0,04 ± 0,00	0,02 ± 0,004
Гафний (Hf)	<b>0,2 ± 0,06</b>	0,1 ± 0,04	0,04 ± 0,02	0,02 ± 0,009	0,02 ± 0,005	0,09 ± 0,04
Тантал (Ta)	0,2 ± 0,05	0,06 ± 0,02	0,06 ± 0,02	0,02 ± 0,003	0,02 ± 0,006	0,05 ± 0,03
Золото (Au)	0,004 ± 0,0007	<b>0,02 ± 0,01</b>	0,007 ± 0,002	0,006 ± 0,002	0,003 ± 0,0005	0,01 ± 0,007
Торий (Th)	<b>0,5 ± 0,3</b>	0,1 ± 0,052	0,09 ± 0,03	0,09 ± 0,02	0,03 ± 0,007	0,07 ± 0,01
Уран (U)	22,4 ± 6,1	36,3 ± 5,9	37,1 ± 4,1	27,4 ± 7,1	39,7 ± 6,1	24,9 ± 4,1

Таблица 5.4 – Геохимический спектр солевых отложений из природных пресных вод правобережья Павлодарской области

Элементы, мг/кг	Железинский район	Качирский район	Успенский район	г.а Павлодара	Щарбактинский район	Лебяженский район
1	2	3	4	5	6	7
Натрий (Na)	692 ± 188	533 ± 145	<b>891 ± 168</b>	501 ± 67	285 ± 28	253 ± 40
Кальций (Ca)	249322 ± 7112	242228 ± 11611	243053 ± 14978	245109 ± 6987	238015 ± 12235	247322 ± 5440
Скандий (Sc)	0,2 ± 0,05	0,3 ± 0,03	0,2 ± 0,03	0,2 ± 0,02	0,1 ± 0,03	0,2 ± 0,05
Хром (Cr)	4,5 ± 1,5	7,8 ± 1,5	5,5 ± 1,1	4,9 ± 0,8	5,4 ± 1,3	<b>9 ± 1,4</b>
Железо (Fe)	4321 ± 1692	3166 ± 1596	3415 ± 1224	4386 ± 839	3925 ± 1174	3357 ± 653
Кобальт (Co)	2,8 ± 0,9	9,1 ± 4,6	9,4 ± 4,8	14,5 ± 3,4	7,5 ± 4,1	2 ± 0,4
Цинк (Zn)	1479,9 ± 514,3	940 ± 388	1424 ± 391	1838 ± 304	1856 ± 376	790,8 ± 236,4
Мышьяк (As)	1,9 ± 0,6	2,5 ± 0,6	3,8 ± 0,8	1,6 ± 0,3	3,5 ± 0,8	<b>5,4 ± 0,8</b>
Бром (Br)	6,6 ± 0,8	6,7 ± 0,7	6,1 ± 0,9	6,7 ± 0,3	5,7 ± 0,7	5,4 ± 0,7
Рубидий (Rb)	1,1 ± 0,3	1,2 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,8 ± 0,09	0,9 ± 0,2	1 ± 0,2
Стронций (Sr)	2170 ± 381	2208 ± 350	2356 ± 355	1818 ± 205	1644 ± 295	2141 ± 285
Серебро (Ag)	0,3 ± 0,07	0,35 ± 0,04	0,4 ± 0,1	<b>0,5 ± 0,05</b>	0,4 ± 0,07	0,3 ± 0,02
Сурьма (Sb)	0,4 ± 0,3	0,4 ± 0,2	<b>1,7 ± 0,3</b>	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,05	0,4 ± 0,1
Цезий (Cs)	0,04 ± 0,01	<b>0,05 ± 0,008</b>	0,02 ± 0,006	0,03 ± 0,004	0,02 ± 0,006	0,03 ± 0,01
Барий (Ba)	<b>390 ± 50</b>	237 ± 55	280 ± 45	277 ± 25,7	304 ± 43,5	337 ± 47
Лантан (La)	1,2 ± 0,4	2,05 ± 0,2	<b>2,1 ± 0,3</b>	1,6 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1 ± 0,2

1	2	3	4	5	6	7
Церий (Ce)	2,4 ± 0,4	2,3 ± 0,3	0,5 ± 0,3	1,2 ± 0,2	1,8 ± 0,3	1,2 ± 0,2
Самарий (Sm)	0,2 ± 0,07	0,1 ± 0,05	0,05 ± 0,02	0,2 ± 0,03	0,09 ± 0,04	0,05 ± 0,02
Европий (Eu)	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,003	0,01 ± 0,004	0,008 ± 0,002	0,01 ± 0,003
Тербий (Tb)	0,01 ± 0,005	0,03 ± 0,005	0,03 ± 0,006	0,02 ± 0,007	0,01 ± 0,002	0,02 ± 0,005
Иттербий (Yb)	0,05±0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,005	0,04 ± 0,009	0,03 ± 0,01
Лютеций (Lu)	0,03 ± 0,005	0,01 ± 0,004	0,008 ± 0,002	0,02 ± 0,003	0,03 ± 0,005	0,02 ± 0,005
Гафний (Hf)	0,06 ± 0,03	0,1 ± 0,06	0,1 ± 0,03	<b>0,09 ± 0,02</b>	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,04
Тантал (Ta)	0,03 ± 0,01	0,07 ± 0,03	0,2 ± 0,05	0,06 ± 0,02	0,02 ± 0,006	0,03 ± 0,007
Золото (Au)	0,004 ± 0,001	0,006 ± 0,001	0,005 ± 0,001	0,005 ± 0,001	0,005 ± 0,0009	0,009 ± 0,004
Торий (Th)	0,1 ± 0,04	0,4 ± 0,2	0,2 ± 0,08	0,1 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,1 ± 0,03
Уран (U)	30,6 ± 7,4	43,2 ± 7,7	43,1 ± 8,3	34,3 ± 3,8	28,2 ± 5,8	40.4 ± 6,9

*Примечание:* жирным шрифтом выделено максимальное содержание химических элементов в накипи



Выполненный нами расчёт коэффициента концентрации (КК) относительно среднего содержания химических элементов в накипи вод озера Байкал приведён в таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Геохимическая специфика по данным изучения накипи из природных пресных вод на территории Павлодарской области

Районы	Коэффициент концентрации элементов		
	1-5	5-10	<10
1	2	3	4
Иртышский (18/11)	U <sub>4,1</sub> -Ce <sub>2,8</sub> -Th <sub>2,6</sub> -La <sub>2,4</sub> -Sm <sub>2,3</sub> - Yb <sub>2,2</sub> -Tb <sub>2,1</sub> -Eu <sub>1,6</sub>	Fe <sub>8,5</sub> -Ba <sub>7,3</sub> - Ag <sub>6,8</sub>	Zn <sub>307,2</sub> -Ta <sub>113,6</sub> -Sb <sub>19,7</sub> - Hf <sub>12,7</sub> -Co <sub>10,6</sub> -Sc <sub>10,2</sub>
Качирский (16/9)	Ag <sub>4,9</sub> - Sm <sub>4,7</sub> -Tb <sub>2,9</sub> -Co <sub>2,4</sub> -Sr <sub>2,1</sub> - Ce <sub>1,9</sub> -Ba <sub>1,8</sub> -Yb <sub>1,7</sub> -Th <sub>1,2</sub>	Ta <sub>7</sub> -La <sub>6,7</sub> - Sc <sub>6,2</sub> -Fe <sub>5,6</sub>	Zn <sub>32,1</sub> -U <sub>27,8</sub>
г.а. Павлодар (15/6)	Fe <sub>4,7</sub> - Hf <sub>3,2</sub> -Tb <sub>2,4</sub> - Sc <sub>2,3</sub> - Sb <sub>1,7</sub> - Ba <sub>1,6</sub> - Co= La <sub>1,5</sub> - Sm <sub>1,3</sub> -Sr <sub>1,4</sub>	Ag <sub>8,6</sub> -Ta <sub>6,3</sub>	Zn <sub>108,4</sub> -U <sub>10,2</sub>
г.а. Аксу (14/9)	Sb <sub>4,6</sub> - Hf <sub>3,8</sub> -Sc <sub>2,8</sub> -Tb <sub>1,9</sub> - La= Sr <sub>1,4</sub> -Fe <sub>1,3</sub>	U <sub>10</sub> - Au <sub>7,1</sub> - Ta <sub>6,9</sub> -Sm <sub>5,3</sub>	Zn <sub>83</sub> - Ag <sub>35,3</sub>
Железинский (13/5)	Ag <sub>4,5</sub> -Sc <sub>4</sub> -Sb <sub>2,8</sub> -Ce <sub>2,5</sub> -Ta <sub>2,4</sub> - Ba <sub>2,3</sub> - Sr <sub>1,8</sub> -Sm <sub>1,5</sub> -Fe <sub>1,3</sub> -La <sub>1,1</sub>	U <sub>7,1</sub>	Zn <sub>46,2</sub>
Успенский (13/5)	Sc <sub>2,8</sub> - La <sub>2,6</sub> -Ba <sub>2,4</sub> -Tb <sub>2,3</sub> -Sr <sub>1,9</sub> - Fe=Co <sub>1,2</sub>	Ag <sub>6,9</sub> -Sb <sub>5,6</sub>	Zn <sub>44,5</sub> -Ta <sub>16,3</sub> -U <sub>10,7</sub>
Актогайский (11/5)	Sb=Fe <sub>2</sub> -Tb <sub>1,8</sub> -Sr <sub>1,7</sub> -Ce <sub>1,5</sub> -Sc <sub>1,4</sub>	U <sub>6,9</sub> -Ag <sub>5,5</sub> - Ta <sub>4</sub>	Zn <sub>164,5</sub>
г.а. Экибастуз (11/3)	U <sub>4,7</sub> - Sm=Tb=Sb <sub>1,6</sub> - Fe <sub>1,2</sub> - Lu=Sc <sub>1,1</sub>	Ag <sub>7,3</sub> -Ta <sub>5,6</sub>	Zn <sub>57,9</sub>
Баянаульский (10/4)	Ag <sub>4,2</sub> -Yb <sub>3,8</sub> -Tb <sub>2,2</sub> -Lu <sub>1,8</sub> -Sc <sub>1,5</sub> - Sr <sub>1,3</sub> -Ta <sub>1,1</sub>	U <sub>6,2</sub>	Zn <sub>45,5</sub>
Лебяженский (9/3)	Ag <sub>3,8</sub> -Ba <sub>2,2</sub> -Ta <sub>1,8</sub> -Sc <sub>1,7</sub> - Sr=Tb <sub>1,3</sub>	U <sub>9,7</sub>	Zn <sub>24,7</sub>

1	2	3	4
Майский (8/3)	Ag <sub>3,9</sub> -Lu <sub>1,7</sub> -Sr=Ta <sub>1,2</sub> -Sm <sub>1,1</sub>	U <sub>8,5</sub>	Zn <sub>27,2</sub>
Щарбактинский (8/3)	Nd <sub>2,3</sub> -Ba <sub>1,7</sub> -Ta <sub>1,5</sub> -Sc <sub>1,3</sub> -Fe <sub>1,2</sub>	U <sub>6,4</sub> -Ag <sub>5,6</sub>	Zn <sub>67,5</sub>
Павлодарская область (15/6)	Sb <sub>3,3</sub> -Sc <sub>2,8</sub> -Fe <sub>2,7</sub> -Hf <sub>2,3</sub> -Tb <sub>1,9</sub> - Sm <sub>1,8</sub> -Ba <sub>1,7</sub> -Co=La <sub>1,5</sub> -Sr <sub>1,3</sub>	Ag <sub>9,3</sub> -U <sub>9,2</sub>	Zn <sub>97,8</sub> -Ta <sub>13,6</sub>

*Примечание:* цифры в скобках: в числителе – количество элементов с КК>1, в знаменателе – количество элементов с КК>3.

Разделение изученных нами районов Павлодарской области выполнено в зависимости от количества элементов с КК от 1 до 5, от 5 до 10, и выше 10.

Результаты полученных данных показали, что накипь Иртышского района отличается наибольшим количеством аномально встречающихся элементов с КК>1, всего их 18. Преимущественно в накипи этого района с КК больше 10 встречаются цинк, тантал, сурьма, гафний, кобальт, скандий. Спецификой накипи из природных пресных вод Иртышского района является повышенное содержание изученных редких и редкоземельных элементов относительно других населенных пунктов.

Еще одной из территорий, на которой в накипи встречаются элементы в аномально высоких концентрациях, является Качирский район, который также отличается высоким содержанием урана и как следствие КК больше 20.

По геохимическим показателям солевых отложений из природных пресных вод близкими к Иртышскому району является накипь г.а. Аксу, всего 14 элементов. Приоритетными из них являются цинк, тантал, золото, сурьма, серебро, самарий.

Спектр химических элементов накипи г.а. Аксу, Экибастуза района характеризуется ярко выраженной золото-серебряной ассоциацией, который обусловлен местонахождением в этом районе Майкаинского рудного поля. Оно включают в себя более 10 месторождений с концентрацией Au до 58,7 г/т и Ag до 2277 г/т ([www. geology.gov.kz](http://www.geology.gov.kz)).

Для накипи Актогайского района приоритетными элементами считаются цинк, тантал, неодимий, серебро, уран. Количество элементов, содержащихся в аномальных концентрациях – 11.

Накипь городских округов по химическому составу близка к друг другу и отличается лишь набором элементов, характерных для каждого из них, так например, для Павлодара – барий, кобальт, Аксу- золото, Экибастуз - лютеций.

Кроме того, накипь из природных пресных вод г.а. Экибастуза отличается содержанием КК серебра больше 5, которое объясняется близким расположением месторождения Алпыс, руды которой колчеданно-золото-барит-полиметаллические (майкаинский тип; среднее содержание серебра – 50,4 г/т) (<http://geology.gov.kz>).

Общей геохимической спецификой Павлодарской области по данным изучения солевых отложений из природных пресных вод являются содержание четырех приоритетных элементов: цинк, тантал, серебро, уран.

Так, как Zn является сквозным элементом для изучаемой минеральной матрицы региона, имеющим КК относительно воды озера Байкал практически во всех районах области >10, то можно утверждать, что Та, Ag, U определяют специфику солевых образований из природных пресных вод Павлодарской области, что принципиально отличает эти образования от других изученных регионов: Томская область (Монголина, 2011), Республика Алтай (Робертус, 2014), Байкальский регион (Соктоев, 2015).

На рисунке 5.10 зеленым цветом выделены районы с количеством аномальных элементов до 10 (Щарбактинский, Лебяженский, Майский, Баянаульский районы), желтым цветом от 10 до 15 (Успенский, Железинский, Актогайский районы, г.а. Павлодар, Экибастуз, Аксу) и красным от 15 до 20 (Иртышский, Качирский районы).

Районы, по количеству аномально встречающихся элементов в накипи из природных пресных вод, коэффициент концентраций, которых больше 5 (кроме цинка) подразделяются следующим образом: Иртышский район (8 элементов), г.а. Аксу (5), Качирский (5), Актогайский (4), Успенский (4), г.а. Павлодар (3),

Щарбактинский (2), Железинский (2), Баянаульский (1), Железинский (1), Лебяженский (1), Майский (1), г.а. Экибастуз (1).



*Рисунок 5.10 – Карта распространения элементов в аномально высоких концентрациях в солевых образованиях из природных пресных вод*

В целом, геохимический спектр солевых отложений из природных пресных вод Павлодарской области представлен специфичными для каждого населенного пункта химическими элементами.

## **5.2 ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИРОДНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД И РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СУММАРНОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ НАКОПЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ**

Построение карт пространственного распределения химических элементов в солевых отложениях природных пресных вод осуществлялось при помощи геоинформационного программного продукта ArcGis. При классификации значений использовался метод «Вручную», для того, чтобы иметь возможность задать собственные интервалы классов. Границы диапазонов класса строились на основе уже известного нам среднего арифметического путем прибавления 2-3 стандартных ошибок. Интервалы значений до среднего арифметического, окрашивались в зеленый цвет, плюс 2-3 стандартные ошибки уже в желтый и более высокие диапазоны в красный.

Всего было построено 29 карт распределения химических элементов в накипи из природных пресных вод, включая данные по суммарному показателю концентрирования. В работе представлены лишь те немногие, которые демонстрируют схожий характер распределения по территории области.

Неоднократно в работе отмечалась яркая золото-серебрянная ассоциация в накипи из природных пресных вод, которая отразилась не только в ее высоких концентрациях, но и на картах распространения элементов.

В центральной части области преимущественно в левобережье реки Иртыш локализуется район с повышенной концентрацией в солевых отложениях Au, Ag, As, Zn (рисунок 5.11-5.13).

Принимая во внимание результаты анализа, по уровню накопления золота и серебра в накипи из природных пресных вод выделяются г.а. Аксу (Аксу – подземные воды, скважина) и Экибастуза (село Калкаман – подземные воды, колодец), с максимальной концентрацией золота 15 мг/кг и серебра 44 мг/кг.

Этот ореол пространственно совпадает с известными месторождениями Майкаинского золоторудного поля, полиметаллических руд Алпыс.

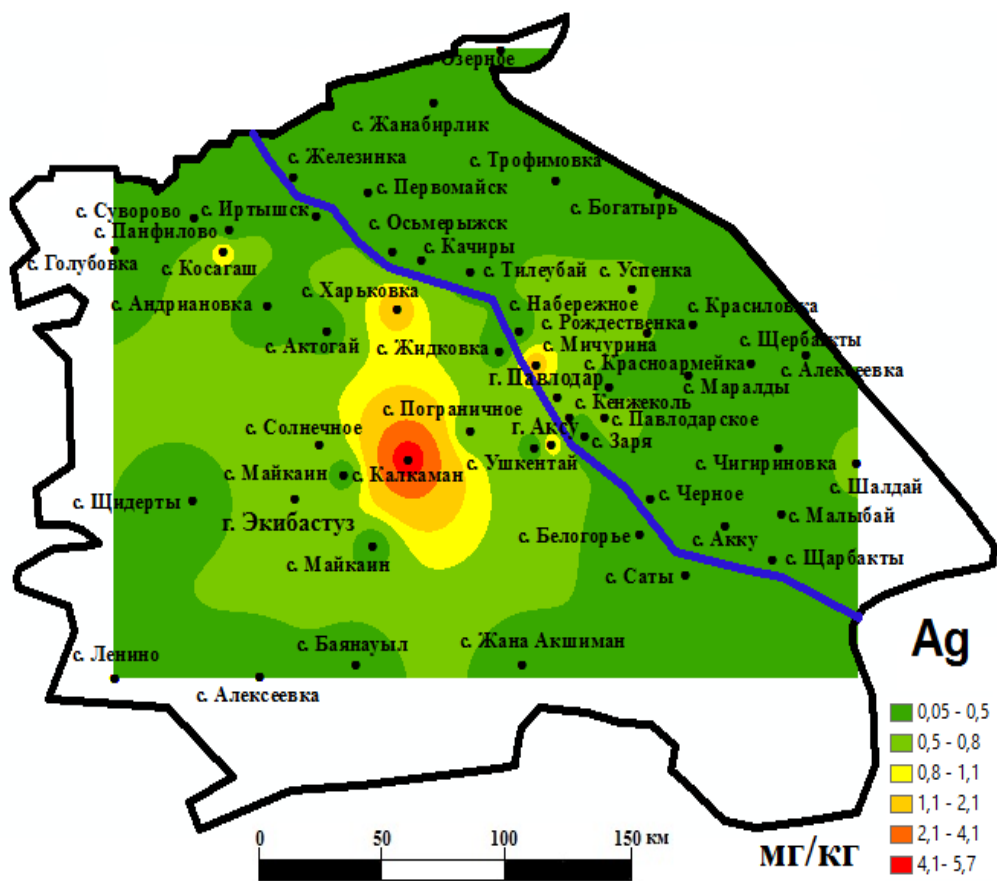
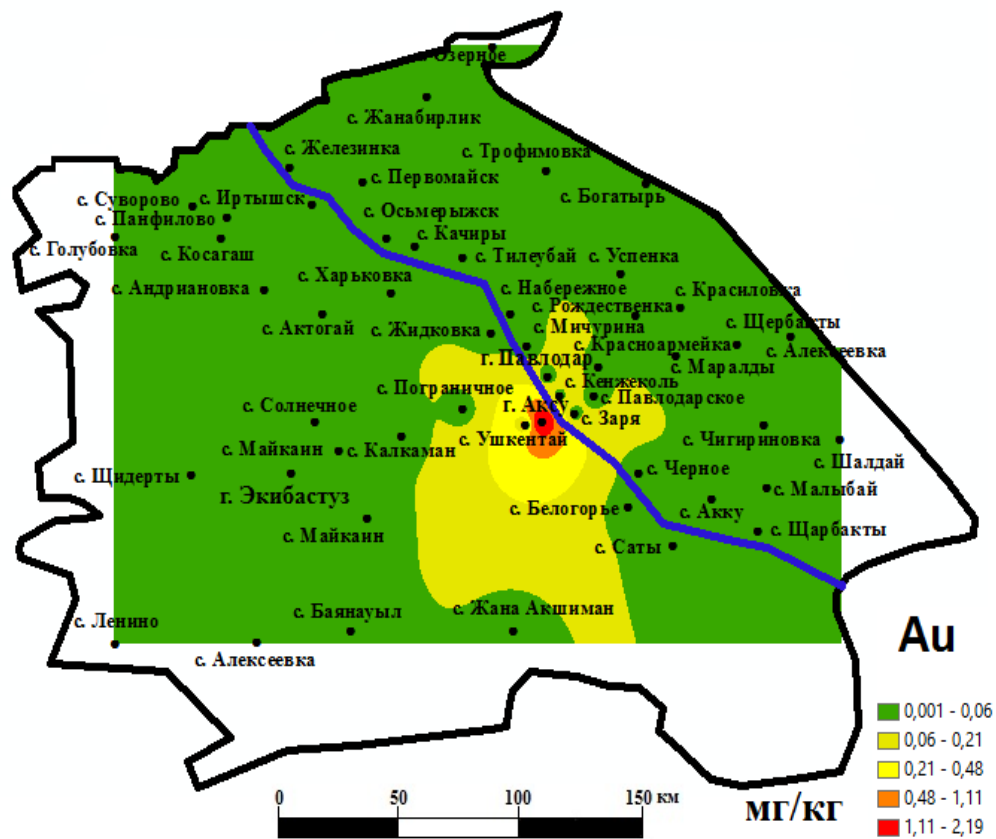


Рисунок 5.11 – Карты – схемы распределения золота, серебра в накипи из природных пресных вод на территории Павлодарской области, мг/кг

Кроме того, по данным сканирующей микроскопии в микроминеральном составе солевых отложения из природных пресных вод с. Калкаман, обнаружена самородная форма серебра (рисунок 5.12).

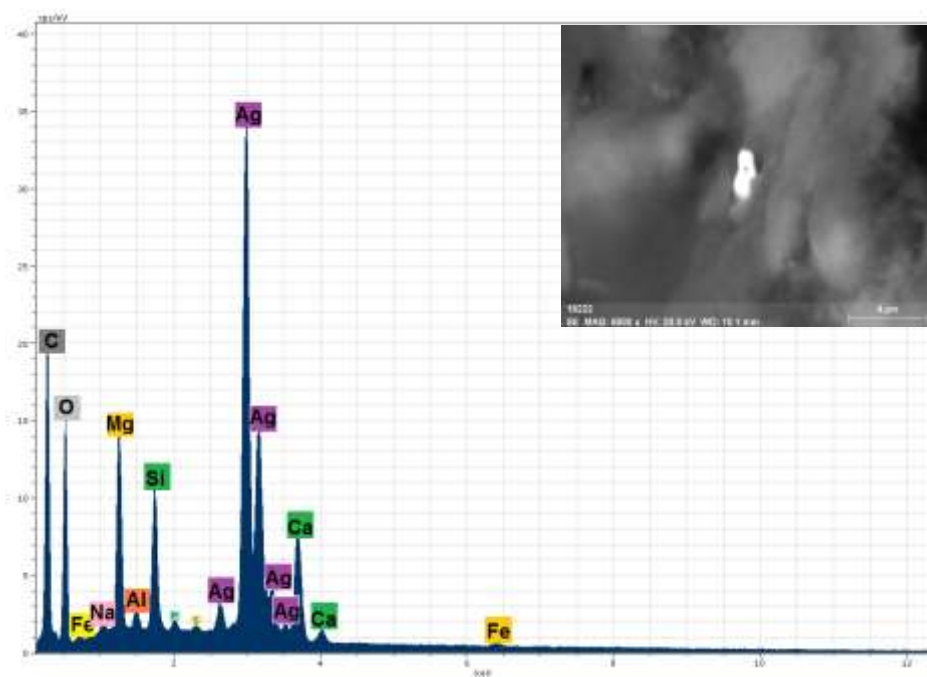


Рисунок 5.12 - Микроминеральный состав накипи с. Калкаман

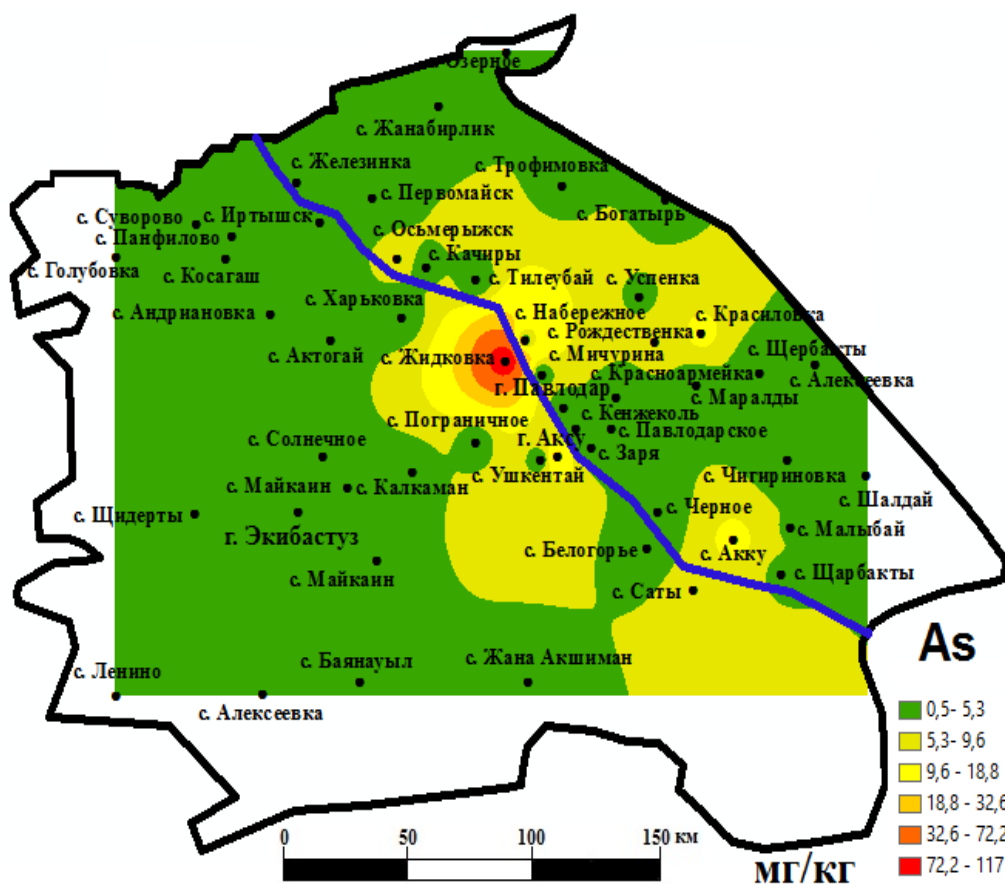


Рисунок 5.13 – Карта – схема распределения мышьяка в накипи, мг/кг

В северной и северо-западной части региона по уровню накопления изученных индивидуальных редких земель (за исключением Lu) и их суммы, гафния и тория в солевых отложениях из природных пресных вод дают основания предполагать, что в данном случае на глубинах формирования вод могут находиться редкометалльно-редкоземельные проявления в коре выветривания или распространения титан-циркониевых россыпей (рисунок 5.14 – 5.20). Об этом косвенно могут свидетельствовать наличие значимых положительных связей тория с гафнием ( $r_{\lambda=0,05} = 0,7$ ).

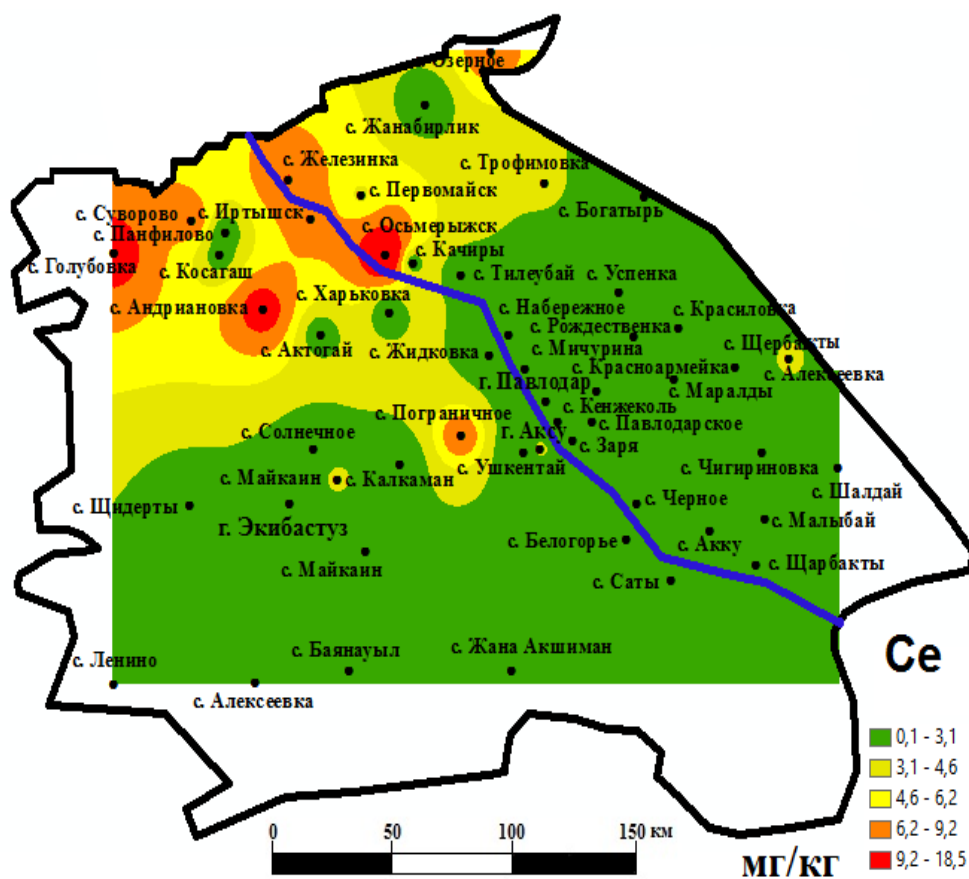
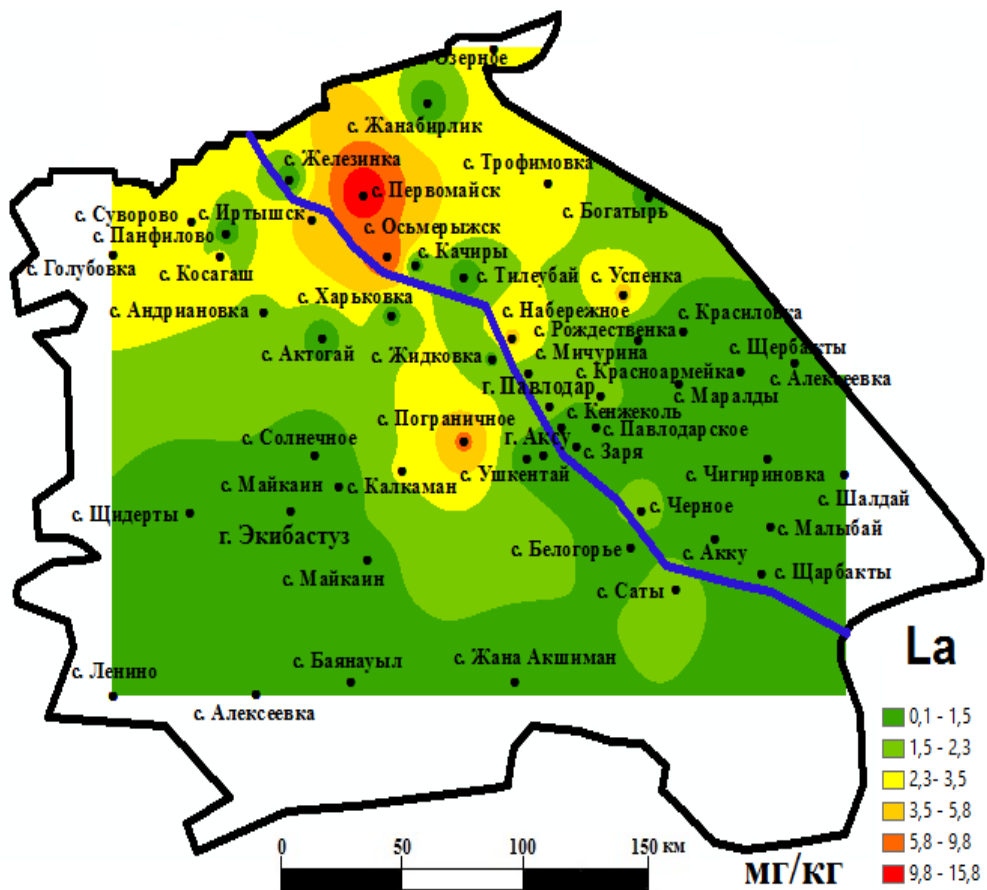
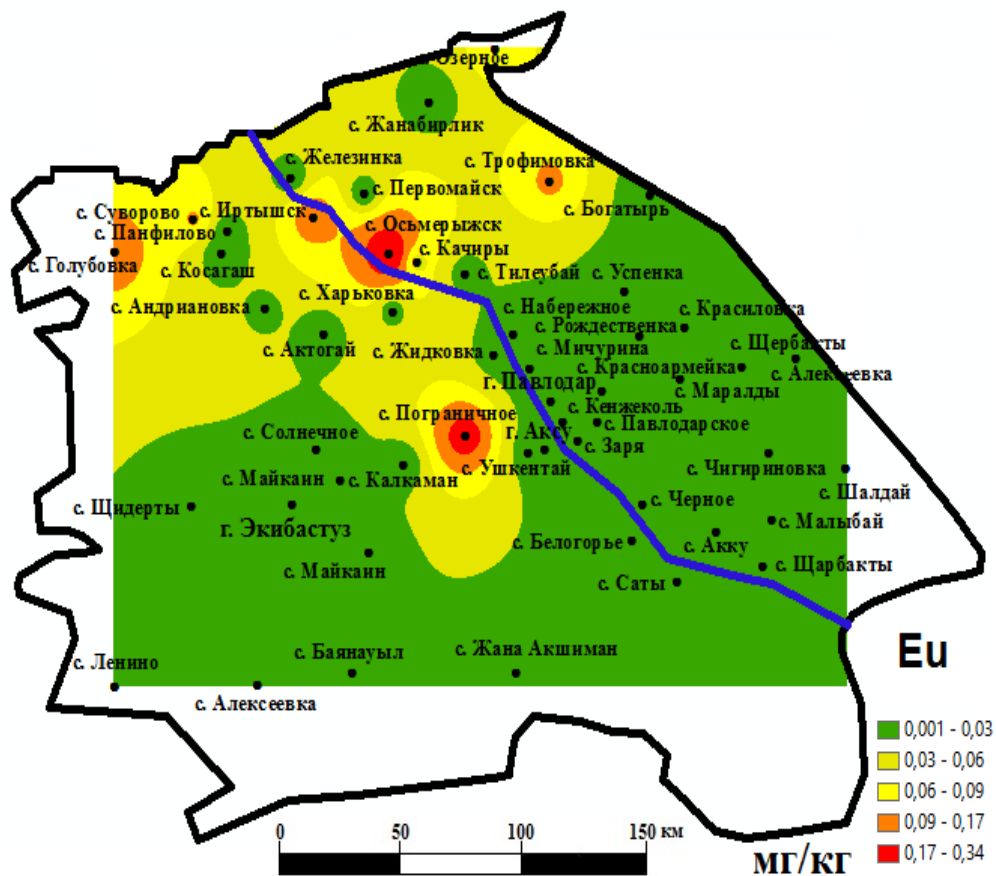


Рисунок 5.14 – Карта – схема распределения церия в накипи, мг/кг

Редкоземельные элементы в накипи из природных пресных вод в основном концентрируются в Иртышском, Качирском, Железинском, Актогайском районах, г.а. Аксу (село Пограничное), первые 2 два отличаются максимальным количеством элементов, находящихся в аномально высоких содержаниях (рисунок 5.14 – 5.17).





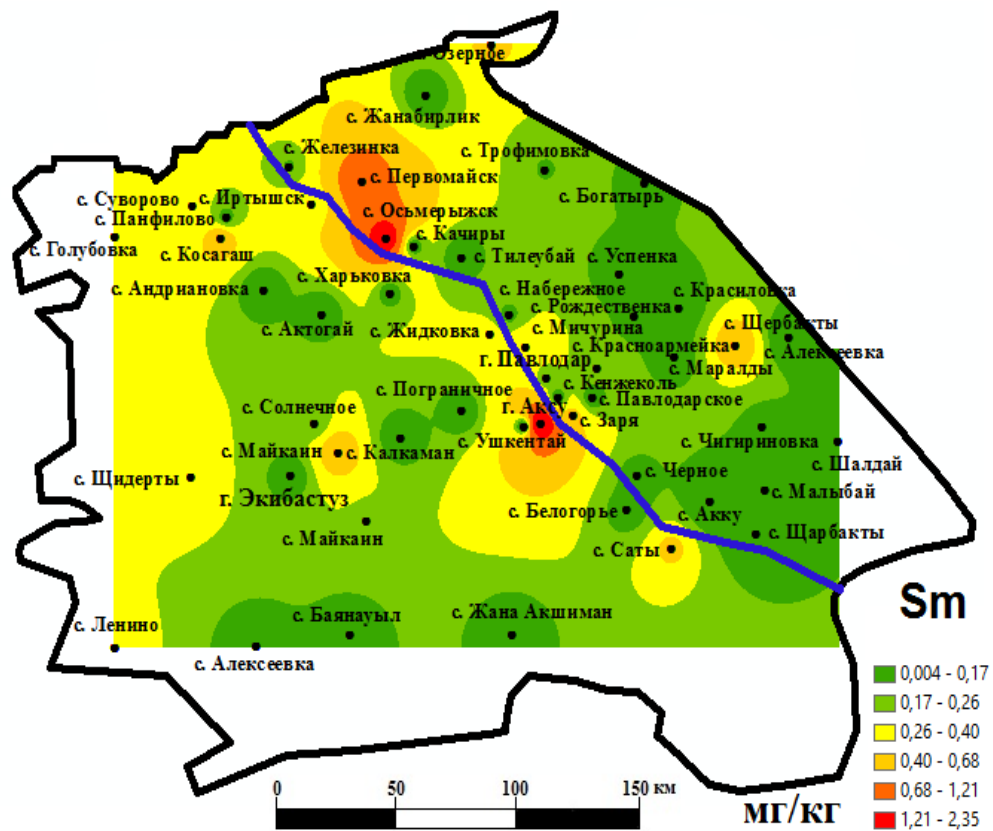
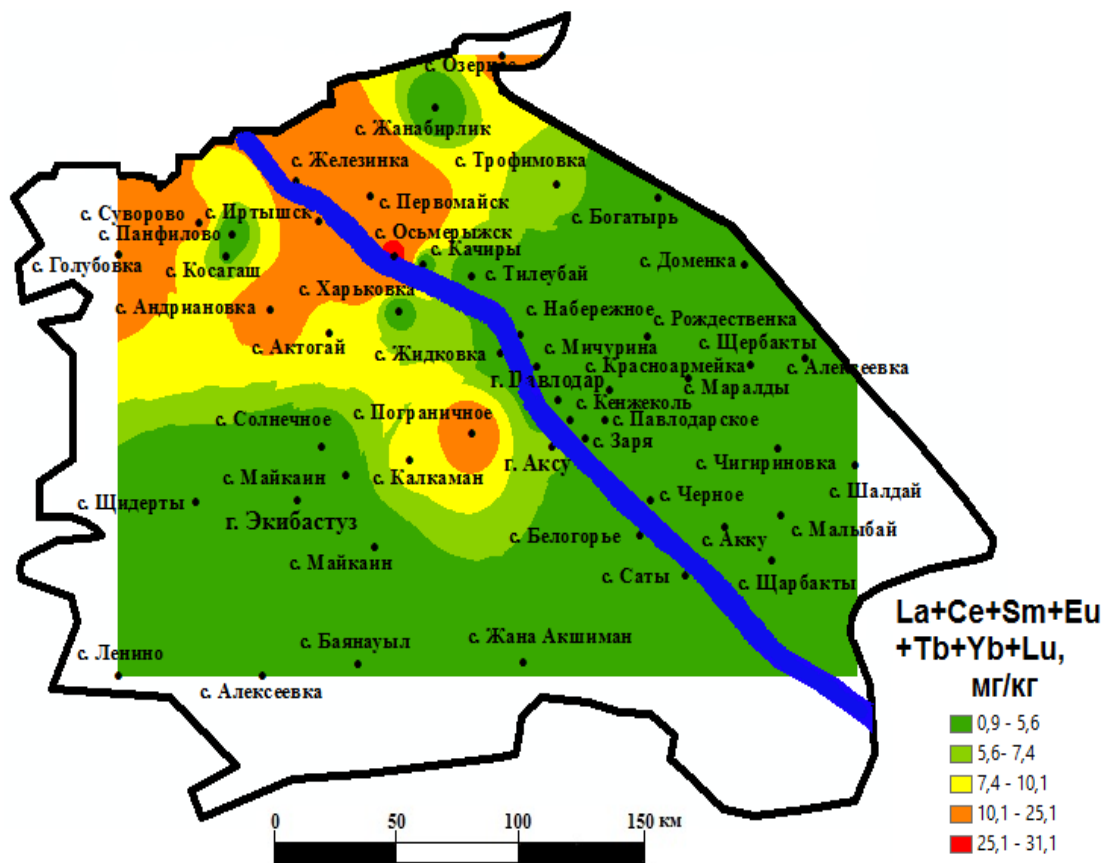


Рисунок 5.15 – Карта – схема распределения европия, лантана, самария в накти, мг/кг



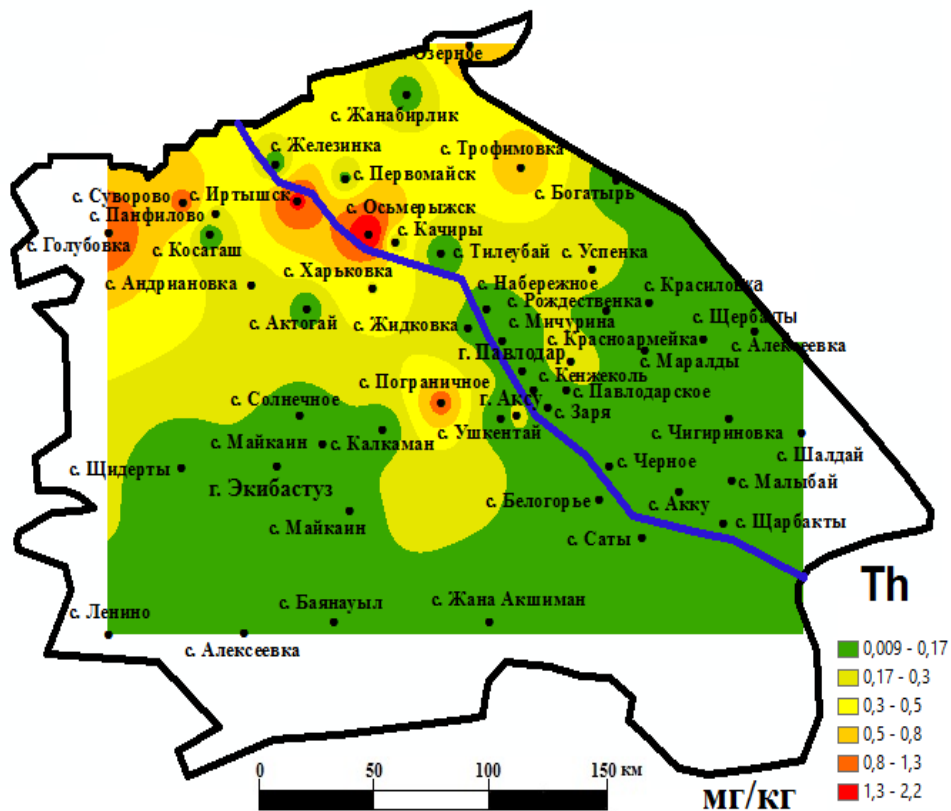


Рисунок 5.16 – Карта – схема распределения суммы редкоземельных элементов, тория в накипи на территории Павлодарской области, мг/кг

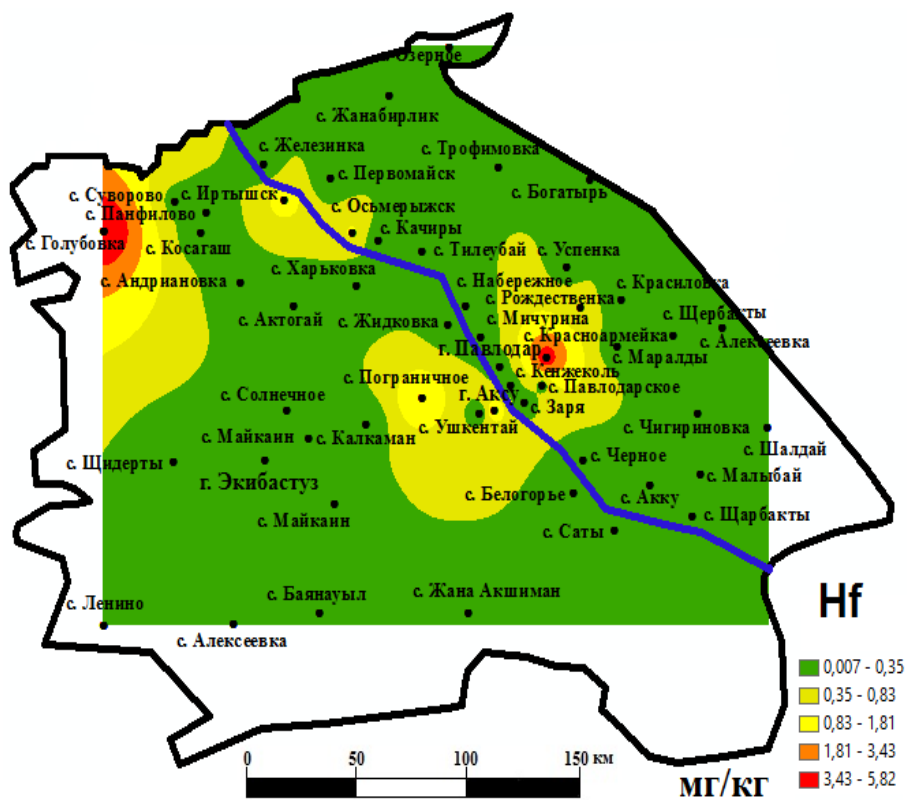
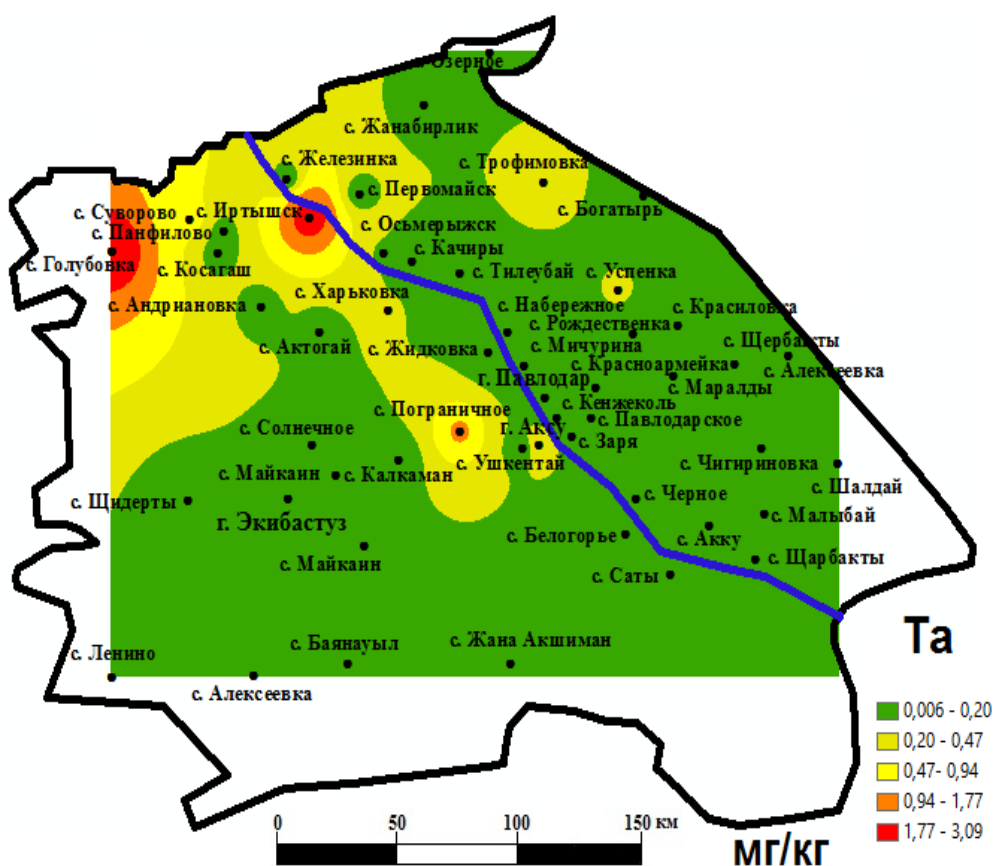


Рисунок 5.17 – Карта – схема распределения гафния в накипи из природных пресных вод на территории Павлодарской области, мг/кг

В этом же районе наблюдается максимальные накопления в солевых отложениях тантала, бария, рубидия, цезия, что позволяет предполагать, что накипь отражает состав подземных вод, формирующихся в гранитах (5.18 – 5.19).

Высокие концентрации тантала (с. Голубовка (7,33 мг/кг), Иртышск (10,8 мг/кг)) и бария (с. Суворово (9899 мг/кг)) в солевых образованиях из природных пресных вод обнаружены на территории Иртышского района.

Максимально высокие концентрации цезия и рубидия в солевых отложениях питьевых вод наблюдается в Качирском районе, соответственно 2,1 и 27,4 мг/кг (рисунок 5.19).



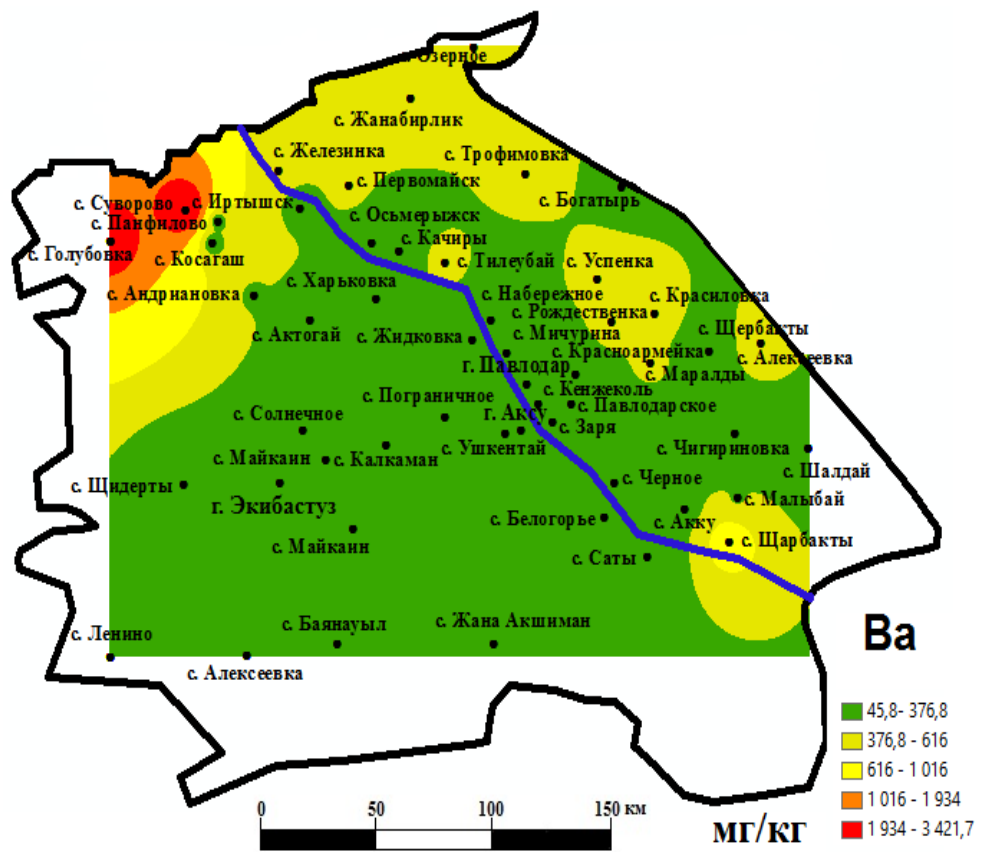
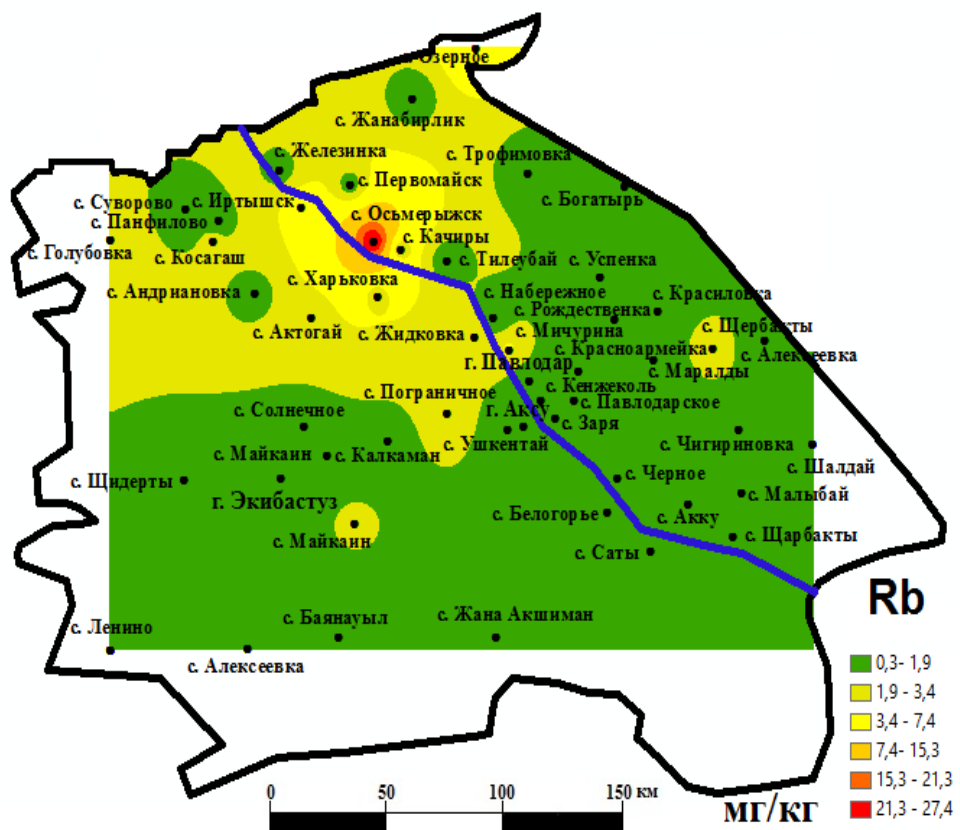


Рисунок 5.18 – Карты – схемы распределения тантала и бария в накипи из природных пресных вод на территории Павлодарской области, мг/кг



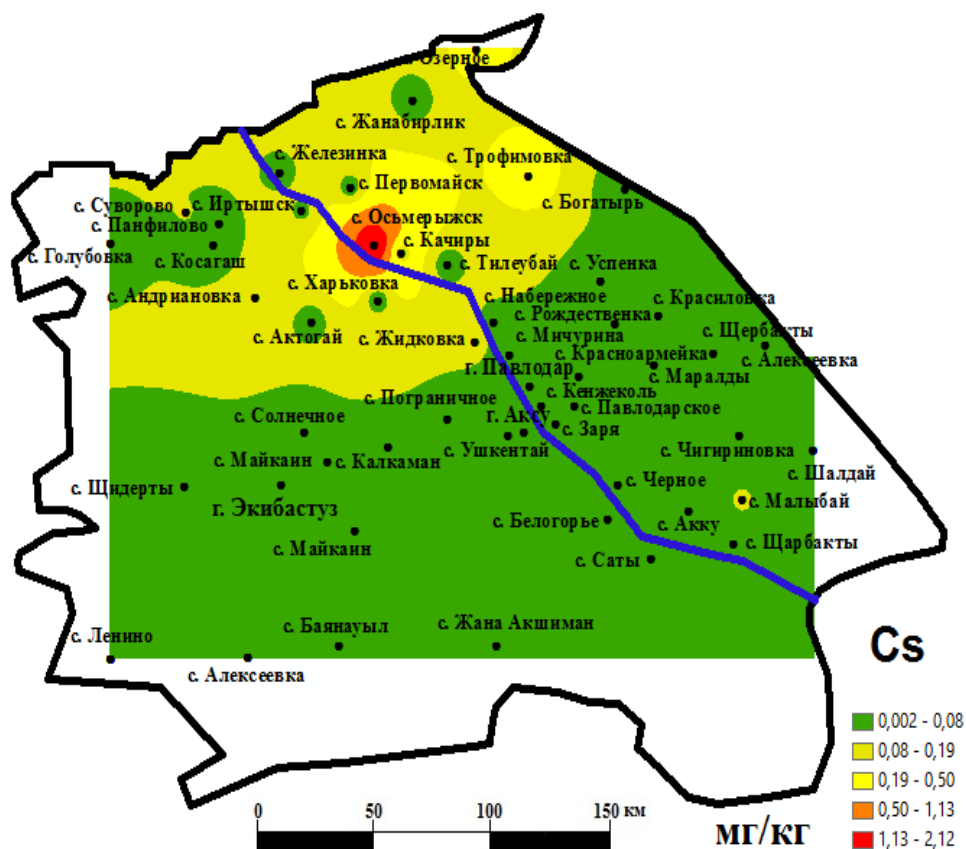


Рисунок 5.19 – Карты – схемы распределения рубидия и цезия в накипи, мг/кг

Поле аномальных содержаний для скандия и сурьмы совпадает с распространением редких земель (рисунок 5.20).

Это поле вытянуто с севера и к центру, однако северо-восточная часть характерна для содержания в накипи сурьмы (Железинский, Качирский районы).

Помимо выделенной зоны для каждого элемента определяются несколько точек с повышенными содержаниями, а именно г.а. Аксу (с. Пограничное), Качирский район (с. Осмерьжск).

Как и предполагалось между двумя элементами отмечается значимая положительная корреляционная связь ( $r=0,57$ ), что указывает на единый источник поступления их в окружающую среду.

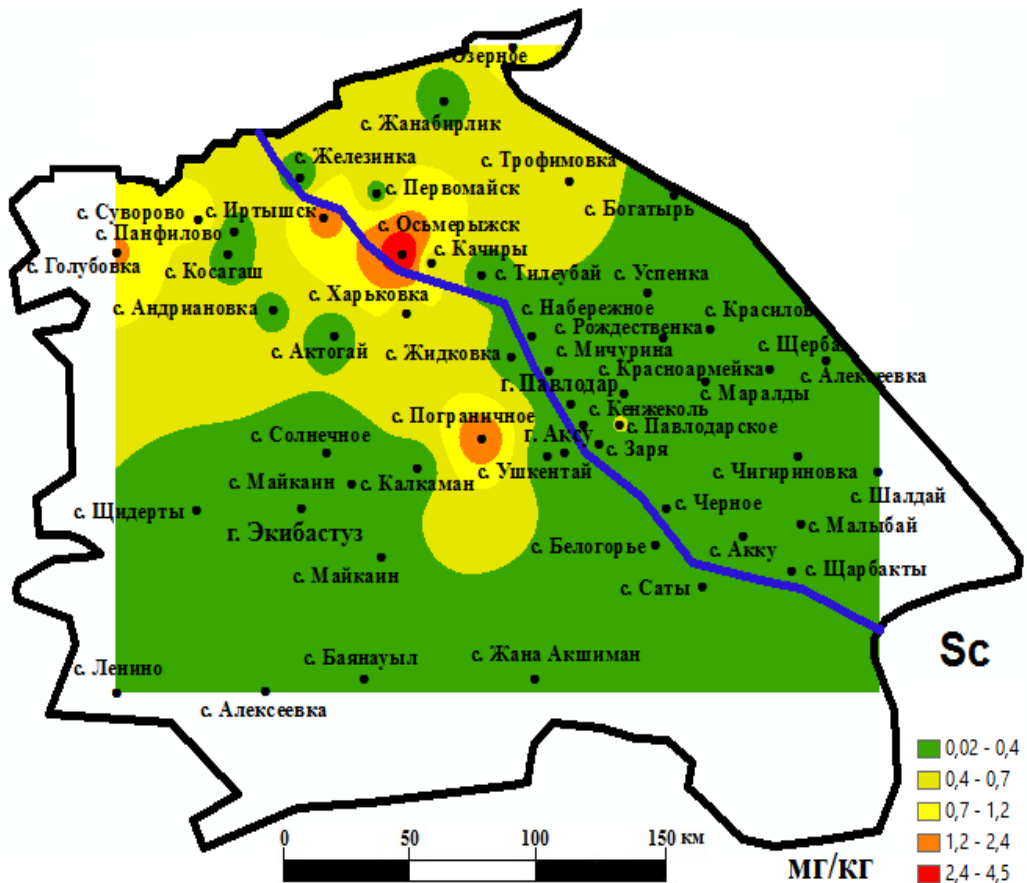
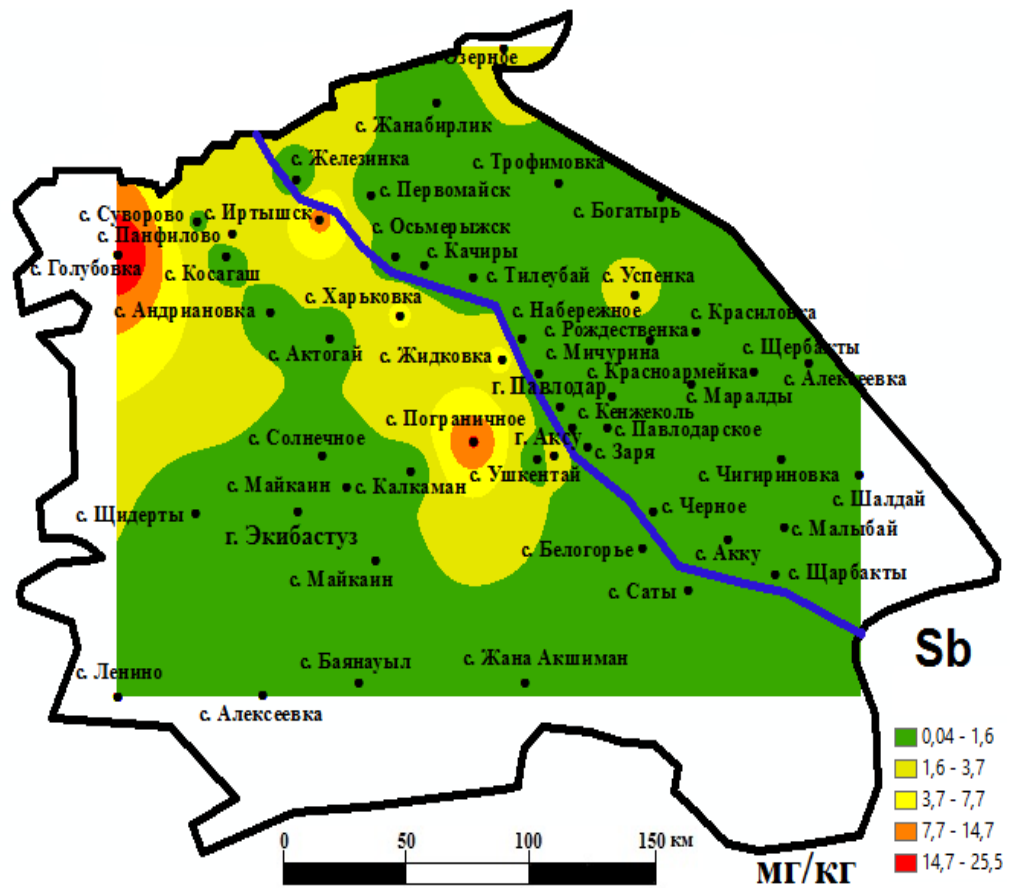


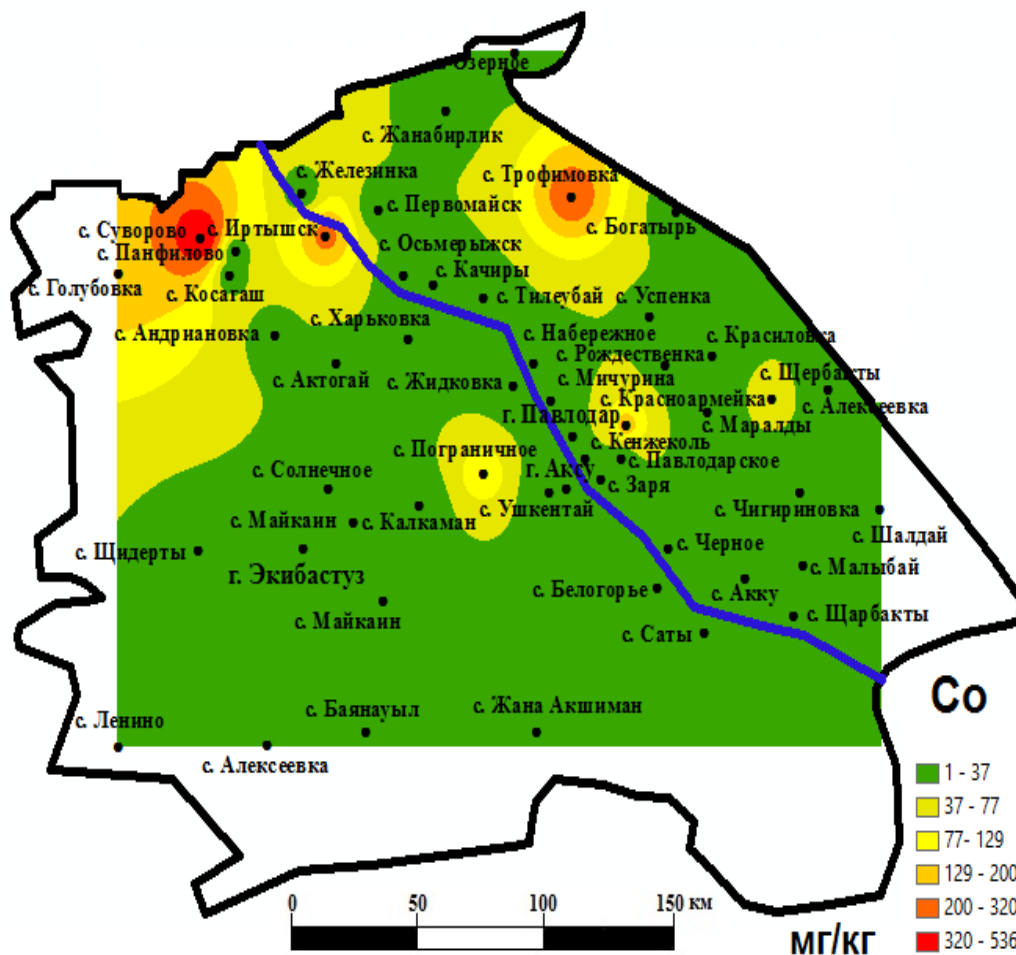
Рисунок 5.20 – Карты – схемы распределения сурьмы и скандия в накупти, мг/кг

Кобальт и железо в накипи концентрируется также в северной и северо-западной части области (рисунок 5.21). Отмечается их высокие концентрации в северной и северо-восточной части региона (населенный пункт Трофимовка, Качирский район).

Пятнистый характер распределения кобальта в накипи из природных пресных вод отмечается в центральной части карты, т.е. недалеко от двух промышленно развитых городов Павлодара и Аксу. Повышенные концентрации этих элементов могут быть связаны с сочетанным влиянием природных и техногенных факторов.

В этой же части карты повышенные концентрации в накипи выделены у железа.

Между кобальтом и железом также отмечается значимая корреляционная связь ( $r=0,65$ ).





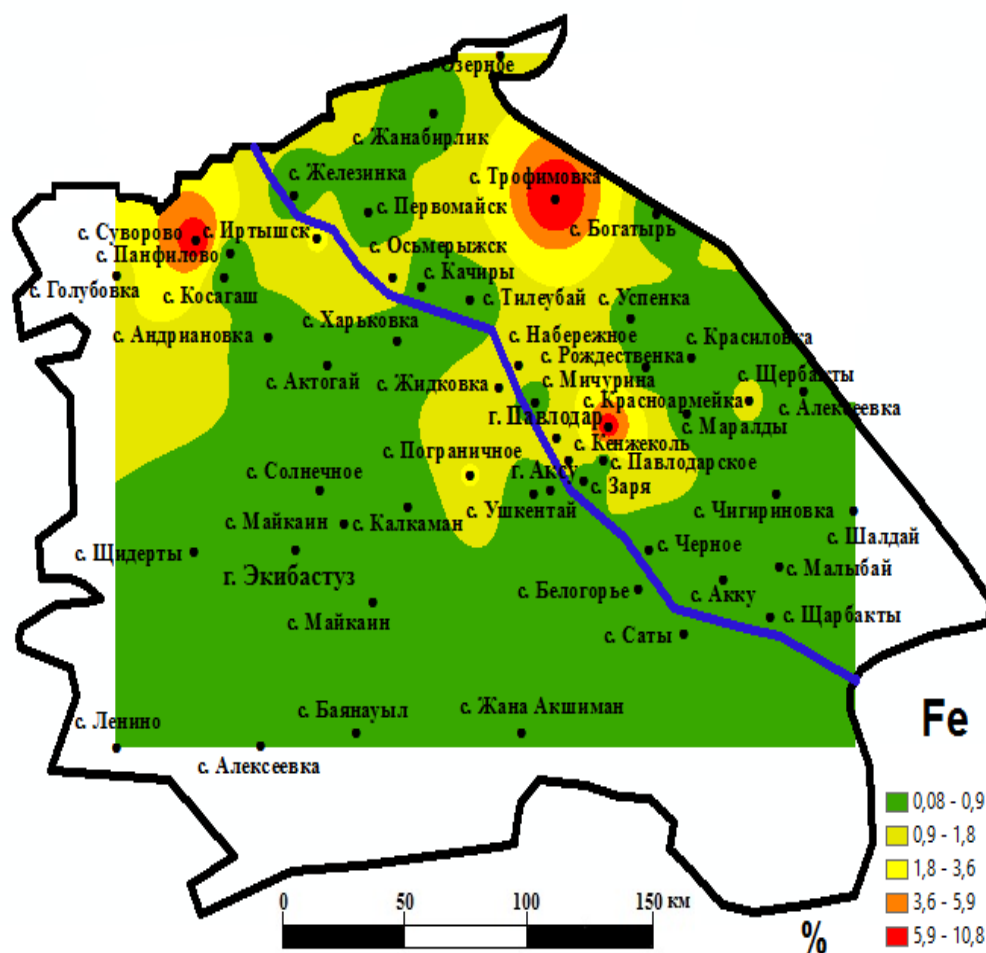


Рисунок 5.21 – Карты – схемы распределения кобальта и железа в накипи из природных пресных вод на территории Павлодарской области, мг/кг

Обращает нас себя внимание, что аномально высокое содержание Lu концентрируется преимущественно в юго-западной части региона, где развиты гранитоиды Баянаульского комплекса, кроме того, отмечаются цепочки локальных аномальных точек на левобережья реки Иртыш (рисунок 5.22).

Природа повышенных концентраций Lu в солевых отложениях требует своего изучения. Либо эти природные концентрации связаны с гранитами, но обращает внимание, что Lu нет в северной и северо-западной части области, либо его происхождения имеет техногенный характер, обусловленный деятельностью бывшего Семипалатинского ядерного полигона.

Об этом косвенно может свидетельствовать ореол распространения Lu в листьях тополя черного *Populus nigra* (Абикеева, 2013).

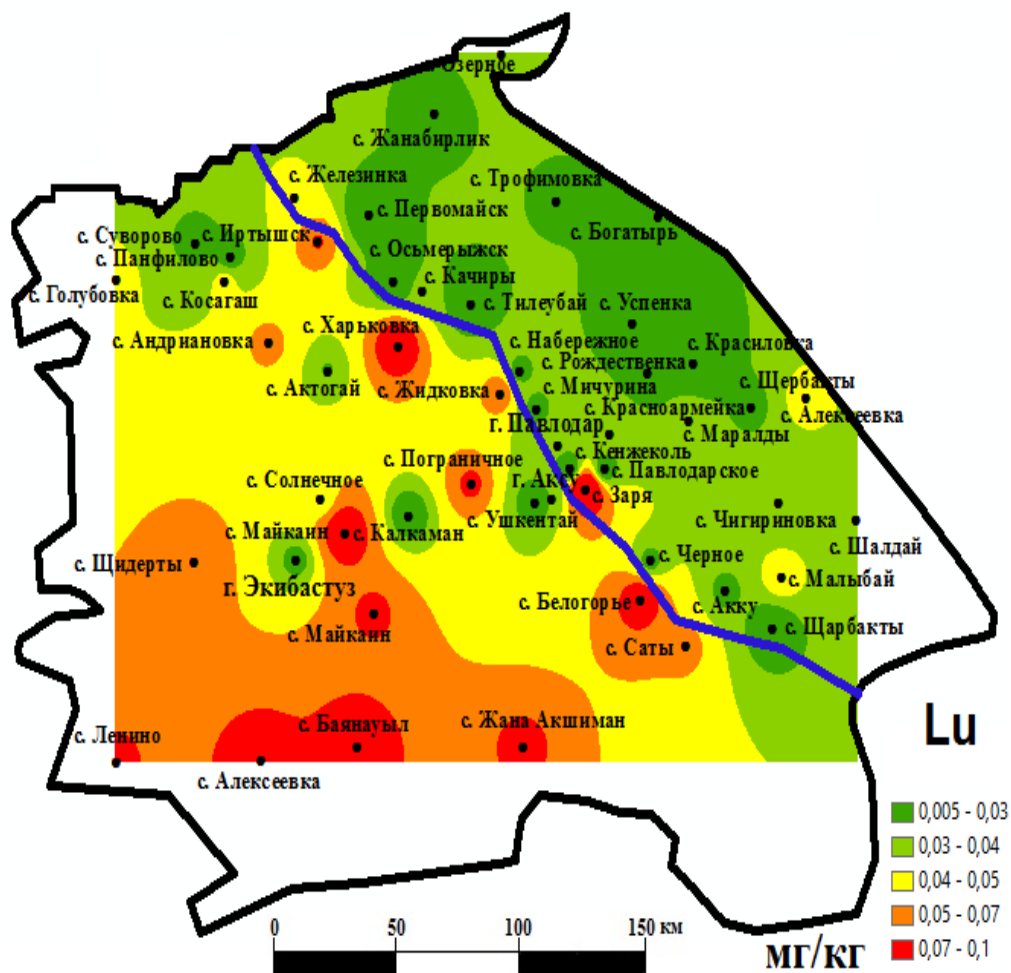


Рисунок 5.22 – Карта – схема распределения лютеция в накипи из природных пресных вод, мг/кг

Хром также имеет накопление в северной и северо-западной части региона, но следует отметить его несколько повышенные концентрации в районе Аксу-Павлодарской зоны (рисунок 5.23).

Возможно, предположить, что это связано с деятельностью ферросплавного завода, расположенного в г. Аксу, который специализируется на производстве хромистых, марганцевых и кремнистых сплавов.

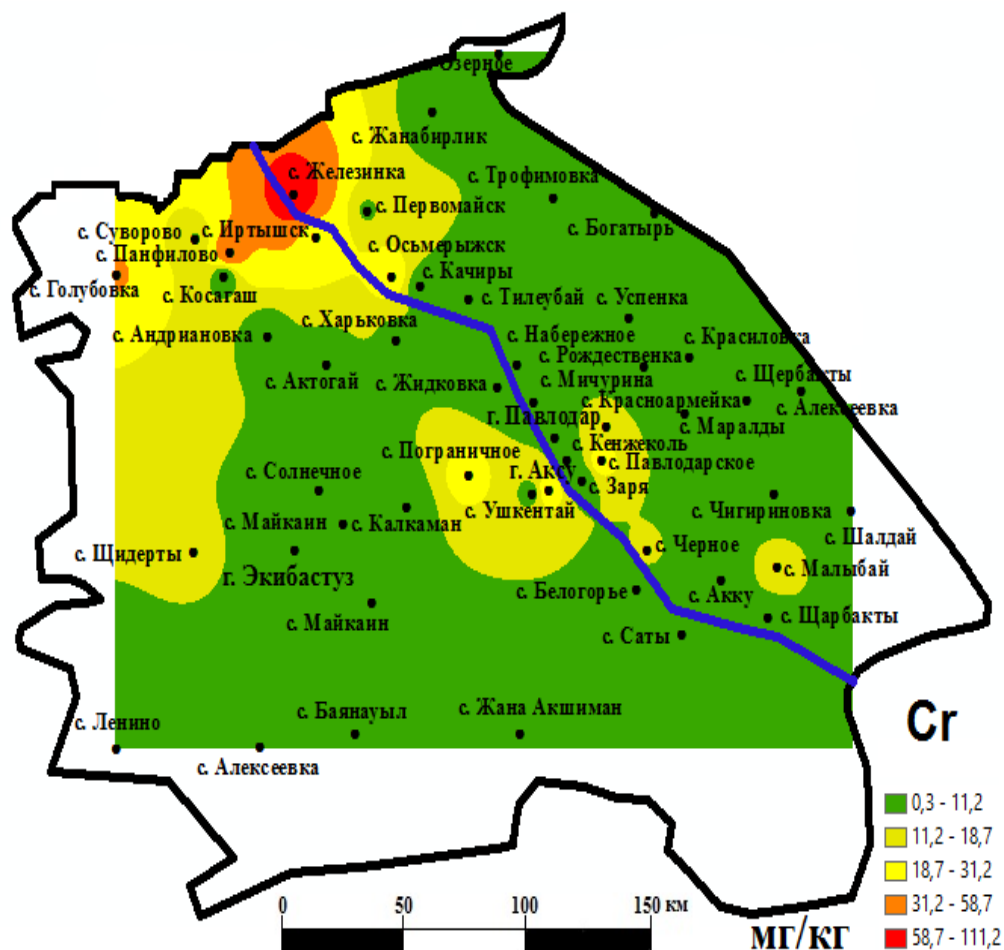


Рисунок 5.23 – Карта – схема распределения хрома в накипи из природных пресных вод, мг/кг

По уровню СПК, рассчитанному по формуле (глава 3), районы Павлодарской области могут быть расположены в порядке убывания следующим образом:

Иртышский (503) → Актогайский (186) → Аксуский (156) → Павлодарский (143) → Качирский (99) → Успенский (90) → Щарбактинский (81) → Экибастузский (76) → Железинский (72) → Баянаульский (62) → Лебяженский (41) → Майский (40) районы.

При этом СПК варьируется от 40 до 503 (рисунок 5.24).

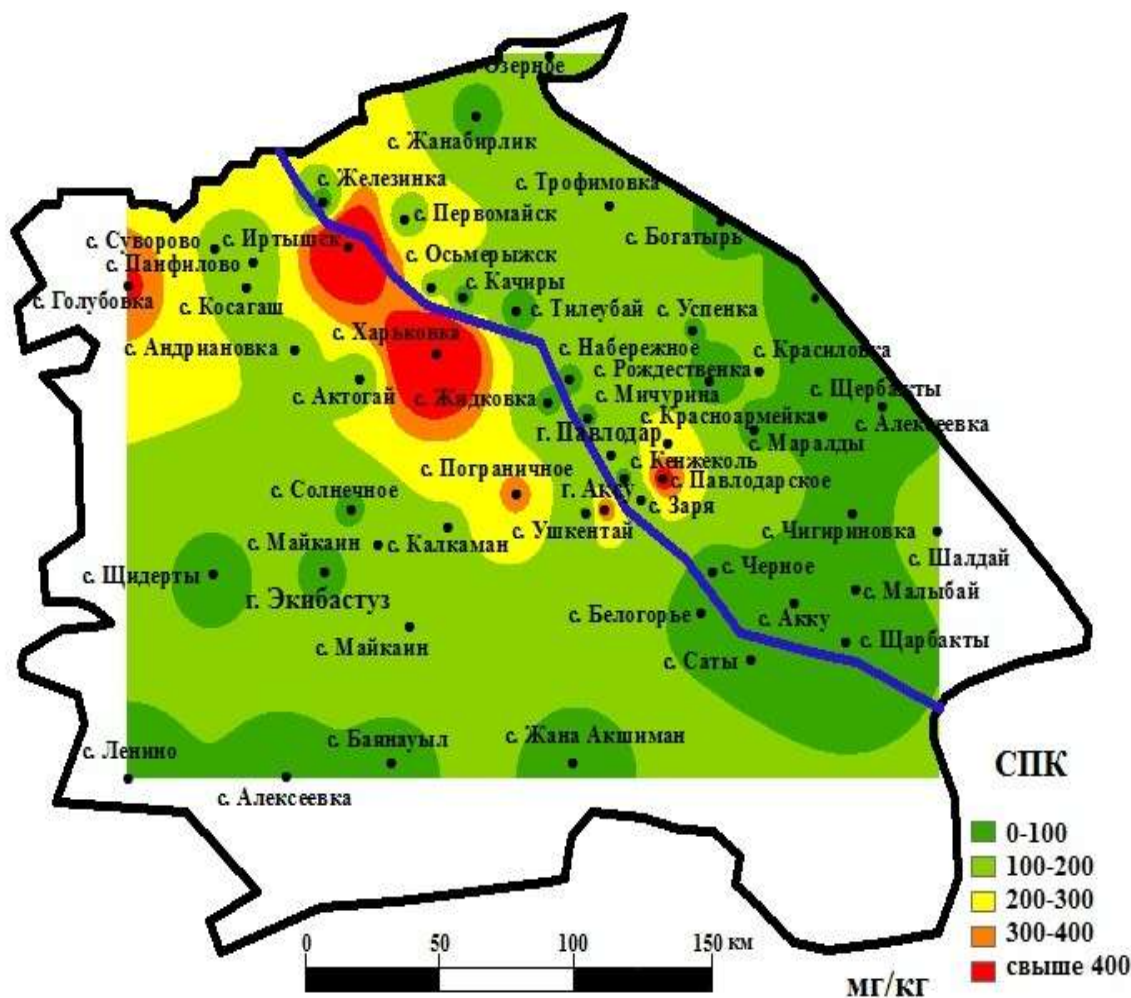


Рисунок 5.24 – Карта суммарного показателя концентрирования изученных химических элементов в солевых отложениях из природных пресных вод

Таким образом, на основании изучения накопи можно предполагать, что наименее качественными питьевыми водами по комплексу изученных химических элементов характеризуются населённые пункты Иртышский, Актогайский районы, г.а Павлодара и Экибастуза, а наиболее качественными источниками питьевого водоснабжения являются Майский, Лебяжинский и Баянаульский районы. По данным изучения накопи из природных пресных вод была выявлена общая специфика Павлодарской области, для которой характерно присутствие в солевых отложениях из природных пресных вод - 4 элементов. Пространственное распределение химических элементов позволило проиллюстрировать наглядно районы с наиболее высокой и низкой концентрацией химических элементов в накопи из природных пресных вод.

## **ГЛАВА 6. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИРОДНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Академик В.И. Вернадский отмечал, что одной из основных черт биосферы является ее организованность, генетической связанной частью которой, является вода и живое вещество (Вернадский, 1933).

Ю.П. Лисицын подчеркнул, что одним из факторов, оказывающий влияние на здоровье человека является состояние окружающей среды (20-25%), наряду естественно с другими немаловажными факторами (Лисицын, 1987, 2010).

Качество питьевых вод зависит от проявлений естественных геохимических аномалий и антропогенного воздействия, которые оказывают значительное влияние на здоровье человека, формируя в нем ответную реакцию организма. Таким образом, ответная реакция организма на загрязнение окружающей среды проявляется в виде заболеваний сердечно-сосудистой системы, кожи, органов пищеварения, нарушение течения беременности (Ревич и др., 2003; Морозова, 2008; Ларикова, 2012; Иванов и др., 2012; Yang, 1999). Особенно оказывает сильное влияние на здоровье детского населения (Рылова, 2005).

По результатам медико-географической оценки воздействия питьевых вод на здоровье человека многими исследователями выявлены статистически значимые связи с эндокринными нарушениями, новообразованиями, анемией, болезнями органов дыхания, врожденными аномалиями развития системы кровообращения (Шаповалов, 2008; Сулькина, 2005; Бингам, 1993, Голубев, 1995; Лиходумова, 2009, Ахунджанова, 2010).

Согласно концепции В.М. Дильмана канцерогенные вещества воздействуя на организм человека, снижают концентрацию в гипоталамусе биогенных аминов, повышают чувствительность гипоталамо-гипофизарной системы, нарушают обмен веществ и приводит к иммунодепрессии, которая в свою очередь влияет на рост и развитие заболеваний (Дильман, 1987).

Поскольку употребление недоброкачественной питьевой воды (биологические, токсические загрязнения) привело к увеличению уровней детской и взрослой инфекционной кишечной, паразитарной и неинфекционной, в том числе онкологической, генетической, аллергенной заболеваемости.

Загрязнение водных объектов оказывает прямое и косвенное действие на здоровье человека. Прямой путь воздействия происходит по следующему пути «загрязнение водных объектов (поверхностных, подземных) – питьевая вода – здоровье человека». Косвенное воздействие в нашем исследовании будет осуществляться по пути «загрязнение водных объектов – питьевая вода – накипь – здоровье человека».

Большое количество исследований отечественных и зарубежных авторов посвящены проблеме качества питьевых вод и здоровья человека (Рахманин, 1996; Эльпинер, 2009, 2016; Онищенко, 2010, 2011; Salem 2000, Fawell, 2003; Sengupta, 2013) и не так много работ об оказываемом влиянии изучаемого нами объекта, накипи (Монголина, 2011; Барановская, 2011; Денисова и др., 2011; Арынова, 2014, Soktoev at all, 2015)

Изученная связь между химическим составом накипи и заболеваниями щитовидной железы довольно значимая ( $r = 0,4 - 0,9$ ) и положительная (рисунок 6.1).

Так выявлена связь уровня заболеваемости диффузным нетоксическим зобом с содержанием урана, хрома, лантана, брома в накипи. Установлена взаимосвязь между содержанием кобальта в накипи и приобретенным гипотиреозом. Корреляционная связь обнаружена между содержанием натрия в накипи и узловым зобом.

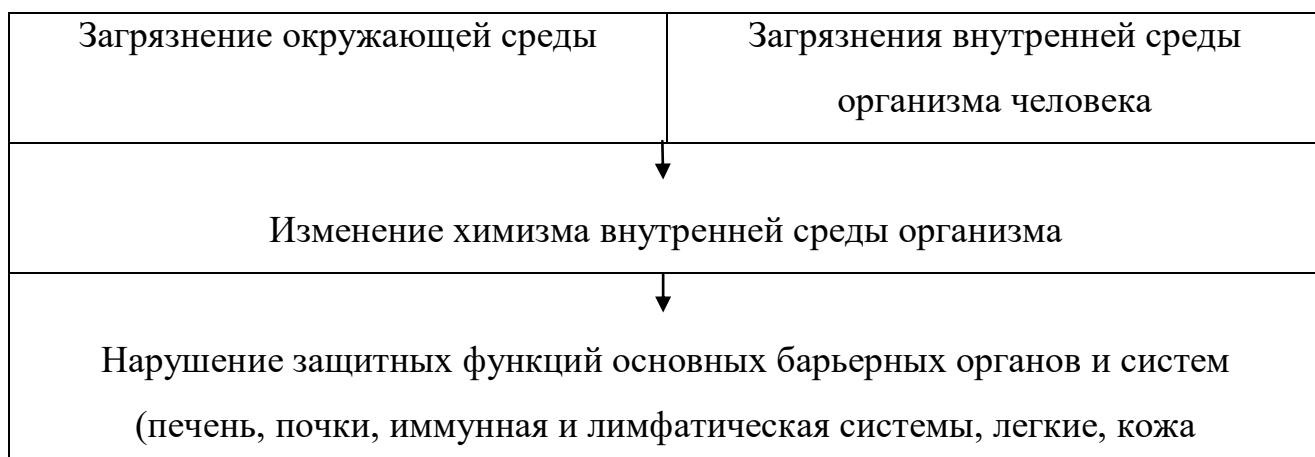
Содержание кобальта в накипи связано с приобретенным гипотиреозом, а натрий находится в корреляционной зависимости с узловым зобом. Кроме того, обнаружена связь между содержанием йода, рубидия, кальция, самария с другими видами патологий щитовидной железы.

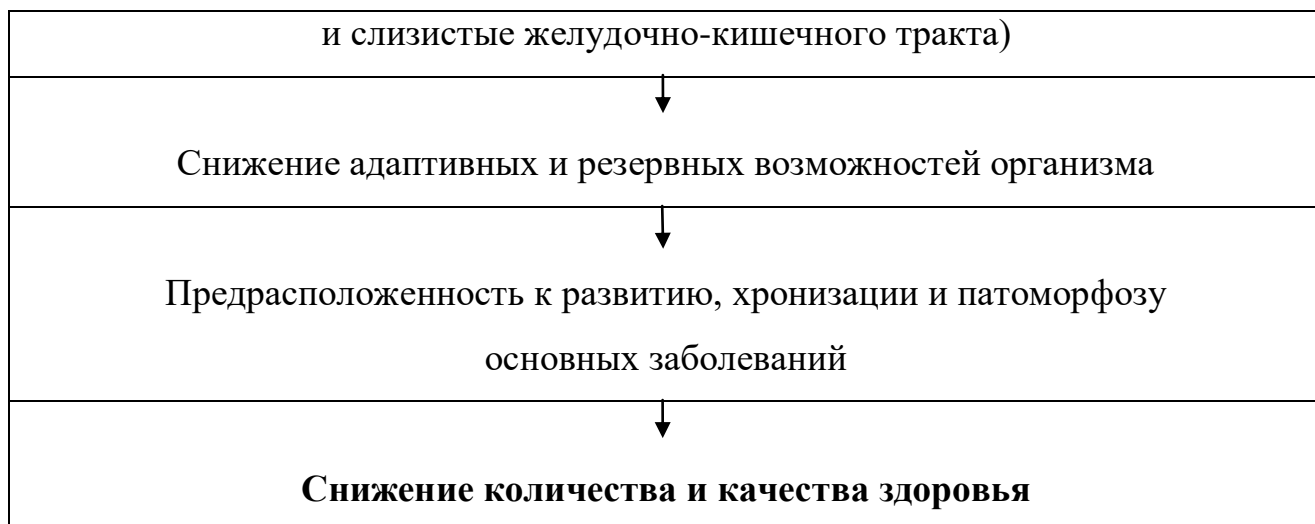


Рисунок 6.1 – Взаимосвязь заболеваемости щитовидной железы и химическим составом накипи (Денисова и др., 2011)

Примечание: ДНЗ - диффузный нетоксический зоб, Уз – узловой зоб, АИТ – аутоиммунный тиреоидит, ДТЗ – диффузный токсический зоб

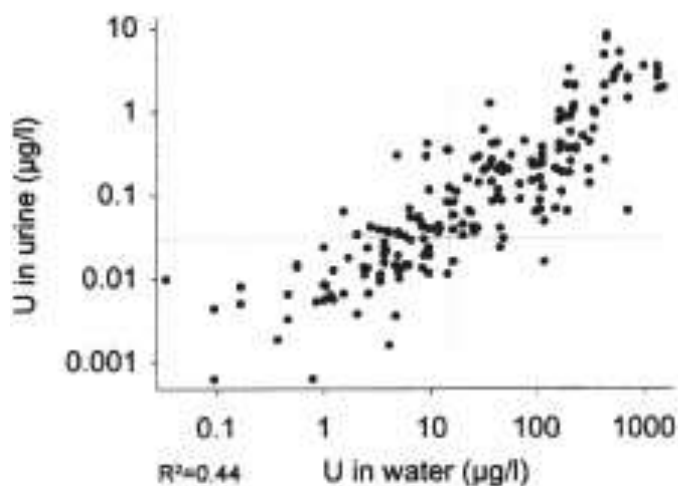
Таким образом, по мнению, Ю.П. Гичева модель взаимосвязи «организм человека - окружающая среда» выглядит следующим образом:





*Рисунок 6.2 – Схематическая модель последствий загрязнения организма человека (Гичев, 2002)*

Одним из важных этапов исследования явилось определение содержания урана в питьевой воде и накипи, поскольку он опасен из-за его высокой химической токсичности и в меньшей степени радиотоксичности. Кроме того доказано, что уран оказывает влияние на почки и зачастую его называют «почечным ядом» (Нефрология, 2013; Kurttio, 2006, Hodgson, 2007) (рисунок 6.3), исследования (Барановская, 2010) показали, что существуют органы-концентраторы радиоэлемента – это печень, сердце, селезенка, легкие.



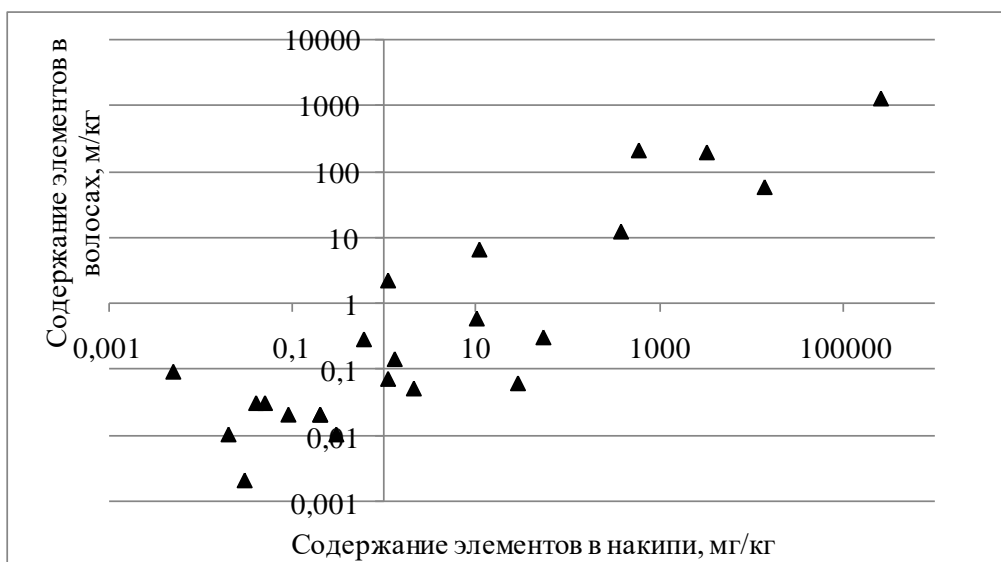
*Рисунок 6.3 – Зависимость содержания урана в питьевой воде и моче человека (Kurttio, 2006)*



Уран обладает тенденцией к накоплению по трофическим звеньям пищевой цепи и поэтому представляет собой особую опасность для жизнедеятельности живых организмов (Franklin, 2000).

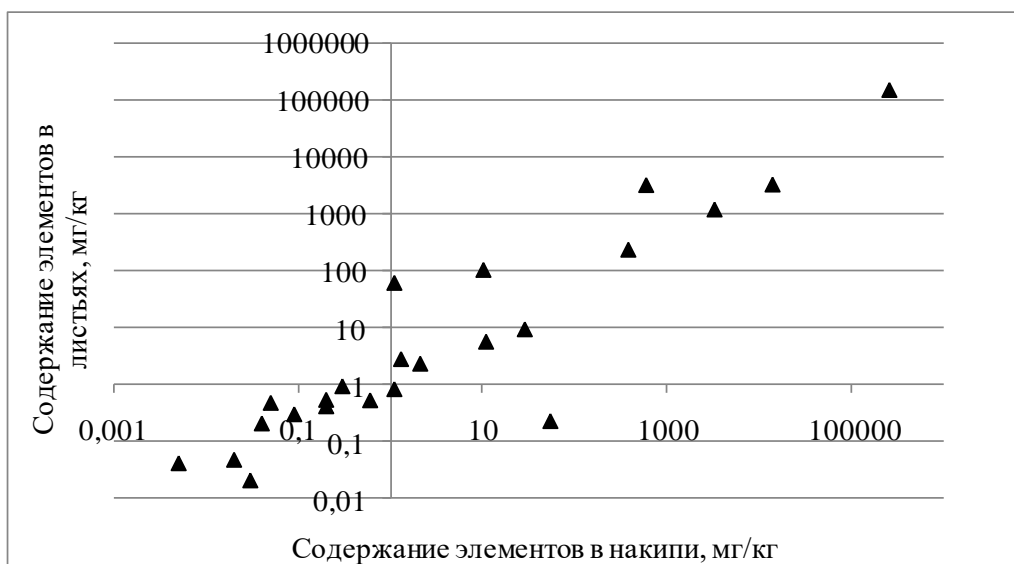
Таким образом, накипь выступает в роли индикатора определения качества вод хозяйственно-питьевого водоснабжения, состав которых находится под влиянием комплекса природных и антропогенных факторов и как следствие может принять участие при медико-биологическом районировании территории исследования.

Ранее экологическое состояние города Павлодар было оценено по данным изучения элементного состава волос (Корогод, 2010) и листьев тополя черного (Асылбекова, 2010). Нами выявлена значимая положительная корреляционная связь ( $r_{0,05} = 0,95$ ) между содержанием химических элементов в накипи из природных пресных вод и волосах детей (рисунок 6.4).



*Рисунок 6.4 – Взаимосвязь содержания химических элементов в накипи из природных пресных вод и волосах детей*

Обнаружена взаимосвязь элементного состава накипи из природных пресных вод и листьев тополя черного (Assylbekova, 2013) на территории ( $r_{0,05} = 0,99$ ) (рисунок 6.5).



*Рисунок 6.5 – Взаимосвязь содержания химических элементов в накипи из природных пресных вод и листьях тополя черного*

Следуя данным официальной статистики, Павлодарская область по сравнению с другими регионами Республики Казахстан занимает (Здоровье населения...,2015):

- ✓ 1 место по количеству людей, страдающих болезнями органов дыхания;
- ✓ 2 место по количеству населения, имеющие врожденные аномалии развития, деформации и хромосомные нарушения (дети – 2 место);
- ✓ 3 место по количеству людей, страдающих онкологическими заболеваниями (дети – 1 место);
- ✓ 3 место по количеству населения, имеющие болезни эндокринной системы, расстройство питания и нарушение обмена веществ (дети – 2 место).

При проведении эпидемиологических исследований часто используется метод, при котором учитываются возрастные группы больных. Так, в диссертационной работе в качестве объекта выступили взрослое, детское население.

В практике оценки общественного здоровья часто выбирают заболеваемость детского населения. Также, выбор детского контингента

обусловлен рядом причин, наиболее уязвимы, характеризуются быстрым обменом веществ, морфофункциональной незрелости ферментативных систем печени, почек, кишечника, ограничены в месте жительства, т.е. не перемещаются в пределах пространства так часто как взрослые, не подвержены воздействию вредных факторов, получаемых в результате труда.

У большинства детей в условиях экологической неблагополучности территории проживания развивается так называемая вторичная иммунная недостаточность. Одними из первых в организме человека, подвергающихся действию загрязнителей являются иммунная, эндокринная и центральная нервная системы.

В ходе работы использованы данные по заболеваемости населения на 100000 человек.

При анализе статистических данных по заболеваемости населения Павлодарской области за период 2010-2014, согласно Международной классификации болезней, учитывались следующие ее типы (Международная стат. класс., 1995):

- ✓ болезни системы кровообращения;
- ✓ болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма;
- ✓ болезни мочеполовой, пищеварительной, нервной систем;
- ✓ болезни кожи и подкожной клетчатки;
- ✓ болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани;
- ✓ врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения;
- ✓ новообразования;
- ✓ эндокринные болезни, расстройства питания и обмена веществ.

При подсчете и построении корреляционных связей учитывались статистические данные по уровню заболеваемости за 2014 год.

Согласно информации, полученной с Медицинского информационно-аналитического центра по уровню заболеваемости взрослого населения за 2014

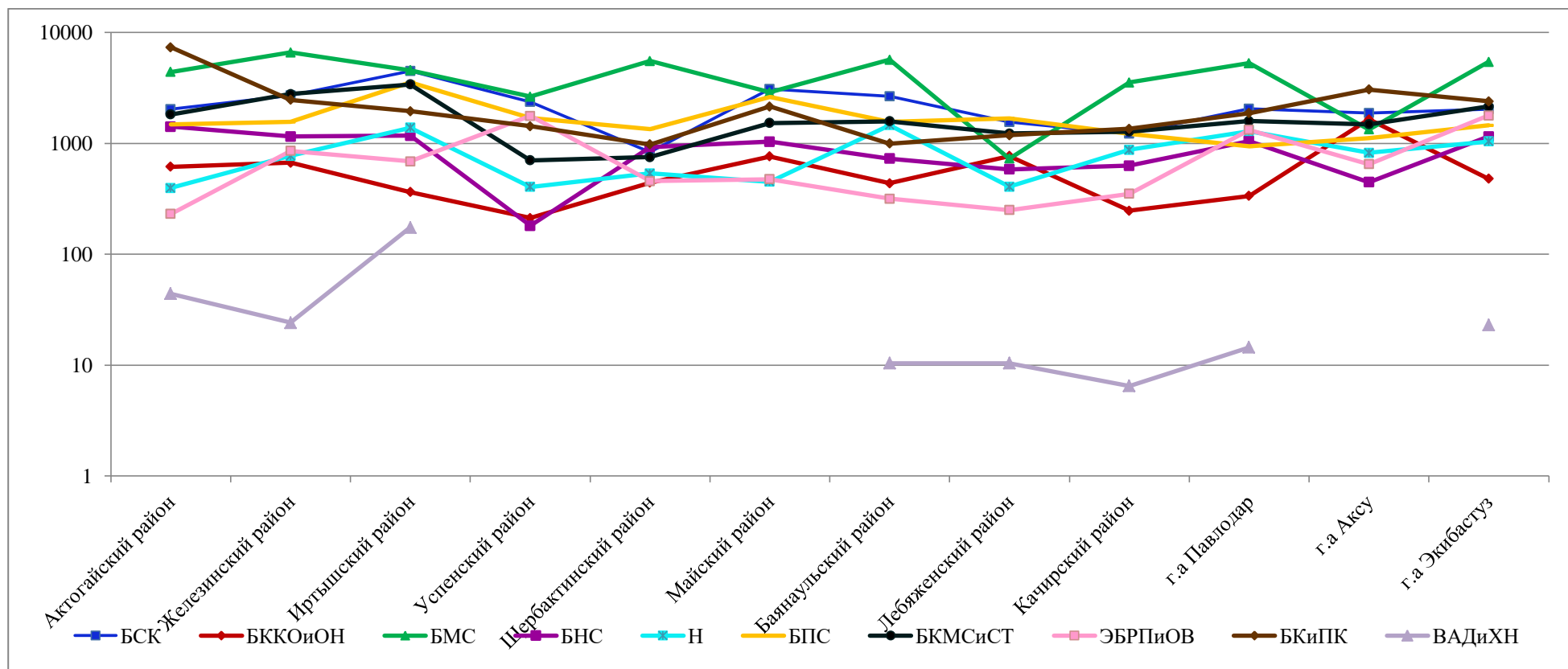
год, первое место среди всех занимают – болезни мочеполовой системы, на втором – болезни пищеварительной системы, на третьем – болезни системы кровообращения и болезни кожи и подкожной клетчатки. Большинство болезней системы кровообращения, пищеварительной, костно-мышечной систем, врожденные аномалии, деформации, хромосомные нарушения встречаются у жителей Иртышского района, занимающего первое место в ряду по СПК химических элементов (рисунок 6.6). Жители Актогайского района наиболее часто страдают от болезней нервной системы, кожи и подкожной клетчатки.

Согласно данным обзора (Водные ресурсы ..., 2004) большая часть населения, употребляющих недоброкачественную питьевую воду приходится, именно на Иртышский и Актогайский районы.

Такие районы как Успенский, Щербактинский, Майский, Лебяженский, Качирский, а также г.а. Павлодар не лидируют по наибольшей встречаемости заболеваний у населения. Первые 4 района по количеству аномально встречающихся элементов в накипи природных пресных вод занимают одни из последних мест (Глава 5).

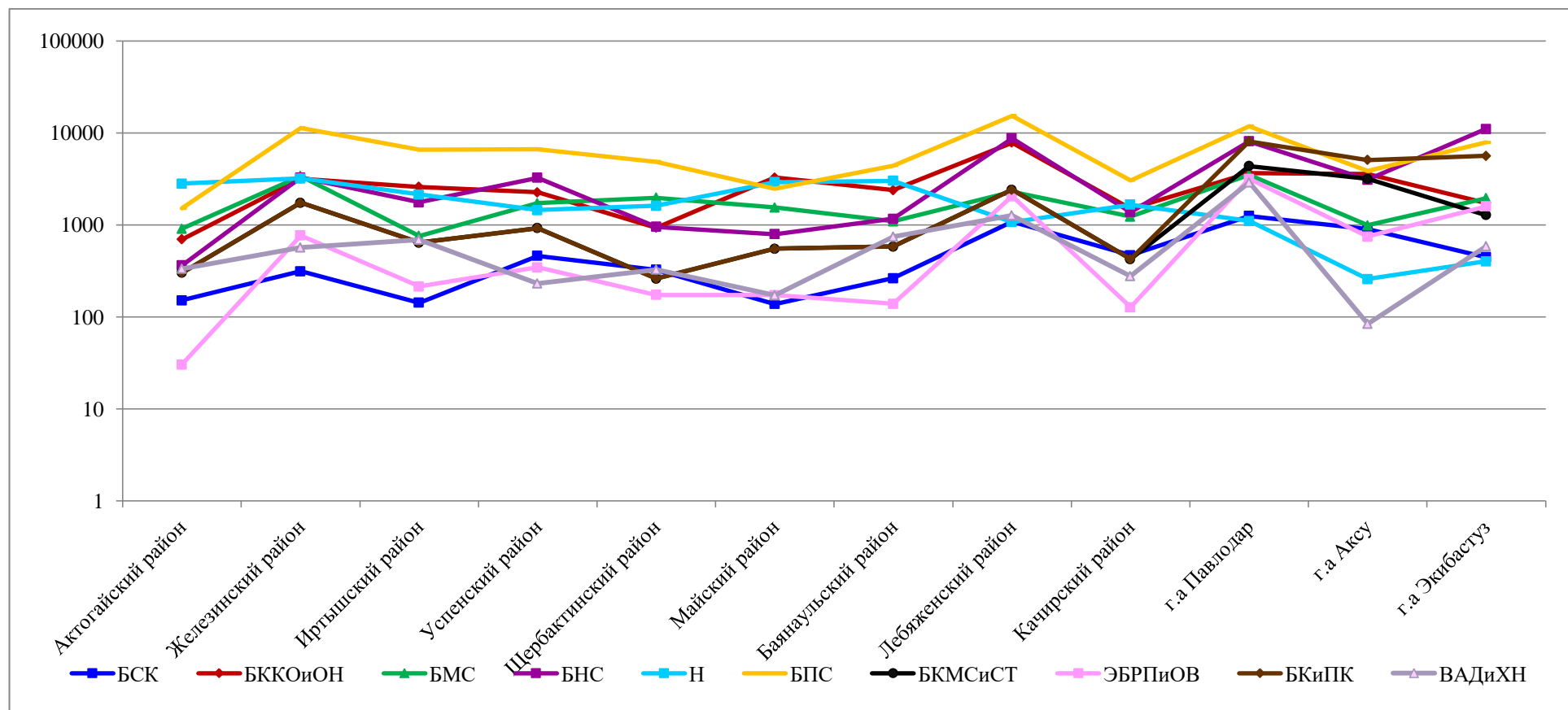
На первом месте по уровню заболеваемости (болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма, болезни пищеварительной системы, кожи и подкожной клетчатки, эндокринные болезни, расстройства питания и обмена веществ, врожденные аномалии, деформации и хромосомные нарушения) детского населения занимает Лебяженский район.

По количеству частоты встречаемости заболеваний выделяется население г.а. Павлодар (болезни системы кровообращения, мочеполовой системы, костно-мышечной системы и соединительной ткани) (рисунок 6.6,6.7).



*Рисунок 6.6 - Общая заболеваемость взрослого населения районов Павлодарской области  
(на 100000 человек) за 2014 год*

Примечание: БСК – болезни системы кровообращения, БККОиОН – болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма, БМС - болезни мочеполовой системы, БНС - болезни нервной системы, Н - новообразования, БПС - болезни пищеварительной системы, БКМСиСТ - болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, ЭБРПиОВ - эндокринные болезни, расстройства питания и обмена веществ, БКиПК - болезни кожи и подкожной клетчатки, ВАДиХН - врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения.



*Рисунок 6.7 - Общая заболеваемость детского населения районов Павлодарской области  
(на 100000 человек) за 2014 год*

Примечание: БСК – болезни системы кровообращения, БККОиОН – болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма, БМС - болезни мочеполовой системы, БНС - болезни нервной системы, Н - новообразования, БПС - болезни пищеварительной системы, БКМСиСТ - болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, ЭБРПиОВ - эндокринные болезни, расстройства питания и обмена веществ, БКиПК - болезни кожи и подкожной клетчатки, ВАДиХН - врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения.

Результаты проведенного исследования позволили выявить следующие относительные закономерности связи между уровнем заболеваемости населения с элементным составом солевых отложений из природных пресных вод (таблица 6.1, 6.2):

✓ Самая сильная связь обнаружена между содержанием европия в накипи ( $r=0,89$ ,  $p<0,05$ ) и количеством случаев врожденных аномалий, деформаций и хромосомных нарушений, встречающихся у взрослого населения;

✓ Самая слабая связь выявлена между содержанием кобальта и болезнями системы кровообращения ( $r=0,45$ ,  $p<0,02$ ), самарием и болезнями нервной системы ( $r=0,45$ ,  $p<0,05$ ), лютецием и врожденными аномалиями, хромосомными нарушениями и деформациями ( $r=0,45$ ,  $p<0,05$ ) у взрослого населения;

✓ Взаимосвязь выявлена между уровнем заболеваемости населения и содержанием урана, тантала, серебра, т.е. элементами, геохимически специфичными для накипи региона;

✓ Отмечается зависимость между заболеваемостью взрослого населения и элементами, образующие так называемую матрицу накипи, а именно с кальцием и железом. Последний элемент взаимосвязан с заболеваемостью детей;

✓ Часто встречаемая связь уровня заболеваемости с содержанием самария (7), лютеция (6), европия (5), урана (5), иттербия (4), кобальта (4) в накипи природных пресных вод;

✓ Заболеваемость взрослого населения коррелирует в большинстве случаев с редкоземельными и радиоактивными элементами;

✓ Заболеваемость детского населения в отличие от взрослого взаимосвязана с содержанием хрома, тербия и бария в накипи.

Таблица 6.1 – Коэффициенты парной корреляции между заболеваемостью взрослого населения и химическими элементами в накипи из природных пресных вод

Классы заболеваний	Na	Ca	Sc	Cr	Fe	Co	Zn	As	Br	Rb	Sr	Ag	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Hf	Ta	Au	Th	U
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Болезни системы кровообращения (БСК)	-	0,46	-	-	-	0,45	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	0,69	-	0,55	0,57	-	-	-	-	-
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма (БККОиОН)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-	-
Болезни мочеполовой системы (БМС)	-	-	-	-	-	-	-	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	-	-	-	-	-	-	-	-	0,63
Болезни нервной системы (БНС)	-	-	-	-	-	-	-	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45	-	-	-	0,56	-	-	-	-	0,50
Новообразования (Н)	-	-	-	-	-	0,46	-	0,59	-	-	0,76	-	-	-	-	-	-	0,73	0,50	-	0,72	-	-	-	-	-	0,60
Болезни пищеварительной системы (БПС)	-	0,69	-	-	-	-	-	-	0,67	-	-	0,48	-	-	-	-	-	0,56	0,68	-	-	0,58	-	-	-	0,51	-
Эндокринные болезни, расстройства питания и обмена веществ (ЭБРПиОВ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	-	0,51	-	-	-



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (БКМСиСТ)	-	-	-	-	0,48	0,51	-	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	0,79	0,73	-	0,53	0,51	-	-	-	-	0,63
Болезни кожи и подкожной клетчатки (БКиПК)	-	-	-	-	-	-	0,48	-	0,54	0,47	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения (ВАДиХН)	-	0,51	-	-	0,55	0,77	-	-	-	0,55	0,48	-	-	-	-	-	0,54	0,78	0,89	-	0,67	0,45	0,68	-	-	0,70	0,50

Примечание: красным цветом выделены отрицательные связи, жирным шрифтом - связь с  $r_{=\lambda}=0,05$ , все остальные -  $r_{=\lambda}=0,02$

Таблица 6.2 – Коэффициенты парной корреляции между заболеваемостью детского населения и химическими элементами, содержащихся в солевых отложениях природных пресных вод

Классы заболеваний	Na	Ca	Sc	Cr	Fe	Co	Zn	As	Br	Rb	Sr	Ag	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Hf	Ta	Au	Th	U
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Болезни системы кровообращения (БСК)	-	-	-	0,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,49	-	-	-	-	-
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма (БККОиОН)	-	-	-	-	-	-	-	0,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Болезни мочеполовой системы (БМС)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56	0,50	-	-	-	-	-	-
Болезни нервной системы (БНС)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Новообразования (Н)	-	-	-	0,60	-	-	-	-	-	-	-	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46	-	-	0,73	-	-
Болезни пищеварительной системы (БПС)	-	-	-	-	0,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Эндокринные болезни, расстройства питания и обмена веществ (ЭБРПиОВ)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (БКМСиСТ)	-	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Болезни кожи и подкожной клетчатки (БКиПК)	-	-	-	-	-	-	0,46	-	0,46	-	-	0,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения (ВАДиХН)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: красным цветом выделены отрицательные связи, жирным шрифтом - связь с  $r_{\lambda}=0,05$ , все остальные -  $r_{\lambda}=0,02$

Ранжированный ряд административных районов Павлодарской области по максимальной встречаемости тех или иных видов заболеваемости: Иртышский – г.а. Экибастуза – Железинский – Актогайский – г.а. Павлодара – г.а. Аксу – Баянаульский – Майский – Успенский – Щарбактинский – Качирский – Лебяженский.

При анализе данных таблицы 6.3 прослеживаются следующие закономерности, которые группируют районы по характеру связи между уровнем накопления химических элементов в накипи и заболеваемостью:

✓ Первая группа районов объединяются по признаку максимальное содержание элементов в накипи и высокая заболеваемость взрослого населения (Иртышский, Актогайский, Железинский);

✓ Вторая группа районов объединены по принципу минимального содержания элементов в накипи и низкой заболеваемости взрослого населения (Щарбактинский, Лебяженский);

✓ Совокупность третьей группы районов зависит от сочетанного воздействия природных и техногенных факторов, которые позволяют предопределить развитие той или иной болезни. Здесь Майский (бывший СИЯП), Баянаульский (гранитоиды) районы – в случае с лютецием, г.а. Павлодара, Аксу, Экибастуза, Успенский.

Таблица 6.3 – Геохимическая специфика определенных классов заболеваемости взрослого населения в разрезе районов Павлодарской области

Химические элементы в накипи	Иртышский	г.а. Экибастуза	Железинский	Актогайский	г.а. Павлодара	г.а. Аксу	Баянаульский	Майский	Успенский	Щарбактинский	Качирский	Лебяженский
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Врожденные аномалии, деформации, хромосомные нарушения (ПР), болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (БКМС), болезни пищеварительной системы (БПС)(кроме Yb, Co), болезни системы кровообращения, новообразования, болезни мочеполовой системы (только для Sm), болезни нервной системы (только для Lu)												

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Европий	Red	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Самарий	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Иттербий	Red	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green
Лютеций	Red	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Кобальт	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green
ПР												
Гафний	Red	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green
ПР, БПС												
Торий	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green
ПР, БКМС												
Церий	Red	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Железо	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Болезни кожи и подкожной клетчатки (БКиПК), ПР (только для Rb)												
Рубидий	Red	Yellow	Green	Green	Red	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Цинк	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green
Бром	Green	Green	Yellow	Red	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green
Стронций	Green	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green
Эндокринные болезни, расстройства питания и обмена веществ												
Серебро	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green
Тантал	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green
Сурьма	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green
Болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения с вовлечением иммунного механизма												
Золото	Green	Yellow	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow

*Примечание:* районы, выделенные красным цветом, занимают 1 место по уровню заболеваемости, желтым – 2, зеленым -3.

Большая часть химических элементов, содержащихся в накипи природных пресных вод имеют значимую взаимосвязь с изученными видами заболеваемости. Ранее проведенные исследования показали, что накипь наследует химический состав воды и кипячение не всегда является одним из способов удаления нежелательных компонентов, которые могут представлять реальную угрозу здоровью человека (Соктоев, 2013).

## 6.1 АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАКИПИ С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ

Результаты проведенного исследования позволили выявить некоторые относительные закономерности связи между уровнем заболеваемости взрослого населения и элементным составом солевых отложений природных пресных вод. Для болезней кожи взрослого населения отмечается значимая связь с уровнем накопления в накипи Zn, Rb, Sr, Br (рисунок 6.6).

Обращает на себя внимание, что максимальное распространение этой нозологической формы заболевания отмечается в Актогайском административном районе.

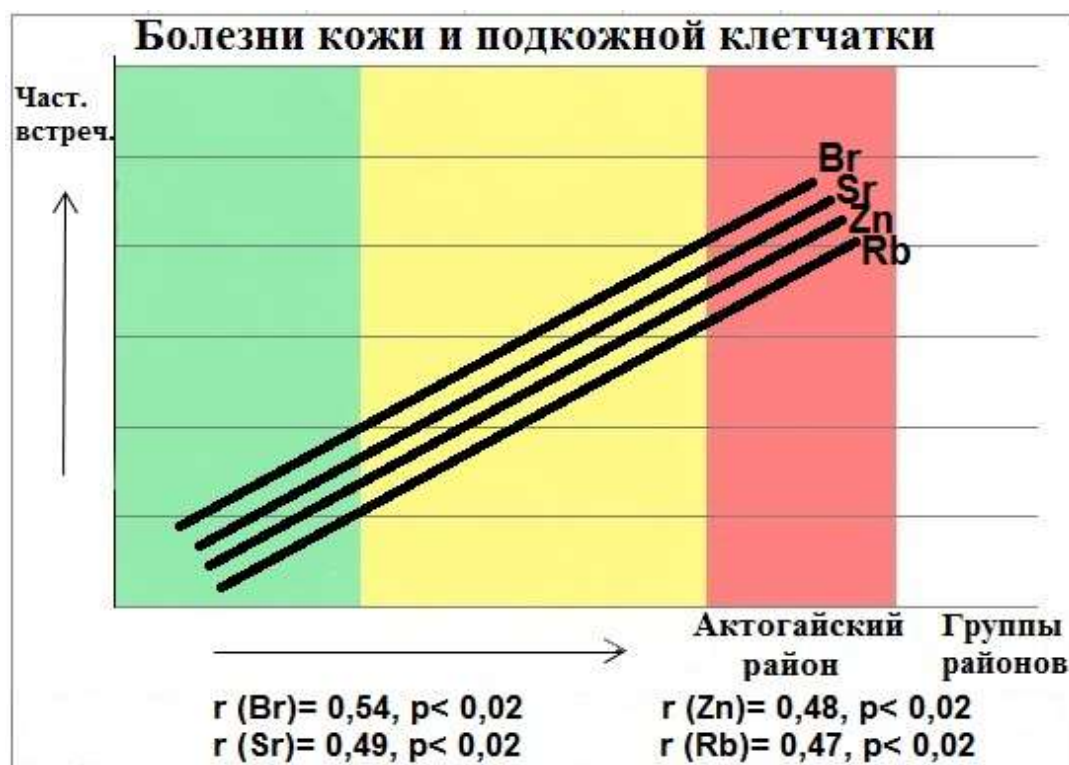
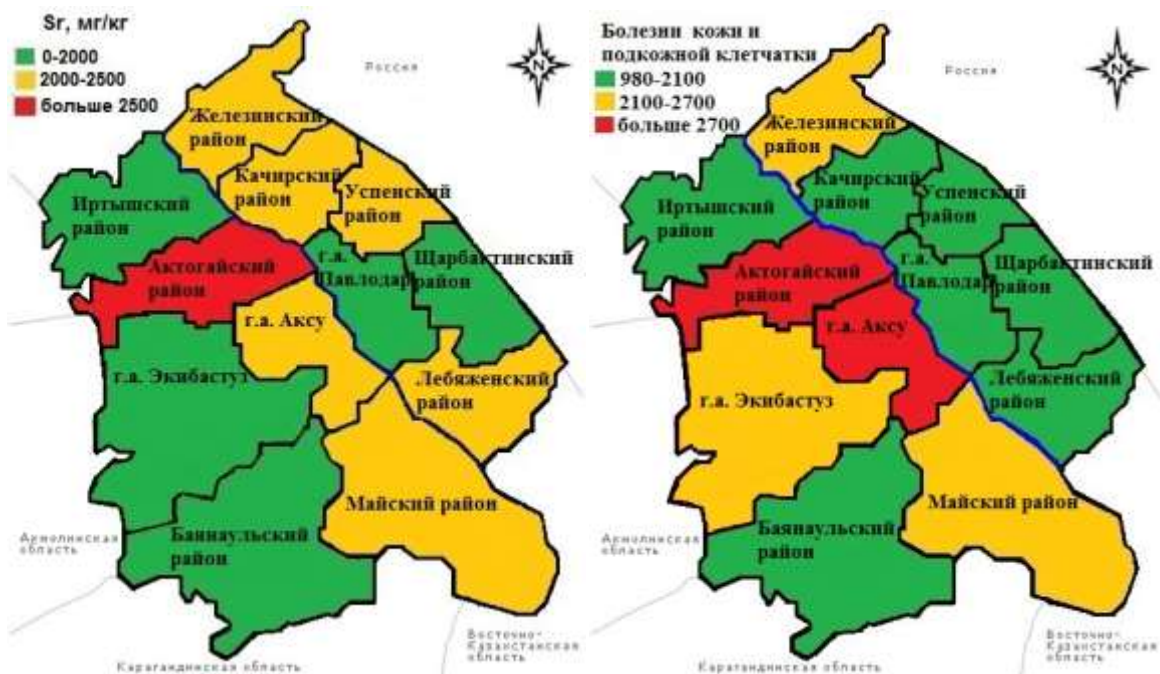


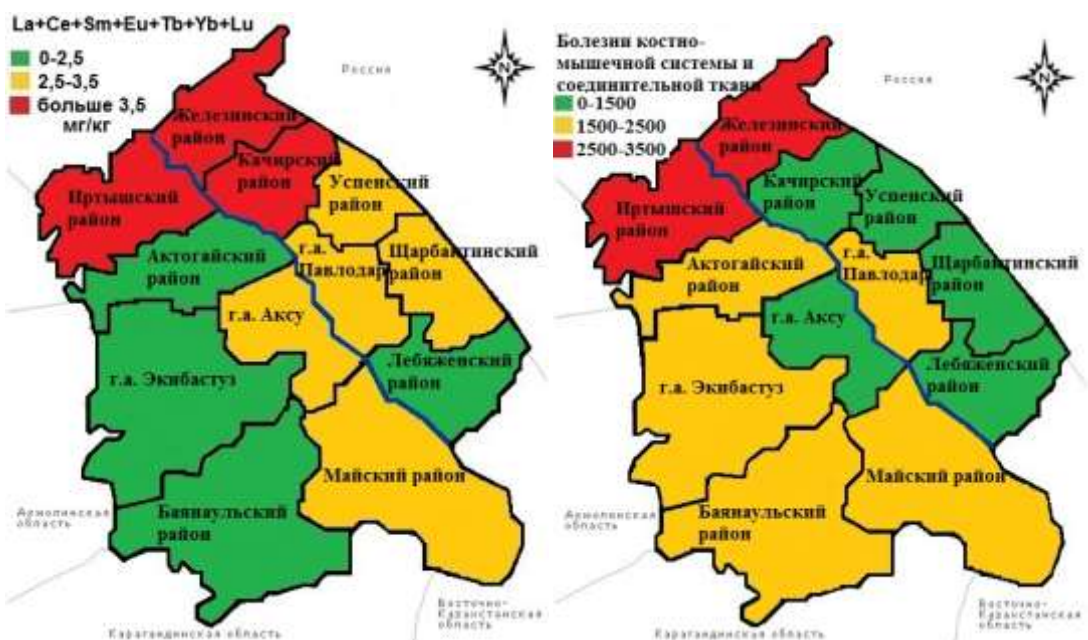
Рисунок 6.8 – Генерализованная схема взаимосвязи частоты встречаемости болезней кожи и подкожной клетчатки взрослого населения Павлодарской области от уровня накопления Zn, Rb, Sr, Br в накипи

И это достаточно хорошо просматривается при пространственном анализе распространения заболеваемости кожи и подкожной клетчатки и геохимических особенностей стронция (рисунок 6.9).



*Рисунок 6.9 – Карты-схемы пространственного распределения стронция в накипи и количества людей, страдающих болезнями кожи и подкожной клетчатки*

Ниже представлены ассоциации химических элементов, встречающихся в солевых отложениях из природных пресных вод в максимальных количествах, с которыми наблюдается положительная взаимосвязь с заболеваемостью (рисунок 6.10). Обратная связь характерна для содержания брома и кальция в накипи и болезнями систем кровообращения и пищеварительной.



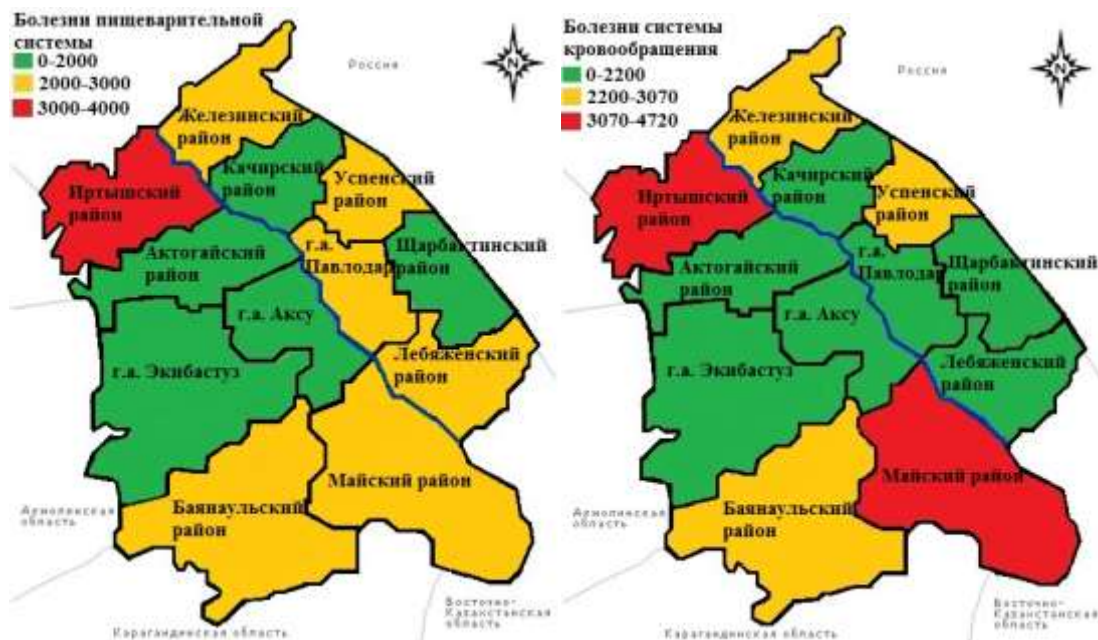


Рисунок 8 – Карты-схемы взаимосвязи частоты встречаемости заболеваемости взрослого населения от уровня накопления химических элементов в накипи

Для заболеваемости эндокринной системы взрослого населения характерна значимая достоверная связь с серебром и обратная связь с лютецием (рисунок 6.11).

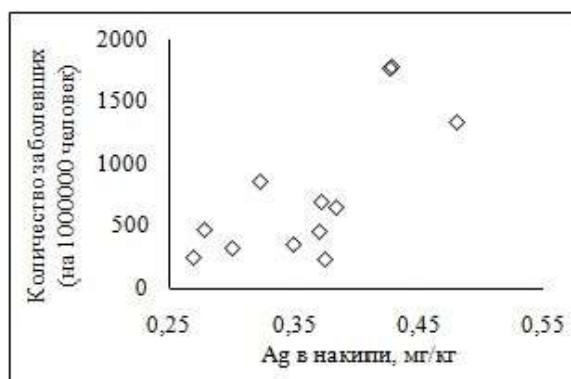


Рисунок 6.11 – Взаимосвязь уровня накопления серебра в накипи и частотой встречаемости эндокринных болезней, расстройство питания и обмена веществ



Установлено, что высокое содержание в солевых отложениях из природных пресных вод редкоземельных элементов, тория отличается в тех районах, где зафиксирована максимальная заболеваемость костно-мышечной, пищеварительной систем, новообразований и врожденных аномалий, деформаций и хромосомных нарушений (Иртышский район), тогда как у урана и стронция наблюдается обратные зависимости (рисунок 6.12, 6.13).

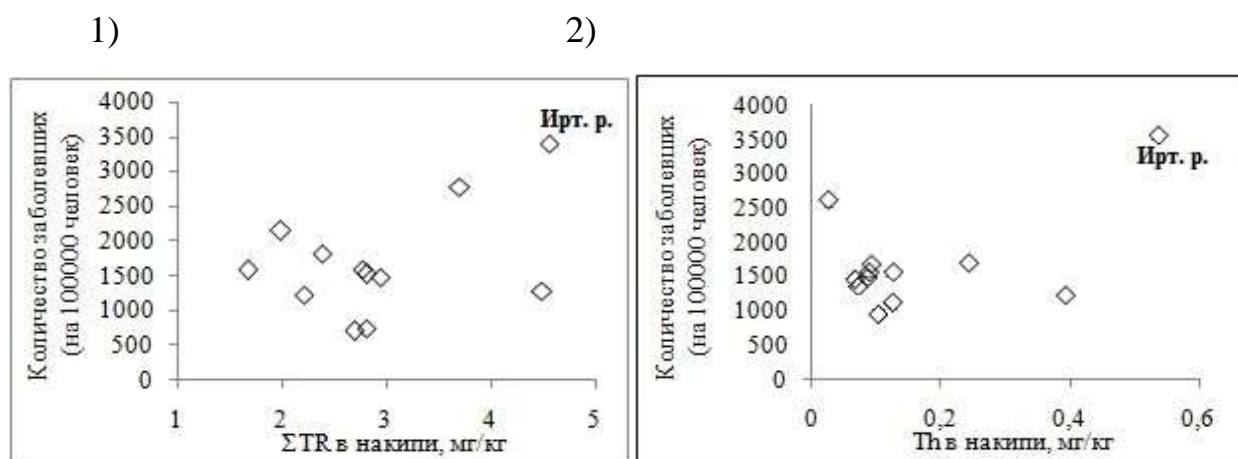


Рисунок 6.12 – Взаимосвязь уровня накопления суммы редкоземельных элементов, тория в накипи и частотой встречаемости болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (1) и пищеварительной системы (2)

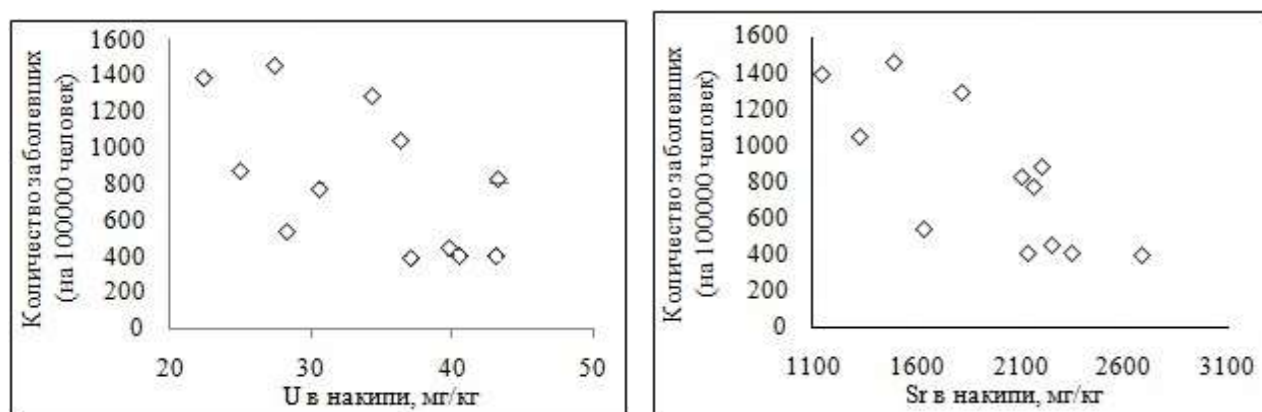


Рисунок 6.13– Взаимосвязь уровня накопления U, Sr в накипи и частотой встречаемости онкологических заболеваний

Большинство редкоземельных элементов, торий, уран, стронций, бром, хром, серебро, содержащиеся в накипи из природных пресных вод имеют значимую связь с изученными нозологическими видами заболеваемости.

## 6.2 АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАКИПИ С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Результаты анализа, проведенного между химическим составом солевых образований из природных пресных вод и уровнем заболеваемости детского населения, позволили выявить следующие закономерности: существуют взаимосвязь между количеством случаев болезней системы кожи и содержанием серебра, брома, цинка в накипи (рисунок 6.14).

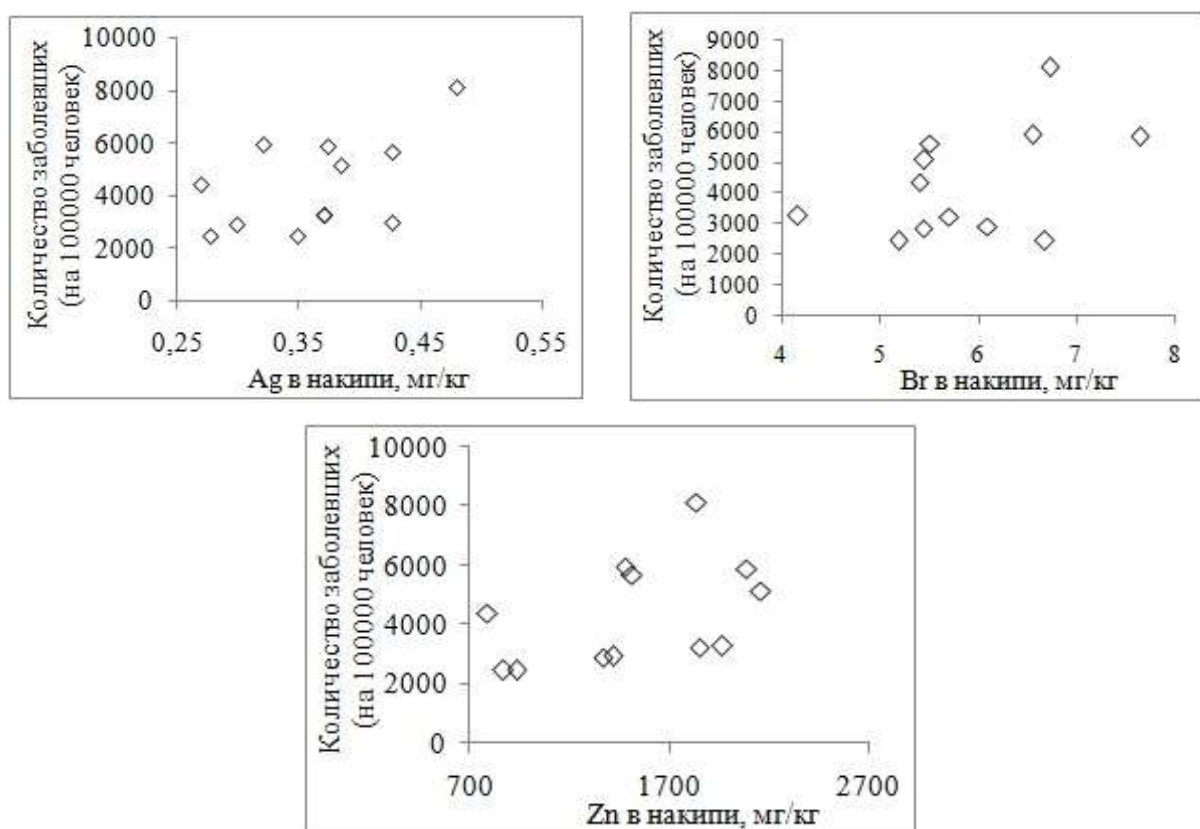


Рисунок 6.14 – Взаимосвязь уровня накопления серебра, брома, цинка в накипи и частотой встречаемости онкологических заболеваний

Для болезней системы кровообращения и костно-мышечной системы и соединительной ткани детского населения характерна положительная связь с хромом (рисунок 6.15).

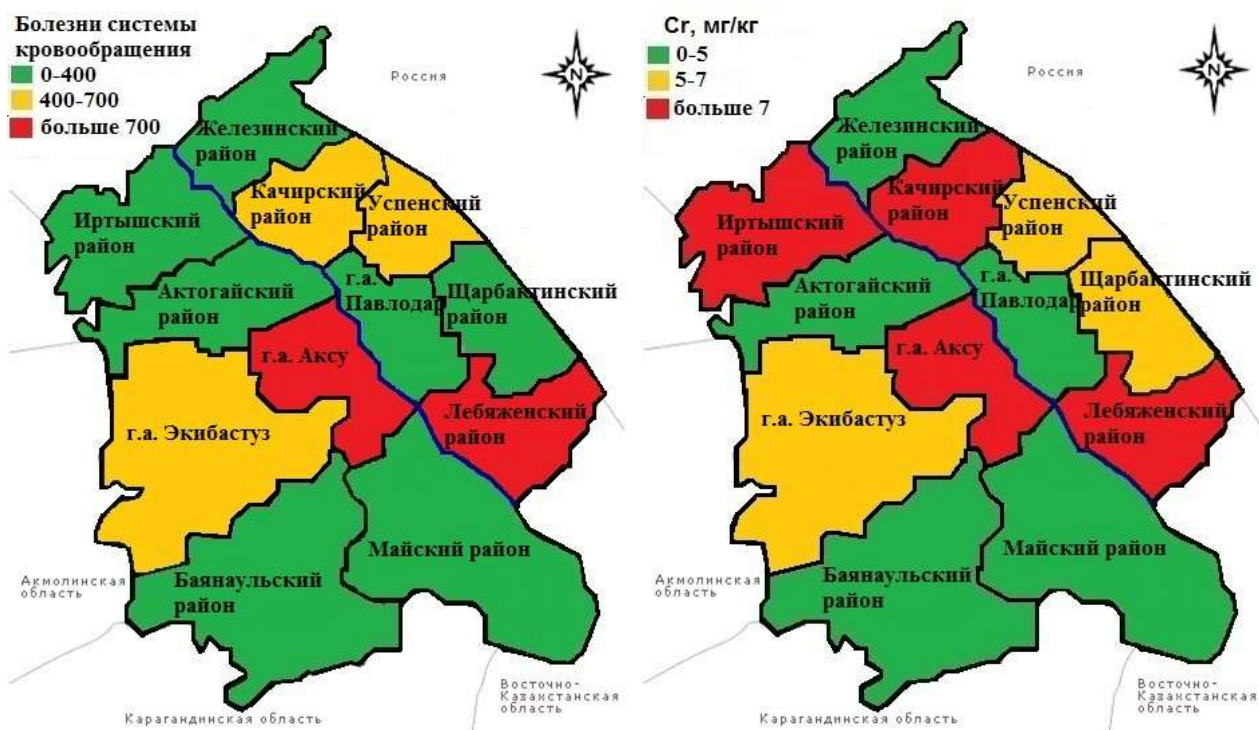


Рисунок 6.15 – Карты-схемы пространственного распределения хрома в накипи и количества людей, страдающих болезнями системы кровообращения

Воздействие хрома на детский организм проявляется в наличии связей с болезнями системы кровообращения ( $r = 0,48$ ,  $p < 0,05$ ), костно-мышечной системы и соединительной тканью ( $r = 0,47$ ,  $p < 0,05$ ), новообразованиями ( $r = -0,60$ ,  $p < 0,05$ ) (рисунок 6.15).

Известно, что хром нарушает регуляцию сердечной деятельности и сосудистого тонуса, кроме этого по данным Соктоева, хром имеет тенденцию к увеличению содержания в накипи даже после кипячения воды (Соктоев, 2013).

Следует отметить единый характер распространения детской заболеваемости по нервной и мочеполовой систем у детского населения Железинского, Успенского, Лебяженского, г.а. Экибастуза (рисунок 6.16).

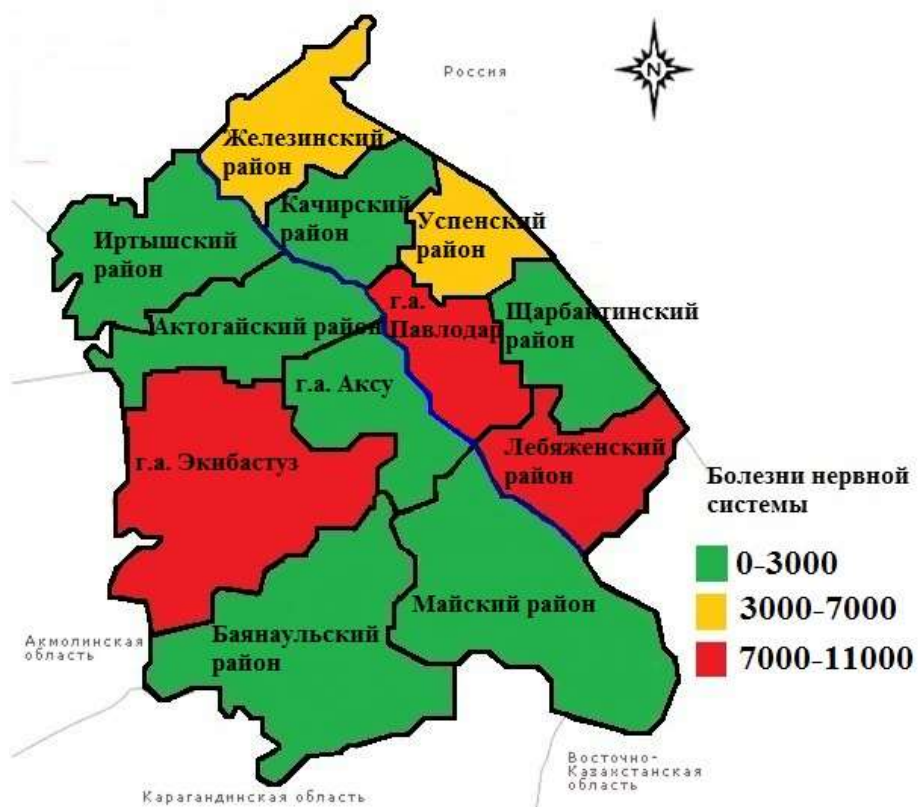
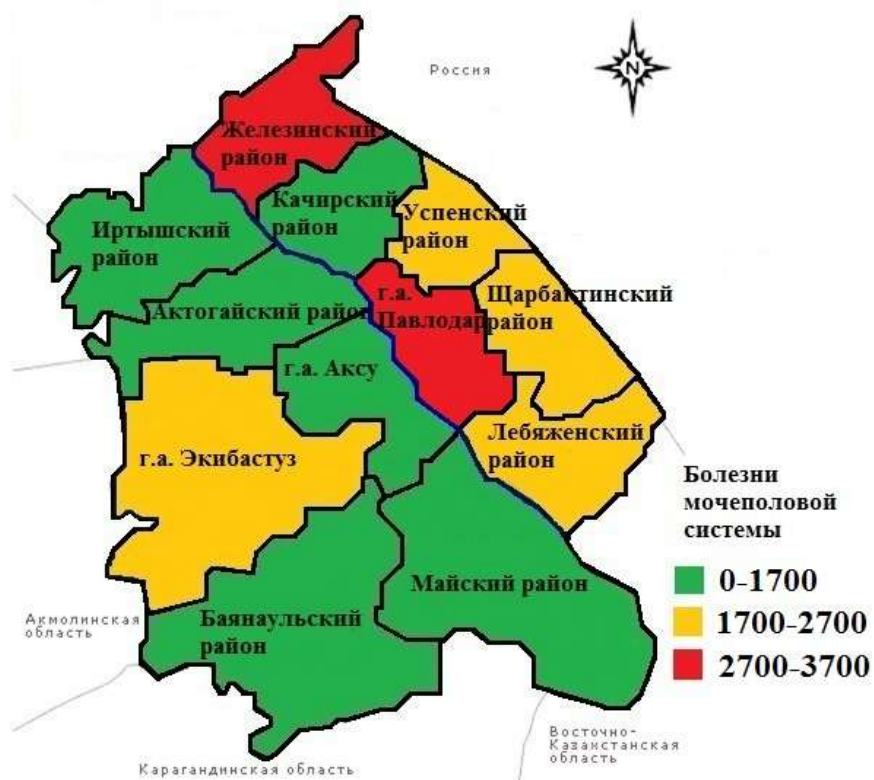


Рисунок 6.16 - Карта распространения населения, страдающих болезнями мочеполовой и нервной системами (на 100 000 человек)

Большинство редкоземельных элементов, торий, уран, стронций, бром, хром, серебро, содержащихся в накипи из природных пресных вод имеют значимую связь с изученными нозологическими видами заболеваемости.

*Таким образом, геохимическая специфика Павлодарской области по данным изучения солевых отложений из природных пресных вод предопределила распространение различных типов заболеваемости. Так, Иртышский район, накипь которого характеризуется максимально высокими концентрациями химических элементов, занимает лидирующие позиции по частоте встречаемости болезней системы кровообращения, пищеварительной, костно-мышечной систем и соединительной ткани, врожденных аномалий, деформаций, хромосомных нарушений. Большинство типов заболеваемости взрослого населения с вероятностью 95% связаны с самарием, европием, лютецием, иттербием, что касается заболеваемости детского населения, наблюдаются связи с хромом. Максимальное количество значимых связей отмечаются с врожденными аномалиями, деформациями и хромосомными нарушениями (взрослая заболеваемость) и с новообразованиями, болезнями мочеполовой системы (детская заболеваемость).*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

1. Солевые отложения природных пресных вод на территории области позволили выявить общерегиональную специфику в виде 3 элементов: урана, серебра, тантала. Каждый район Павлодарской области отличается определенным набором химических элементов, содержащихся в накипи, что объясняется влиянием факторов природного и техногенного происхождения.

2. Установлена зависимость содержания урана в воде и накипи. При содержании в воде урана 17,7 мкг/л его средняя концентрация в накипи колеблется в пределах 30-40 мг/кг. Это может быть тем лимитирующим уровнем содержания в накипи, при котором его концентрация в воде превышает нормативные требования, установленные в России и США.

3. Районы по аномальному накоплению элементов в накипи могут быть представлены следующим рядом в убывающей последовательности: Иртышский, Качирский, г.а. Павлодара, Аксу, Железинский, Успенский, Актогайский, г.а. Экибастуза, Баянаульский, Лебяженский, Майский, Щарбактинский.

4. Солевые отложения из природных пресных вод (накипь) Иртышского района выделяется максимальным содержанием редкоземельных элементов и тория. Этот же район занимает первое место по частоте встречаемости таких нозологических форм заболеваний, как систем костно-мышечной и соединительной ткани, пищеварительной, кровообращения, новообразований, врожденных аномалий, деформаций, хромосомных нарушений у взрослого населения.

Высокое содержание хрома в накипи способствует росту числа заболеваний систем кровообращения и костно-мышечной и соединительной ткани детей.

5. Выявленные связи с уровнем заболеваемости населения позволит спрогнозировать места распространения специфичных заболеваний

определенных физиологических систем в зависимости от химического состава вод и сформированной из нее накипи.

б. Солевые отложения из природных пресных вод (накипь) являются долговременной депонирующей средой, которая может служить для оценки экологической безопасности источников питьевого водоснабжения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абикеева, Ж.Е. Оценка содержания химических элементов в листе тополя черного в г. Павлодар и Павлодарской области / Ж.Е. Абикеева, Н.В. Барановская // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – 2012 . – Т. 2 . – С. 485-488.
2. Ажаев, Г.С. Оценка экологического состояния г. Павлодара по данным геохимического изучения жидких и пылевых атмосферных выпадений: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук : 25.00.36 / Ажаев Галымбек Советович. – Т., 2007. – 26 с.
3. Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л., Христофоров А.В. Мониторинг гидрологических процессов и повышение безопасности водопользования / Н.И. Алексеевский, Н.Л. Фролова, А.В. Христофоров. Москва: Изд-во Географический ф-т МГУ, 2011. – 367 с.
4. Альбом карт областей Республики Казахстан: Масштаб 1:1000000 / Агентство РК по статистике по управлению земельными ресурсами. –Астана, 2008. – 15 с.
5. Арбузов, С.И. Геохимия радиоактивных элементов: учебное пособие / С.И. Арбузов, Л.П. Рихванов. – Томск: ТПУ, 2009. – 300 с.
6. Арсланова, Х.А. Геологический словарь: в 2 томах / Х.А. Арсланова, М.Н. Голубчина, А.Д. Искандерова; под ред. К.Н. Паффенгольца. – 2-е изд., испр. Москва: Недра, 1978. – с.233.
7. Арынова, Ш.Ж. Связь состояния заболеваемости населения Павлодарской области и качества питьевой воды / Ш.Ж. Арынова, Л.П. Рихванов //«Орхусская конвенция в свете концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» в секторе использования водных ресурсов Северного Казахстана»: материалы международной научно- практической конференции. – 2014. – С. 31-34.
8. Арынова, Ш.Ж. Павлодар облысының ішетін суларының тұзды - тұнбаларының геохимиялық құрамы/ Ш.Ж.Арынова, Л.П. Рихванов, Б.Х.



Шаймарданова, Н.П. Корогод, Г.Е. Асылбекова // Вестник Евразийского Национального университета им. Л.Н. Гумилева. – 2015. – С. 137- 148.

9. Асылбекова, Г.Е. Оценка экологического состояния урбоэкосистемы г. Павлодара с использованием растительных объектов: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Асылбекова Гулмира Ермукановна – Томск, 2010. – 24 с.

10. Атаева, А. А. Оценка экотоксичности комплекса солей тяжелых металлов питьевой воды города Грозного: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Атаева Аминат Ахмедовна. – Ростов-на-Дону, 2010. – 23 с.

11. Ахунджанов, М.М. Заболеваемость злокачественными новообразованиями некоторых локализаций с особенностями распространения рака молочной железы в Павлодарской области и возможное влияние на них загрязнения окружающей среды токсическим и канцерогенными веществами: автореф. дис. ... канд. мед. наук : – Алматы, 2010. – 27 с.

12. Барановская, Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем: автореф. дис. ... д. биол. наук: 03.02.08 / Барановская Наталья Владимировна. – Томск, 2011. – 46 с.

13. Барановская, Н.В. Уран и торий в органах и тканях человека / Н.В. Барановская, Т.Н. Игнатова, Л.П. Рихванов // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 339. 182. – С. 188.

14. Барановская, Н.В. Оценка накопления химических элементов природными средами в условиях техногенного загрязнения урбосистемы г. Павлодара / Н.В. Барановская, Б.Х. Шаймарданова, Л.П. Рихванов, Н.П. Корогод, Г.Е. Асылбекова, Ш.Ж. Усенова // Известия Казахского национального университета им. аль-Фараби. – 2014. – № 1/1 (40). – С. 9-14.

15. Бетехтин, А.Г. Курс минералогии. – М.: КДУ, 2007. – 721 с.

16. Боев, В. М. Антропогенное загрязнение окружающей среды и состояние здоровья населения Восточного Оренбуржья / В.М. Боев, М. Н. Воляник. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1995. – 127 с.

17. Боев, В.М. Гигиеническая характеристика влияния антропогенных и природных геохимических факторов на здоровье населения южного Урала / В.М. Боев // Гигиена и санитария. – 1998. - № 6. – С. 3-8.

18. Большаков, А.М. О комплексной гигиенической оценке состояния окружающей среды и её влияния на здоровье населения области / А.М. Большаков, Е.М. Черепов, Е.И. Акимова // Гигиена и санитария. – 1999. - № 2. – С. 47- 49.

19. Большая Советская энциклопедия (БСЭ), 2016. URL: <http://bse.scilib.com/article079849.html> (дата обращения: 12.03.2016.)

20. Бингам, Ф.Т. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Ф.Т. Бингам, М. Коста, Э. Эйхенберг; под ред. Х. Зигеля, А. Зигель. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

21. Боровиков, В. П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере / В.П. Боровиков. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 688 с.

22. Брукс, Р. Р. II Химия окружающей среды / Р.Р. Брукс. – Москва: Химия, 1982. – 371- 412 с.

23. Вернадский, В.И. История минералов земной коры, т.2, вып. 1. История природных вод / В.И. Вернадский. – Л., 1933. – 64 с.

24. Водные ресурсы Казахстана в новом тысячелетие / К. Дускаев, А. Рябцев, С. Ахметов, К. Кудайбергеноулы, В. Садомский, Е. Муртазин, В. Ни, О. Тарнецкая, С. Ерохов, Ию Жаксылыков, В. Шикун, Л. Дмитриев, А. Земляников. – Алматы, 2004. – С. 132.

25. Волостнов, А.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Методы исследования вещественного состава природных объектов» для студентов, обучающихся по специальности 020804 «Геоэкология» / А.В. Волостнов, А.В. Таловская. – Томск: ТПУ, 2010. – 48 с.

26. Высоцкий, С.П. Накипеобразование в оборотных системах водопользования / С.П. Высоцкий, А.В. Варивода // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 6/6 (66). – 2013. – С. 57- 61.

27. География Павлодарской области / под ред. М.И. Чуб. – Павлодар: ЭКО, 1996. – 104 с.
28. Геология СССР т. XX Центральный Казахстан. Полезные ископаемые, - Москва: Изд-во Недр, 1989. – 21- 31 с.
29. Гидрогеология СССР. Том XXXIII. Северный Казахстан. – Москва: Изд-во Недр, 1966. – 364 с.
30. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Е. А. Заика и др. – СПб: Эколайн, 2000. – 127 с.
31. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. (Печальный опыт России) / Ю.П. Гичев. – Новосибирск: СО РАМН, 2002. – 230 с.
32. ГОСТ Р 51593-2000 Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 32 с.
33. ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.
34. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». – М., 2003. – 84 с.
35. ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03». – М., 2007. – 5 с.
36. ГН 2.1.5.2307-07 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». – М., 2007. – 57 с.
37. Давыдов, Б.И. Состояние здоровья детей и подростков в регионе экологического неблагополучия / Б.И. Давыдов, Е.Г. Рудаева, Е.В. Звягина // Здравоохранение РФ. – 1998. – № 6. – С.43-44.
38. Демин, А. П. Тенденция использования и охраны водных ресурсов в России / А.П. Демин // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27, № 6. – С.735 - 754.

39. Денисова, О.А. Микроэлементозы и патология щитовидной железы в Томской области / О.А. Денисова, Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов, Г.Э. Черногорюк, Ю.И. Сухих. – Томск: STT, 2011. – 190 с.
40. Дильман, В.М. Четыре модели медицины / В.М. Дильман. – Л.: Медицина, 1987. – 288 с.
41. Добролюбская, Т. С. Люминесцентные методы определения урана / Т.С. Добролюбская. – М.: Наука, 1968. – 95 с.
42. Дорошенко, И.В. Исследование теплообмена и разработка технологии комплексной защиты поверхностей нагрева котельных установок: автореф. канд. техн. наук: 05.14.04 / Дорошенко Ирина Викторовна. – Череповец, 2005. – 24 с.
43. Евсеева, Л.С. Геохимия урана в зоне гипергенеза / Л.С. Евсеева, А.И. Перельман. – М.: ГИЛ в области атомной науки и техники, 1962. - 239 с.
44. Здоровье населения Республики Казахстан и деятельность организаций здравоохранения в 2014 году / Т.М. Зленко, Г.К. Тлеулина, Л.П. Шитова, А.Т. Смагулова, А.А. Шайгалиев, Т.Т. Кожикова. – Астана, 2015. – 45-113 с.
45. Зекцер, И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды /И.С. Зекцер. – М.: Научный мир, 2001.- 328с.
46. Иванов, А.В. Современные представления о влиянии качества питьевой воды на состояние здоровья населения / А.В. Иванов, Е.А. Тафеева, Н.Х. Давлетова // Вода: Химия и экология. – 2012. – № 3. – С. 48-53.
47. Информационный бюллетень о трансграничном переносе токсичных компонентов в объектах окружающей среды за 2010 год. – Астана: Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет», 2011. – 16 с.
48. Кабалова, Л.А. Показатели неспецифической сопротивляемости организма в оценке состояния здоровья детей, проживающих в условиях различной техногенной нагрузки / Л.А. Кабалова, Н.А. Гореленкова, Л.А. Виноградова // Гигиена и санитария. – 1995. – № 1. – С. 22-25
49. Карбонаты. Минералогия и химия / под ред. Р.Дж. Ридер. – Москва: Изд-во Мир, 1987. – 496 с.

50. Кирюхин, В.А. Гидрогеохимия / В.А. Кирюхин, А.И. Коротков, С.Л. Шварцев. – М.: Недра, 1993. -384 с.
51. Корогод, Н.П. Оценка качества урбоэкосистемы в условиях г. Павлодара по данным элементного состава волос детей: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Корогод Наталья Петровна. – Томск, 2010. - 24 с.
52. Кузнецова, З. В. Павлодарская область. – Алма-Ата, 1958. – 160 с.
53. Кутковец, А.А. Экологическая оценка питьевой воды и системы ее подготовки для нужд населения г. Костромы: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Кутковец Андрей Анатольевич. – Москва, 2009. – 24 с.
54. Лисицын, Ю.П. Влияние образа жизни и факторов риска. Превентивная кардиология: Руководство// Ю.П. Лисицын: под ред. Г.И. Косицкого. — Москва: Медицина, 1987.
55. Лисицын, Ю.П. Общественное здоровье и здравоохранение 2-е изд. - Москва: Изд-во ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 512 с.
56. Лиходумова, И.Н. Оценка экологического риска заболеваемости населения Северо-Казахстанской области: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.16 / Лиходумова Ирина Николаевна – Барнаул, 2009. – с. 14
57. Ларикова, Н.В. Генотоксикологическая оценка питьевой воды и некоторые показатели заболеваемости населения Северо-Казахстанской области / С.В. Бабошкина, И.Н. Лиходумова, Н.П. Белецкая, А.В. Пузанов, В.В. Кириллов, И.В. Горбачев // Экологическая генетика. – Том 4. – 2012. – С. 40-49
58. Линников, О.Д. Закономерности кристаллизации неорганических солей из водных растворов: автореферат докт. хим. наук. - Екатеринбург, 2012.
59. Маймулов, В.Г. Использование географических информационных систем для оценки медико-экологической ситуации в городе / В.Г. Маймулов, А.Н. Пивоваров, А.Ю. Ломтев, С.А. Горбанев // Медицина труда и промышленная экология. – 1998. - № 5. – С. 10-13.
60. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. – Женева: Медицина, 1995. – с. 697.

61. Монголина, Т.А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.- мин. наук: 25.00.36 / Монголина Татьяна Владимировна. – Томск, 2011. – 21 с.

62. Монголина, Т.А. Элементный состав солевых отложений питьевых вод Томской области / Т.А. Монголина, Н.В. Барановская, Б.Р. Соктоев // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. – 319. – № 1. – С. 204-211.

63. Морозова, Е.В. Состояние здоровья детей дошкольного возраста в зависимости от качества питьевой воды (на примере г. Смоленска): автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.29 / Морозова Екатерина Вячеславовна – Москва, 2008. – 27 с.

64. Михальчук, А.А. Статистический анализ эколого-геохимической информации: учебное пособие / А.А. Михальчук, Е.Г. Язиков, В.В. Ершов – Томск: ТПУ, 2006. – 235 с.

65. Муравьев, А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / А.Г. Муравьев.. – Санкт-Петербург: Изд-во Кристмас+, 2000. – 229 с.

66. Мухамеджанов, С.М. Гидрогеология северо-восточной части Казахстана / С.М. Мухамеджанов. – Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1971. – 329 с.

67. Нефрология: руководство для врачей: в 2 т. / под ред. С.И. Рябова. – Т.2. Почечная недостаточность. – Санкт-Петербург: СпецЛиТ, 2013. – 232 с.

68. Об итогах работы Павлодарского областного территориального управления охраны окружающей среды за 2007 год. – Павлодар: Областной маслихат, 2008. - 20 с.

69. Онищенко, Г.Г. О состоянии и мерах по обеспечению безопасности хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Российской Федерации / Г.Г. Онищенко // Гигиена и санитария. - 2010. - №3. - С. 4-7.

70. Определение урана в воде. Методика М 01-15-2010 ПНД Ф 14.1:2:4.38-95.-2005. – 18 с.

71. Орлов, В.Г. Контроль качества поверхностных вод / В.Г. Орлов, Б.Г. Скакальский, М.А. Бесценная, А.Я. Шварцман, Л.Н. Меерович. Л.: ЛПИ, 1988. – 140 с.

72. Основы гидрогеологии. Геологическая деятельность и история воды в земных недрах / под ред. Е.В. Пиннекера. – Н.: Изд-во Наука, 1982. – 239 с.

73. Отчет по мероприятию “Изучение радиационной обстановки на территории Республике Казахстан” в рамках бюджетной программы 011 “Обеспечение радиационной безопасности” (результаты работ за период 2004-2008гг.) в 16-ти томах Том XV. Павлодарская область. – Алматы, 2008. – 75 с.

74. Охрана окружающей среды и устойчивое загрязнение. Статистический сборник / под ред. А.А. Смайлова. - А.: Агентство по статистике, 2010. – 179 с.

75. Охрана окружающей среды и устойчивое загрязнение. Статистический сборник 2007-2011 / под ред. А.А. Смайлова. А.: Агентство по статистике, 2012. - 179 с.

76. Охрана окружающей среды в Павлодарской области. Статистический сборник // под редакцией Д.Ш. Султановой– Павлодар: Мега-Принт, 2014. – 52 с.

77. Охрана окружающей среды в Павлодарской области. Статистический сборник // Султановой Д.Ш. под редакцией– Павлодар: Мега-Принт, 2014. – 76 с.

78. Павлодарское Прииртышье // под ред. С.И. Джаксыбаев. - А.: Эверо, 2003. – 676 с.

79. Панин, М.С. Тяжелые металлы в воде, донных отложениях р. Иртыш и ее притоках / М.С. Панин // Химия в интересах устойчивого развития. 2000. – №6. – с. 845-854.

80. Панин, М.С. Влияние техногенеза на содержание тяжелых металлов в реках бассейна Иртыша / М.С. Панин, А.Р. Сибиркина// Матер. Междунар. Науч.-практ. Конф. «Аграрная наука на руюеже веков. Акмола. 2-6 сентября 1997. Акмола, 1997. – Т.4. С. 82

81. Панин, М.С. Эколого-геохимическая характеристика атмосферных осадков г. Павлодара / М.С. Панин, Э.А. Гельдымамедова, Г.С. Ажаев // Доклады II Междунар. научно-практ. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-

биофилы в окружающей среде». – Семипалатинск, Казахстан, 2002. – Том 2. – С.142-154.

82. Петин, А.Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод / А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. – Б.: БелГУ, 2006. – 252 с.

83. Попов, В.К. Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья/ В.К. Попов, В.А. Коробкин, Г.М. Рогов, О.Д. Лукашевич, Ю.Ю. Галямов, Б.И. Юргин, В.В. Золотарева. Т.: ТАСУ, 2002. – 138 с.

84. Предварительные данные Павлодарской области за 2014 год / Краткий ежегодник // под редакцией Д.Ш. Султановой– Павлодар: Мега-принт, 2015 – 102 с.

85. Присяжнюк, В.А. Водоподготовка и очистка воды: принципы, технологические приемы, опыт эксплуатации / В.А. Присяжнюк // СОК. – 2004. – №4.

86. Присяжнюк, В.А. Физико-химические основы предотвращения кристаллизации солей на теплообменных поверхностях / В.А. Присяжнюк // Сантехника, отопление, кондиционировании. – 2003. – №10. – С. 26-30.

87. Промышленность Казахстана и его регионов за 2005-2009 годы. Статистический сборник / под ред. А.А. Смаилова. – А.: Агентство по статистике, 2010. – 230 с.

88. Рахманин, Ю.А. Методика вычисления влияния химического става питьевой воды на состояние здоровья населения / Ю.А. Рахманин, Р.И. Михайлова // Окружающая среда и здоровье. – Казань, 1996. – С. 98-99.

89. Ревич, Б.А. Окружающая среда и здоровье населения. Региональная экологическая политика. Проект пособия / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. – М.: ЦЭПР, 2003. – 149 с.

90. Робертус, Ю.В., Особенности химического состава солевых отложений подземных питьевых вод Республики Алтай / Ю.В. Робертус, Л.П. Рихванов, Б.Р. Соктоев // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т.324. – №1. – С. 190-195.



91. Романова О.А., Фролова Н.Л. Правовые аспекты гидрологических ограничений природопользования / О.А. Романова, Н.Л. Фролова // Вода: химия и экология. – 2011. – № 5. – С. 2-10.

92. Романовская, С.Л. Изучение влияния природных и антропогенных факторов на химический состав водоисточника и питьевой воды.: автореф. канд. техн. наук: 03.00.16 / Романовская Светлана Леонтьевна. – Уфа, – 2005.

93. Рослый, О.Ф. Особенности комбинированного действия свинца, меди и цинка / О.Ф. Рослый, С.Г. Домнин, Т.И. Герасименко, А.А. Федорук // Медицина труда и промышленная экология. – 2000. – № 10. – С. 28-30.

94. Руководство по обеспечению качества питьевой воды. – Женева: ВОЗ, 2004. – Т.1. – 121 с.

95. Рылова Н.В. Влияние минерального состава питьевой воды на состояние здоровья детей / Н.В. Рылова // Гигиена и санитария. – 2005. – №1. – С. 45-46.

96. Саэт, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Я.П. Янин, Р.С. Смирнова, И.Л. Башаркевич, Т.Л. Онищенко, Л.Н. Павлова, Н.Я. Трефилова, А.И. Ачкасов, С.Ш. Саркисян – М.: Недра, 1990. – 38 с.

97. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2012. – 89 с.

98. СП 2.1.5.1059 «Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения». – М., 2012. – 20 с.

99. Саид, Н. Эколого-микробиологическая оценка источников питьевой воды урбанизированных территорий: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Саид Недадь. – Москва, 2007.- 22 с.

100. Сидоренко, Г.И. Проблемы изучения и оценки состояния здоровья населения / Г.И. Сидоренко, Е.Н. Кутепов // Гигиена и санитария. – 1994. - № 8. – С. 33-36.

101. Соктоев, Б.Р. Геохимическая характеристика солевых отложений питьевых вод Байкальского региона / Б.Р. Соктоев, Л.П. Рихванов, Т.Т. Тайсаев, Н.В. Барановская, Т.А. Монголина // Приоритеты и особенности развития

Байкальского региона: материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 350-летию добровольного вхождения Бурятии в состав Российского государства. – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2011. – с. 70-72.

102. Соктоев, Б.Р. Геохимические особенности солевых отложений питьевых вод Байкальского региона / Б.Р. Соктоев, Л.П. Рихванов, Т.Т. Тайсаев // Современные проблемы геохимии: Матер. Всеросс. совещ.- Иркутск: ИГ СО РАН, 2012. – Т. 1. – 241- 244.

103. Соктоев, Б.Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона): автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук: 25.00.09 / Соктоев Булат Ринчинович – Томск, 2015. – 22 с.

104. Соктоев, Б.Р. Солевые образования питьевых вод как индикаторная среда в эколого-геохимических и металлогенических исследованиях / Б.Р. Соктоев, Л.П. Рихванов, Ш.Ж. Усенова, Т.А. Монголина, Н.В. Барановская // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 1(84). – с. 40-44.

105. Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды: патент Рос. Федерация № 2298212; заявл. 04.07.2005; опубл. 27.04.2007, Бюл. № 12, – 6 с.

106. Справочник месторождений Казахстана. URL: [http://geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij\\_kazakhstana/tverdye-poleznye-iskopaemye/item/майкаинское-рудное-поле-2](http://geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij_kazakhstana/tverdye-poleznye-iskopaemye/item/майкаинское-рудное-поле-2) (дата обращения: 27.11.2014).

107. Справочник месторождений Казахстана. URL: [http://geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij\\_kazakhstana/tverdye-poleznye-iskopaemye/item/алпыс-5](http://geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij_kazakhstana/tverdye-poleznye-iskopaemye/item/алпыс-5) (дата обращения: 27.11.2014).

108. Сулькина, Ф.А. Системные связи качества питьевой воды и здоровья населения (на примере Республика Мордовия): автореф. дисс. ... канд биол. наук: 05.13.01 / Сулькина Фира Ароновна. – Тула, 2005.- 28 с.

109. Фрог, Б.Н. Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.Г. Первов. М.: АСВ, 2014. – 512 с.
110. Хамзина, Ш.Ш. Водные ресурсы Павлодарской области, их охрана и рациональное использование / Ш.Ш. Хамзина, З.М. Шарипова, Г.М. Омарова Павлодар: ИнЕУ, 2013. – 248 с.
111. Харабрин, А. В. Экологический мониторинг качества воды и оценка барьерной роли сооружений водоподготовки (на примере Северного ковшового водопровода г. Уфы): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 03.00.16 / Харабрин Андрей Валерьевич. – Уфа, 2004. – 24 с.
112. Чижов, А.Я. Современные проблемы экологической патологии человека: учебное пособи / А.Я. Чижов. – М.: РУДН, 2008. – 220 -240 с.
113. Шаймерденов, Н.Р. Водные ресурсы Павлодарской области / Н.Р. Шаймерденов. – Павлодар, 2002. – С.132.
114. Шаов А.Х. Технология очистки природных и сточных вод: учебное пособие / А.Х. Шаов, А.М. Хараев. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2005. – 103 с.
115. Шаповалов, А. Е. Медико-географическая оценка влияния загрязнения питьевых подземных вод на здоровье населения (на примере Смоленской области): автореферат канд. геогр.наук: 25.00.36 / Шаповалов Андрей Евгеньевич. – Москва, 2008 – с. 28
116. Шварцев, С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С.Л. Шварцев. – М., Недра, 1998. – 366 с.
117. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Ю.И. Сухих [и др.]: под ред. А.Г. Бакирова. – Томск: Курсив, 2006. – 216 с.
118. Экология Северного промышленного узла г. Томска: Проблемы и решения / Томский государственный университет // под ред. А. М. Адама. – Томск: ТГУ, 1994. – 260 с.
119. Эльпинер, Л.И. Влияние водного фактора на формирование здоровья человека / Л.И. Эльпинер // Вода: химия и экология. – 2009. – №3. – С. 6-10.

120. Эльпинер, Л.И. Медико-экологические аспекты современной гидрогеологии / Л.И. Эльпинер // Вода: химия и экология. – 2016. – № 01. – С. 30-35.
121. Язиков, Е.Г. Использование солевых образований (накипи) для целей геохимического районирования территорий / Е.Г. Язиков, Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: Матер. Междун. научной конф., посвящ. столетию со дня рождения акад. К.И. Лукашева. – Минск, 2007. – С. 252- 254.
122. Язиков, Е.Г. Индикаторная роль солевых образований в воде при геохимическом мониторинге / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская // Известия вузов. Геология и разведка. – 2004. – № 1. – С. 67-69.
123. Язиков, Е.Г. Солевые образования – индикатор загрязнения среды при геохимическом мониторинге / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы – биофилы в окружающей среде: Докл. II Междунар. научно - практ. конф. – Семипалатинск, 2002. – Т.2. – С. 426-432.
124. Язиков, Е.Г. Минералогия техногенных образований / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк. – Томск: ТПУ, 2011. – 160 с.
125. Язиков, Е.Г. Геоэкологический мониторинг / Е.Г. Язиков, А.Ю. Шатилов. – Томск: ТПУ, 2003. – 287 с
126. Яркина, Т.В. Качество питьевой воды и здоровье населения Республики Алтай / Т.В. Яркина, Л.П. Волкотруб // Бюллетень сибирской медицины. – 2009. – № 2. – С. 123-127.
127. [http://www.kazhydromet.kz/ru/infoрег\\_10](http://www.kazhydromet.kz/ru/infoрег_10) (дата обращения 20.03.2016)
128. <http://www.geology.gov.kz/ru/upravleniya/upravlenie-geologii-tverdykh-poleznykh-iskopaemykh> (дата обращения 20.03.2016)
129. [http://www.pavlodar.gov.kz/page.php?page\\_id=151&lang=1](http://www.pavlodar.gov.kz/page.php?page_id=151&lang=1) (дата обращения 20.03.2016)
130. <http://www.oblstat.pavl.kz> (дата обращения 20.03.2016)

131. Assylbekova, G. Estimation of chemical composition of the ashes from black poplar *Populus nigra L.* leaves in the urban ecosystem of Pavlodar / G. Assylbekova // World applied sciences journal. – 21 (9). – 2013. – Pp. 1309-1315.
132. Chen, T. Influence of  $Mg^{2+}$  on  $CaCO_3$  formation-bulk precipitation and surface deposition / T. Chen, Neville, M. Yuan // Chemical Engineering Science. - vol. 61. - no. 16. – Pp. 5318-5327.
133. Chen, J. Controllable synthesis of calcium carbonate polymorphs at different temperatures / J. Chen, L. Xiang // Powder technology. - Vol. 189. - No 1. - 2009. - Pp. 64-69.
134. Yang, Ch-Y. Calcium and magnesium in drinking water and the risk of death from hypertension / Ch-Y. Yang, H-F. Chiu // American journal of hypertension. – Vol. 12. – No 9. – 1999. – 894-899.
135. Cowan, J.C. Water formed scale deposits / J.C. Cowan, D.J. Weintritt. Gulf Publishing, Houston, 1976. – 606 pp.
136. De Choudens – Sanchez, V. Calcite and aragonite precipitation under controlled instantaneous supersaturation: elucidating the role of  $CaCO_3$  saturation state and Mg/Ca ratio on calcium carbonate polymorphism / V. De Choudens – Sanchez, L.A. Gonzalez // Journal of Sedimentary Research. - 2009. – pp. 363-376.
137. Duggirala, P.Y. Formation of calcium carbonate scale and control strategies in continuous digesters / P.Y. Duggirala // CD del II Coloquio Internacional sobre Celulosa de Eucalipt. – Concepcion, Chile, 2005. – P. 1-34.
138. Farnklin, N.M. pH-dependent toxicity of copper and uranium to a tropical freshwater alga (*Chlorella sp.*) / N.M. Farnklin, J.L. Stauber, S.J. Markich // Aquatic Toxicology. - 2000. - V. 48. - P. 275-289.
139. Fawel, J. Contaminants in drinking water. Environmental pollution and health / J. Fawel, Nieuwenhuijsen // British medical bulletin. - 68(1). - 2003. – pp. 199-208.
140. Fyfe, W.S. The calcite-aragonite problem. In dolomitization and Limestone diagenesis / W.S. Fyfe, J.L. Bischoff // A symposium SEMP Spec. Pub. - 1965. – pp. 3-13.

141. Jamieson J.C. Phase equilibrium in the system calcite-aragonite // The journal of chemical physics. – 1953. – pp. 1385-1390.
142. Gromoglasov, A.A. Water preparation: processes and devices / A.A. Gromoglasov, A.F. Kopylov, A.P. Pilschikov– M.: Energoatomizdat, 1990. - 198 p.
143. Hodgson, A. Influence of Nephrotoxicity on Urinary Excretion of uranium / A. Hodgson, P.G.D. Pellow, G.N. Stradling. - Chilton: HPA, 2007. – 32 pp.
144. Klepetsanis, P. The inhibition of calcium carbonate formation in aqueous supersaturated solutions. Spontaneous precipitation and seeded crystal growth / P. Klepetsanis, A. Kladi, T. Ostvold, C. Kontoyiannis, P. Koutsoukos, Z. Amjad, M. Reddy. - Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. - Pp. 123-137.
145. Kurttio, P. Kidney toxicity of ingested uranium from drinking water / P. Kurttio, A. Harmoinen, I. Saha, L. Salonen, Z. Karpas, H. Komulainen, A. Auvinen //American journal of kidney diseases. - 2006. - Pp. 972-982.
146. Ogino, T. The formation and transformation mechanism of calcium carbonate in water / T. Ogino, T. Suzuki, K. Sawada // Geochimica et cosmochimica acta. - Vol. 51. - no 10. - 1987. - Pp. 2757-2767.
147. Puzanov, A.V. The peculiarities of macro- and microelemental composition of drinking water in the North Kazakhstan oblast'as an environmental factor affecting human health / A.V. Puzanov, S.V. Baboshkina, I.N. Likhodumova // The regional workshop. Strengthening the Collaboration between the AASA Clean Water Programme and the IAP Water Programme. - Barnaul. - Pp.71-75.
148. Rushdi, A. The effects of magnesium-to-calcium rations in artificial seawater. At different ionic products, upon the induction time, and the mineralogy of calcium carbonate: a laboratory study. / A. R. Rushdi, Pytkowicz, E. Suess, C. Chen // Geologische Rundschau. - vol. 81. - no. 2. - Pp. 571-578.
149. Salem, H.M. Heavy metals in drinking water and their environmental impact on human health / H.M. Salem, E.A. Eweida, A. Farag //ICENM2000. - Egypt, 2000. - Pp. 542-556.

150. Sawada, K. The mechanisms of crystallization and transformation of calcium carbonates / K. Sawada // *Pure and Applied Chemistry*. -1997. - Vol. 69. - No.5. - Pp. 921-928.
151. Sengupta, P. Potential health impacts of hard water / P. Sengupta // *International journal of preventive medicine*. - 2013. - 4(8). - Pp. 866-875
152. Soktoev, B. R. Geochemical features of limescale as an indicator of drinking water quality and factor of influence on public health / B. R. Soktoev, L. P. Rikhvanov, N. V. Baranovskaya, S. Z. Arynova // *MedGeo2015: Book of Abstracts of the 6th International Conference on Medical Geology*. – Aveiro: UA Editora, 2015. – P. 108.
153. Spanos, N. Kinetics of precipitation of calcium carbonate in alkaline pH at constant supersaturation / N. Spanos, P.G. Koutsoukos // *Journal Physical Chemistry*. - 1998. – Pp. 6679-6684.
154. Stashans, A. A new insight on the role of Mg in calcite / A. Stashans, G. Chamba // *International Journal of Quantum Chemistry*. - vol. 111. - no. 10. - Pp. 2436-2443.
155. Tapkhaeva, A.E. Geochemical specialization of limescale of water sources illustrated by two regions in Siberia / A.E. Taphaeva, T.T. Taisaev, L.P. Rikhvanov et al. // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2010. – Vol.3. - № 4. – P. 498-507.
156. Weiss, Ch. A. Influence of temperature on calcium carbonate polymorph formed from ammonium carbonate and calcium acetate / Ch. A. Weiss, K. Torres+Cancel, R. D. Moser, P.G. Allison, E.R. Gore, M.Q. Chandler, P.G. Malone // *Journal of nanotechnology and smart materials*. - 2014. - Pp. 1-6.