

## КОМПЛЕКСНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕК ТЕЧА, ИСЕТЬ И МИАСС\*

В. Н. Чуканов, А. В. Трапезников, А. А. Екидин, А. В. Вожаков, В. Г. Лисовских,  
В. Н. Трапезникова, И. В. Яρμοшенко

Комплексное экологическое исследование рр. Теча, Исеть и Миасс в пределах Курганской области выполнялось в соответствии с Государственной программой по радиационной реабилитации Уральского региона, рассчитанной на четыре года.

Работы первого года велись по четырем блокам.

Первый блок включал гидрологические исследования рр. Теча, Исеть, Миасс и изучение гидрологических характеристик территории бассейна этих рек в пределах Курганской области. В результате выполненных работ:

- определены характеристики гидравлического режима, гидравлические и морфометрические характеристики потоков и русел;
- выполнена оценка средних многолетних минимальных 95 % обеспеченности значений расходов воды для контрольных пунктов;
- рассчитаны створы 80–90 % смещения потоков от места выпуска в зависимости от расходов воды в потоках;
- установлен режим затопления пойм;
- дана гидрохимическая характеристика поверхностных вод;
- собран и проанализирован материал по гидрогеологическим условиям территории бассейна рр. Теча, Исеть и Миасс, литологическому и фациальному составу водоупорных и водовмещающих пород.

Результаты работ необходимы для прогнозирования распределения и миграции радионуклидов и тяжелых металлов с целью разработки реабилитационных мероприятий.

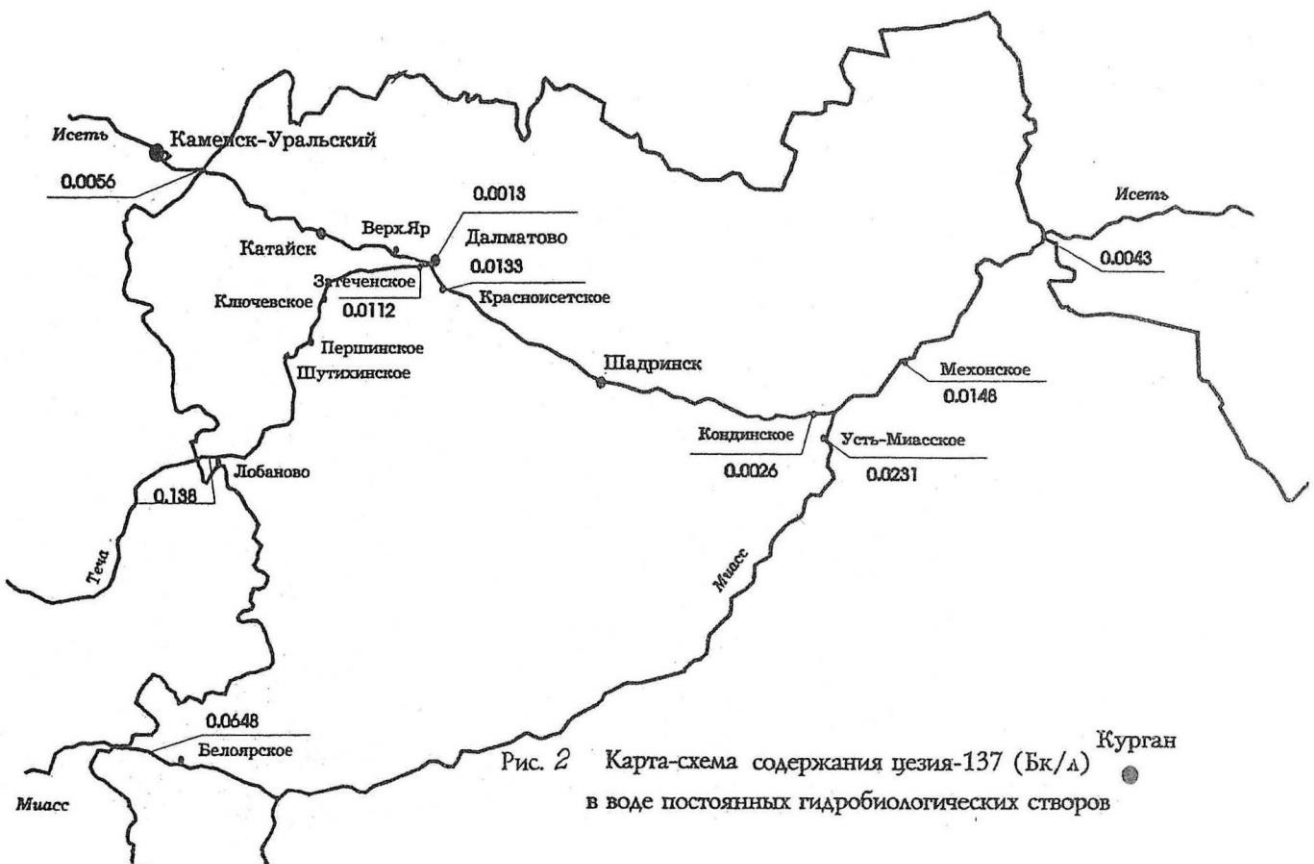
Второй блок – комплексное экологическое исследование водных систем.

Объект исследования: вода, донные отложения, гидробионты. Задача исследования: определение уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , в отдельных пробах  $^{239}\text{Pu}$ , в воде рек трития, тяжелых металлов.

Отбор проб произведен в 10 основных створах рр. Теча, Исеть и Миасс. Местоположения створов выбирались таким образом, чтобы, во-первых, вычленив поступление поллютантов в объекты речной экосистемы с территорий соседних областей (Свердловской и Челябинской) и, во-вторых, определить влияние на состояние р. Исети ее главных на территории Курганской области притоков – Течи и Миасса. Выбранные расположения основных створов представлены на схематической карте (рис. 1). В каждом основном створе отбирались пробы воды, донных отложений, речной растительности. На р. Тече в 15 дополнительных створах отбирались донные отложения и в 12 дополнительных – пробы воды.

\* Печатается по публикации: В. Н. Чуканов, А. В. Трапезников, А. А. Екидин, А. В. Вожаков, В. Г. Лисовских, В. Н. Трапезникова, И. В. Яρμοшенко. Комплексное экологическое исследование рек Теча, Исеть и Миасс // Радиация, экология, здоровье. Средний Урал: сб. науч. тр. Ч. 1. – Екатеринбург : УрО РАН, 1994.

Уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  во всех пробах воды (рис. 2) ниже ДКБ (555 Бк/л) и лежит в пределах от 0,0013 до 0,31 Бк/л. Временная динамика концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в р. Тече от 0,011 до 0,31 Бк/л.



Концентрация  $^{90}\text{Sr}$  (рис. 3) в воде рр. Теча, Исеть и Миасс лежит в интервале от 0,12 до 9,1, концентрация  $^{239}\text{Pu}$  во всех пробах воды меньше 0,005 Бк/л, что также меньше ДКБ. Из всех определяемых радионуклидов в пробах воды наиболее критичным является  $^{90}\text{Sr}$ . Максимальное содержание  $^{90}\text{Sr}$  в р. Тече зафиксировано на уровне 0,7 ДКБ. Концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в воде р. Исети по всей длине после впадения р. Течи намного больше, чем до ее впадения.



Рис. 3. Карта-схема содержания стронция-90 (Бк/л) в воде постоянных гидробиологических створов

Макрофиты: концентрация  $^{137}\text{Cs}$  (рис. 4) в исследованных образцах из р. Исети находится в пределах от 4 до 15 Бк/кг.

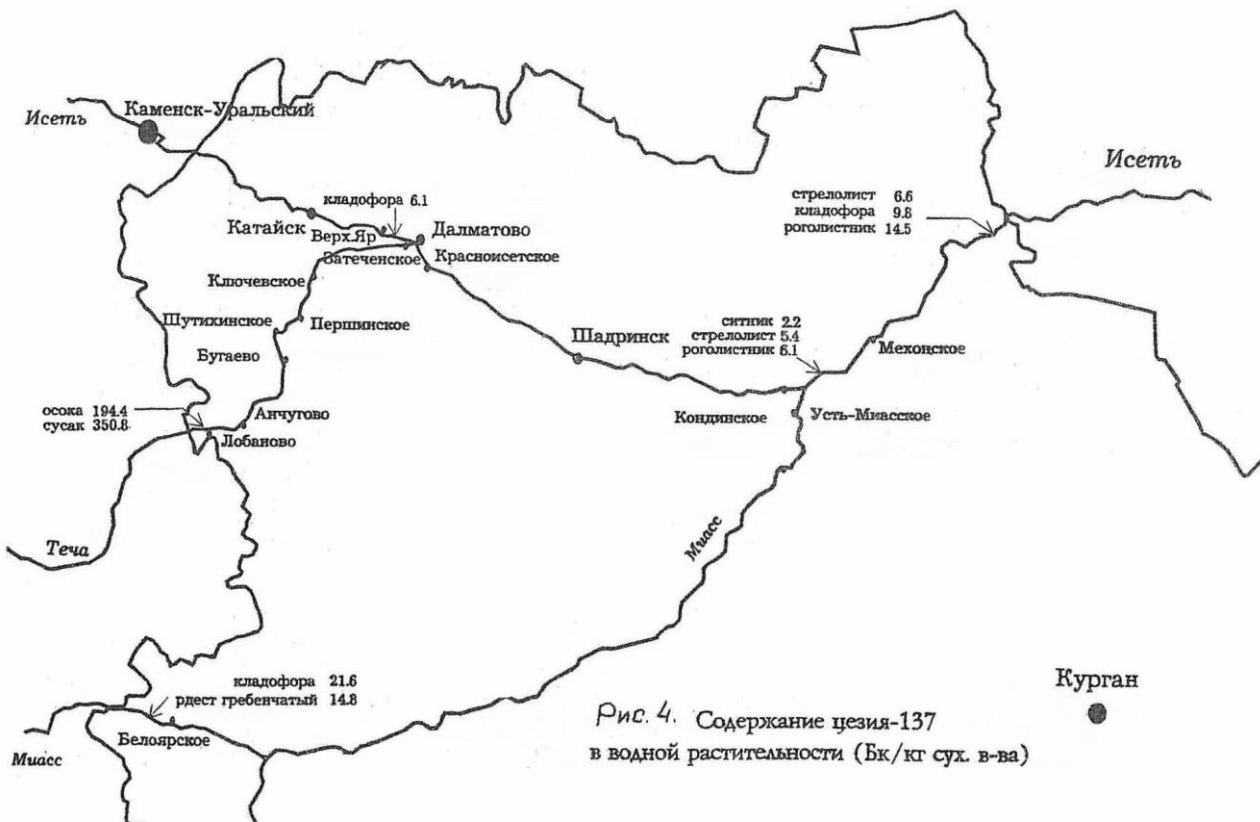


Рис. 4. Содержание цезия-137 в водной растительности (Бк/кг сух. в-ва)

Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в кладофоре, отобранной на различных участках р. Исети, изменяется незначительно, что может говорить о малом изменении среднесрочных концентраций  $^{137}\text{Cs}$  в воде данных участков. Концентрация  $^{90}\text{Sr}$  (рис. 5) в водной растительности изменяется значительно, чем содержание  $^{137}\text{Cs}$ . До впадения р. Течи содержание  $^{90}\text{Sr}$  для различных видов находится в пределах от 7,8 до 22 Бк/кг. Ниже впадения р. Течи содержание  $^{90}\text{Sr}$  для различных видов находится в пределах от 113 до 65 Бк/кг. Минимальное содержание  $^{90}\text{Sr}$  обнаружено в кладофоре створа N1 – 7,8 Бк/кг и максимальное в кладофоре створа N8 – 985 Бк/кг.

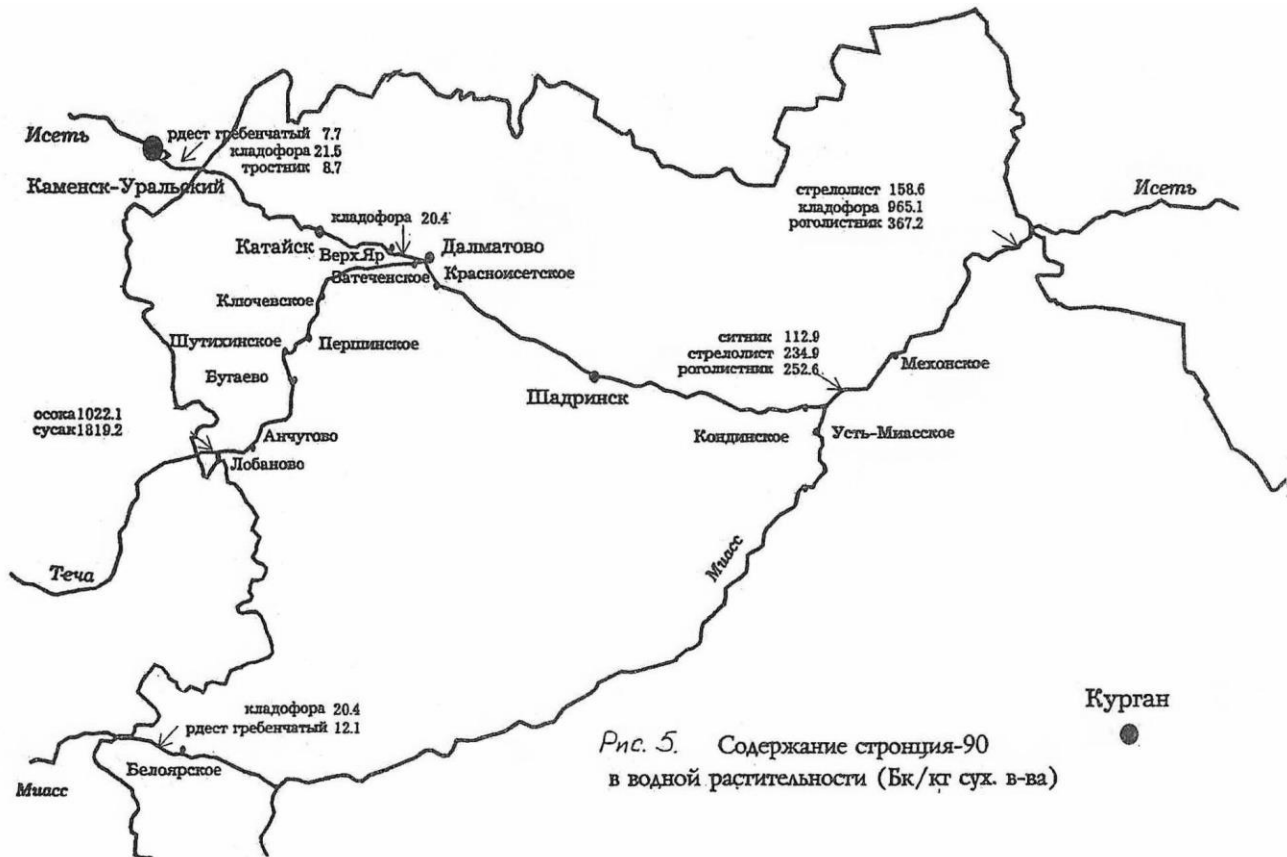


Рис. 5. Содержание стронция-90 в водной растительности (Бк/кг сух. в-ва)

Было обнаружено, что на р. Миасс содержание  $^{137}\text{Cs}$  в кладофоре в 2 – 3 раза выше по сравнению с кладофорой, отобранной на р. Исети, что может указывать на большие среднесрочные концентрации этого элемента в воде р. Миасс по сравнению с р. Исетью. В то же время концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в рдесте гребенчатом в верхнем створе р. Миасс и верхнем створе р. Исети сравнимы (12 и 21 Бк/кг).

Макрофиты р. Течи характеризуются самыми большими значениями содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сравнении с макрофитами других рек, что обусловлено значительными активностями донных отложений реки и сравнительно большой концентрацией радионуклидов в ее воде.

Проанализировано содержание  $^{137}\text{Cs}$  в рыбе рр. Теча, Миасс, Исеть, максимальные концентрации обнаружены в тушках образцов из р. Течи и составляют 26,48 Бк/кг (в костях 6,83), что позволяет употреблять в пищу примерно до 400 кг в год, не превышая допустимого поступления в организм  $^{137}\text{Cs}$ .

Донные отложения. Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в донных отложениях р. Исети мало меняется по длине реки и лежит в интервале от 1,2–10 Бк/кг. Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в тех же самых пробах во многих случаях на порядок превосходит концентрацию  $^{137}\text{Cs}$  и изменяется от 14 до 60 Бк/кг.

То же самое относится и к донным отложениям р. Миасс. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в них достигает 10 Бк/кг, а  $^{90}\text{Sr}$  – 50 Бк/кг.

В донных отложениях р. Течи (рис. 6, 7) значения содержания  $^{137}\text{Cs}$  находятся в интервале от 120 до 905 Бк/кг и в большинстве случаев несколько превосходят значения содержания  $^{90}\text{Sr}$  в тех же самых пробах. Исключения составляют последние 5–10 км.

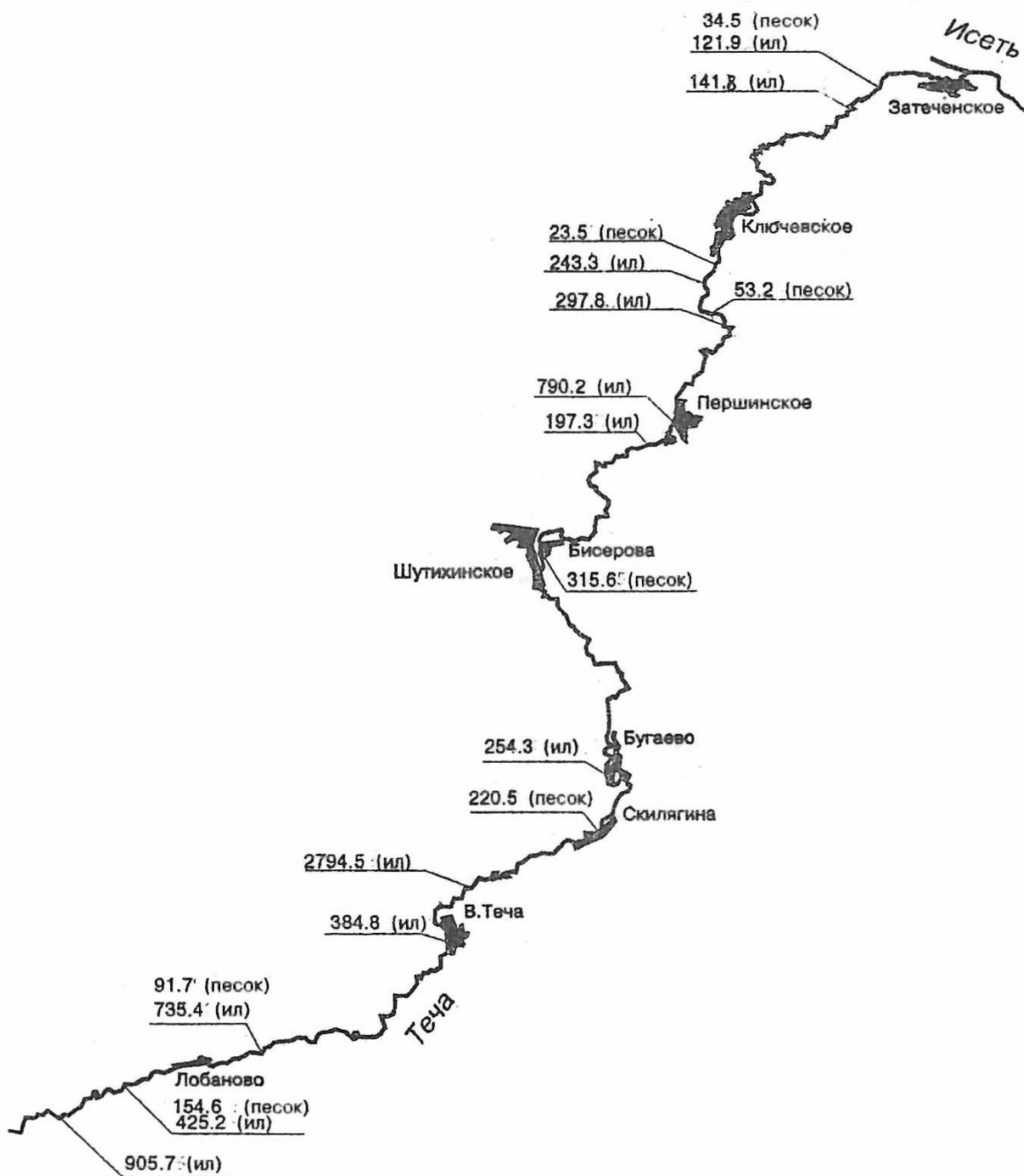


Рис. 6. Концентрация цезия ( $\text{Cs-137}$ ) в грунтах реки Теча (Бк/кг)

Была построена экспоненциальная убывающая модель распределения  $^{137}\text{Cs}$  в донных отложениях вниз по течению р. Течи. Для донных отложений песчаного типа имеет вид:

$$C_{\text{Cs-137}} = \exp(5,56 - 0,024 x),$$

где  $C_{\text{Cs-137}}$  – концентрация  $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг;

$x$  – расстояние по реке от границы Челябинской и Курганской областей, км.

Для илистых донных отложений:

$$C_{\text{Cs-137}} = \exp(6,63 - 0,017 x).$$

Значения содержания  $^{90}\text{Sr}$  в донных отложениях р. Течи имеют значительный разброс и в целом не убывают вниз по течению реки.

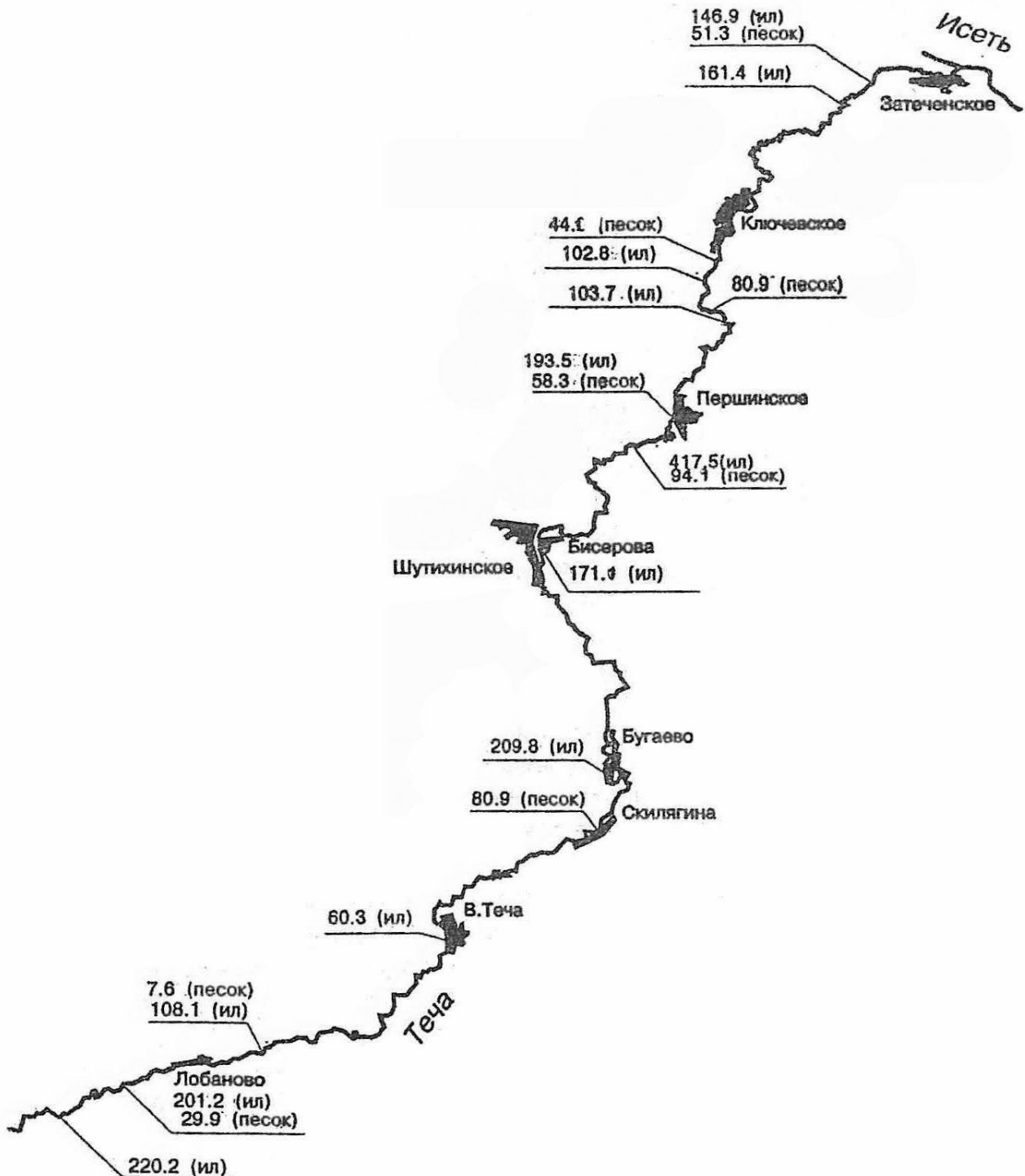


Рис.7. Концентрация стронция ( $\text{Sr-90}$ ) в грунтах реки Теча (Бк/кг)

Содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пробах питьевой воды, отобранных в населенных пунктах, расположенных на берегу р.Течи, на порядок ниже, чем в речной воде, и значительно меньше ДКБ.

Анализы проб воды, донных отложений Исети и Миасса показали объяснимые высокие значения содержания тяжелых металлов. Интересные, на наш взгляд, данные получили по концентрации металлов в донных отложениях р. Течи.

В отсутствии организованных источников сброса наблюдается значительный рост (до 5 раз) концентрации многих элементов от створа на границе Курганской и Челябинской областей до устья рек. Причем хорошо выделяются группы элементов с одинаковым характером изменения. Так:

- Cu, Pb, Cd корреляции друг с другом и другими элементами не обнаруживают;
- Be, Ni, Cr коррелируют между собой;
- Fe, Al, Mn, Mg, Zn, Sr, Co коррелируют между собой.

Третий блок – радиоэкологические исследования почвенно-растительного покрова и картирование пойм рр. Теча и Исеть. Работа в первой части блока включает подбор пробных площадок, закладку почвенных разрезов, подбор контрольных участков вне зон влияния на них р. Течи.

Определялись:

- тип почв;
- видовой состав растительного покрова.

Отбор проб в почве производился послойно с шагом 5 см до глубины 30 см, при этом определялась площадь образца почв. В результате выявлено вертикальное распределение радионуклидов и основное депо их нахождения. В большинстве случаев это первые 5–10 см.

Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в отобранных образцах изменялось от 100 до 2 000 Бк/кг, что значительно ниже уровня твердых радиоактивных отходов. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  находится в интервале от нескольких сотен до 1 500 Бк/кг.

Оценен уровень поверхностного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на пробных участках в пределах Курганской области (рис. 8).

На верхних участках р. Течи (д. Анчугово) загрязнение  $^{90}\text{Sr}$  определяется на уровне 2,1 Ки/км<sup>2</sup>. В районе с. Затеченское (вблизи впадения р. Течи в р. Исеть) загрязненность достигает 11,7 Ки/км<sup>2</sup>. Плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  (на границе Курганской и Челябинской областей – 3 Ки/км<sup>2</sup>) по течению реки в целом уменьшается до 0,5 Ки/км<sup>2</sup> и вновь возрастает до 1 Ки/км<sup>2</sup>.

Определены накопление радионуклидов растениями и коэффициенты биологических переходов радионуклидов.

Разные виды растений неодинаково накапливают  $^{90}\text{Sr}$ . Для крапивы коэффициент биологического перехода 12–17 и содержание  $^{90}\text{Sr}$  в крапиве 6 000–7 000 Бк/кг. Для мать-и-мачехи коэффициент биологического перехода 0,2–0,3 и концентрация  $^{90}\text{Sr}$  составляет 90–120 Бк/кг. Коэффициенты биологического перехода  $^{137}\text{Cs}$  для различных видов 0,01–0,03.

Картирование поймы р. Течи включает в себя измерение плотности потока альфа- и бета-частиц и мощность экспозиционной дозы гамма-излучения. Исследования проведены в девяти населенных пунктах, расположенных на берегу р. Течи и в девяносто трех створах в пойме реки.

В каждом створе измерения проводились по четырем профилям длиной 100 м от уреза воды, расстояние между которыми составляет 20 м. Общее количество измерений составляет более 10 000 точек.

Наибольшие средние значения МЭД (до 100 мкР/час) в створах наблюдаются по берегам р. Течи, выше д. Скилягина (первая треть длины р. Течи в пределах Курганской области). Ниже средние значения МЭД значительно уменьшаются и стабилизируются на уровне 18 мкР/час на последних 20 км.

Наибольшие показатели МЭД зафиксированы на заливаемых берегах. Высокие значения МЭД характерны для хвойных посадок выше д. Скилягина. Значения МЭД на культивируемых землях значительно не изменялись на всем протяжении реки и принимали наименьшие из зарегистрированных значений.





Как и в случае с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в донных отложениях, изменение МЭД в пойме р. Течи по течению реки хорошо моделируется убывающей экспоненциальной функцией:

$$C_T = \exp(3,75 - 0,012x),$$

где  $C_T$  – мощность экспозиционной дозы гамма-излучения.

При измерении плотности потока бета-частиц наблюдалась значительная пятнистость бета-активности поверхности. Наибольшие значения плотности потока бета-частиц достигаются выше д. Лобанова (до 20,4 частиц/см<sup>2</sup>мин). После д. Лобанова средние значения плотности потока бета-частиц уменьшаются и стабилизируются на уровне 6–7,3 частиц/см<sup>2</sup>мин.

При анализе результатов альфа-съемки не отмечены изменения плотности потока альфа-частиц по течению реки в отличие бета- и гамма-съемки.

При обследовании поймы Исети использовались дозиметрические и спектрометрические методы оценки радиационной обстановки. Исследования проводились в двадцати пяти створах в пойме Исети.

Установлено: по всей длине поймы р. Исети после устья р. Течи концентрация  $^{137}\text{Cs}$  меньше, чем естественного радионуклида  $^{40}\text{K}$  и, следовательно, радиационный фон формируется в основном естественными радионуклидами. Площадь, где плотность поверхностного загрязнения составляет 0,5 Ки/км<sup>2</sup>, ограничена участком от устья р. Течи до с. Красноисетского (5 км ниже по течению). При удалении от устья р. Течи поверхностная активность уменьшается по экспоненциальной зависимости и после с. Нечунаево (80 км ниже устья р. Течи) становится меньше, чем 0,1 Ки/км<sup>2</sup>. На расстоянии 140 км ниже устья р. Течи  $^{137}\text{Cs}$  не обнаруживается ни лабораторной спектрометрией проб, ни полевой спектрометрией.

Четвертый блок – состояние и динамика лесных экосистем, влияние антропогенных нагрузок на изменение водоохранно-защитной роли лесов, расположенных в долинах рр. Теча и Миасс. В результате выполнения работ:

- установлены водно-физические и стокорегулирующие свойства почв;
- в районе расположения рр. Теча и Миасс выделено 12 лесных генетических резерватов, цель которых – сохранение генетического фонда основных лесообразующих видов как источника высококачественных семян и посадочного материала для воспроизводства лесов в будущем;
- установлена динамика лесного фонда;
- предложены наиболее совершенные для сохранения водоохранно-защитной роли лесов мероприятия и способы максимального сохранения и увеличения водных ресурсов рек.

## Основные результаты и выводы

Получены данные для прогнозирования распределения и миграции радионуклидов. Определены концентрации и характер изменения  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в воде, донных отложениях и гидробионтах рр. Теча и Исеть. Из всех определяемых радионуклидов наиболее критичным является  $^{90}\text{Sr}$ . Зафиксированные концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в воде р. Миасс сравнимы по порядку с концентрацией  $^{137}\text{Cs}$  в воде р. Течи.

Установлены высокие значения поверхностного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  на пробных площадках в долине р. Течи. Для принятия статуса загрязненной территории необходимы дальнейшие исследования.

Все пробы почвы и донных отложений по активности  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  не подходят в разряд твердых радиоактивных отходов. Во всех пробах воды концентрация  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  ниже ДКБ.