



Член Саморегулируемой организации «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»

Заказчик – Федеральное государственное казенное учреждение  
«Дирекция по организации работ по ликвидации накопленного вреда окружающей среде, а также  
по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений полигона  
«Красный Бор»

Выполнение работ по проектированию ликвидации  
накопленного вреда окружающей среде на территории  
городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области

## **ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

### **Раздел 12 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами»**

#### **Часть 5 «Гидрогеологическое моделирование»**

**5/2020ЕИ-ГГМ**

**Том 12.5**

| Изм. | № док. | Подп. | Дата     |
|------|--------|-------|----------|
| 1    | 01-22  |       | 23.06.22 |
| 2    | 09-22  |       | 22.09.22 |



Член Саморегулируемой организации «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»

Заказчик – Федеральное государственное казенное учреждение  
 «Дирекция по организации работ по ликвидации накопленного вреда окружающей  
 среде, а также по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений полигона  
 «Красный Бор»

Выполнение работ по проектированию ликвидации  
 накопленного вреда окружающей среде на территории  
 городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области

## ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

### Раздел 12 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами»

#### Часть 5 «Гидрогеологическое моделирование»

**5/2020ЕИ-ГГМ**

Начальник службы проектов в сфере экологии

А.И. Поляков

Главный инженер проекта

С.Ю. Жабриков

| Изм. | № док. | Подп. | Дата     |
|------|--------|-------|----------|
| 1    | 01-22  |       | 23.06.22 |
| 2    | 09-22  |       | 22.09.22 |

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Член Саморегулируемой организации Ассоциации проектировщиков  
«СтройОбъединение»  
Регистрационный номер в реестре: 290910/354 Дата регистрации: 29.09.2010

**Заказчик – Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Федеральный экологический оператор»**

**«Выполнение работ по проектированию ликвидации  
накопленного вреда окружающей среде  
на территории городского округа г. Усолье-Сибирское  
Иркутской области»**

## **ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

**Раздел 12 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными  
законами»**

**Часть 5 «Гидрогеологическое моделирование»**

**Том 12.5**

**5/2020ЕИ-ГГМ**

**2022 г.**

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Член Саморегулируемой организации Ассоциации проектировщиков  
«СтройОбъединение»  
Регистрационный номер в реестре: 290910/354 Дата регистрации: 29.09.2010

**Заказчик – Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Федеральный экологический оператор»**

**«Выполнение работ по проектированию ликвидации накопленного  
вреда окружающей среде на территории городского округа  
г. Усолье-Сибирское Иркутской области»**

## **ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

**Раздел 12 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными  
законами»**

**Часть 5 «Гидрогеологическое моделирование»**

**Том 12.5**

**5/2020ЕИ-ГГМ**

Генеральный директор

А.В. Мордвинов

Главный инженер проекта

С.А. Левашкин

2022 г.

|               |              |              |
|---------------|--------------|--------------|
| Инов. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
|               |              |              |



**ООО «Тингидис»**

www.TINGIDIS.com

**E-mail:** info@tingidis.com

**Тел:** +7 (495) 740-39-47

**Регистрационный номер в реестре СРО:**

**СРО-П-011-16072009**

**Адрес:** 117545, г. Москва, 1-й Дорожный проезд, д. 6, стр. 3, эт. 4, оф. 8

**«Выполнение работ по проектированию ликвидации  
накопленного вреда окружающей среде  
на территории городского округа г. Усолье-Сибирское  
Иркутской области. Этап 2»**

**ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

**«Гидрогеологическое моделирование»**

**210121-П-2-ГГП**

| Изм. | №док. | Подп. | Дата |
|------|-------|-------|------|
|      |       |       |      |
|      |       |       |      |
|      |       |       |      |



**TINGIDIS**

**ООО «Тингидис»**

www.TINGIDIS.com  
E-mail: info@tingidis.com  
Тел: +7 (495) 740-39-47

Регистрационный номер в реестре СРО:  
Адрес: 117545, г. Москва, 1-й Дорожный  
проезд, д. 6, стр. 3, эт. 4, оф. 8

**«Выполнение работ по проектированию ликвидации  
накопленного вреда окружающей среде на территории  
городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской  
области. Этап 2»**

**ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

**«Гидрогеологическое моделирование»**

**210121-П-2-ГГП**

| Изм. | №док. | Подп. | Дата |
|------|-------|-------|------|
|      |       |       |      |
|      |       |       |      |
|      |       |       |      |

**Генеральный директор**

**Л. С. Томс**

**Главный инженер**

**А. А. Кондратюк**

## Список исполнителей

от ООО «Тингидис»

| Ф.И.О.         | Должность            | Подпись | Дата |
|----------------|----------------------|---------|------|
| Кондратюк А.А. | Руководитель проекта |         |      |
| Томс Л.С.      | Ген. директор        |         |      |
| Беляков М.В.   | Гл. гидрогеолог      |         |      |
| Томс Г.А.      | Гидрогеолог          |         |      |
| Васильева Д.Э. | Инженер 1 категории  |         |      |

Согласовано

Взам. Инв. №

Подп. № дата

Инв. № подл.

|            |                |      |        |       |       |
|------------|----------------|------|--------|-------|-------|
|            |                |      |        |       |       |
| Изм.       | Колуч.         | Лист | № док. | Подп. | Дата  |
| Разработал | Беляков М.В.   |      |        |       | 11.22 |
| Проверил   | Васильева Д.Э. |      |        |       | 11.22 |
|            |                |      |        |       |       |
| Н. Контр.  | Томс Г.А.      |      |        |       | 11.22 |
| ГИП        | Кондратюк А.А. |      |        |       | 11.22 |

5/2020ЕИ-ГГМ-И

Список исполнителей.

Стадия Лист Листов

П 1 1

**TINGIDIS**

## Содержание тома

| Обозначение                  | Наименование   | Примечание |
|------------------------------|--|------------|
| 1                            | 2  | 3          |
| 210121-П-2-ГГП-И             | Список исполнителей  |            |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-С               | Содержание тома  |            |
| <b>Текстовая часть</b>       |  |            |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ              | Пояснительная записка  |            |
| <b>Прилагаемые документы</b> |  |            |
| Приложение 1                 | Регистрационные данные программного комплекса и сертификат соответствия  |            |
| Приложение 2                 | Техническое задание  |            |
| Приложение 3                 | Выписка из реестра членов саморегулируемой организации   |            |
| Приложение 4                 | Информационное письмо в отношении эффективности работы щавелево-алюмосиликатного сорбента для кадмия и мышьяка |            |


Согласовано

Взам. Инв. №

Подп. № дата

Инв. № подл.

### 5/2020ЕИ-ГГМ -С

| Изм.       | Колуч.      | Лист | № док. | Подп. | Дата  | Содержание тома   |      |        |
|------------|-------------|------|--------|-------|-------|---|------|--------|
| Разработал | Беляков М.В |      |        |       | 11.22 |   |      |        |
| Проверил   | Томс Л.С.   |      |        |       | 11.22 |   |      |        |
| Н. Контр.  | Томс Г.А.   |      |        |       | 11.22 |   |      |        |
| ГИП        | Кондратюк   |      |        |       | 11.22 |   |      |        |
|            |             |      |        |       |       | Стадия  | Лист | Листов |
|            |             |      |        |       |       | П   | 1    | 1      |
|            |             |      |        |       |       |  <b>TINGIDIS</b> |      |        |

# Содержание


|  |           |
|--|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1 Геолого-гидрогеологическая и инженерно-геологическая изученность района работ .....                                      | 11        |
| 1.2 Геологическое строение .....   | 12        |
| 1.3 Тектоника.....   | 14        |
| 1.4 Гидрогеологические условия .....   | 15        |
| 1.5 Режим подземных вод .....  | 29        |
| <b>2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «MODFLOW».....</b>  | <b>36</b> |
| <b>4 ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ОБЛАСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>5 ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ МОДЕЛИ.....</b>  | <b>45</b> |
| 5.0 Зона аэрации и поверхностные воды .....  | 48        |
| 5.1 Первый слой модели – водоносный горизонт объединенных четвертичных отложений .   | 52        |
| 5.2 Второй слой модели - слабопроницаемый маломощный горизонт элювиальных суглинков и глин в кровле юрских отложений .....   | 55        |
| 5.3 Третий слой модели - слабоводоносный горизонт в трещиноватых песчаниках второй пачки Черемховской свиты нижней юры ..... | 57        |
| 5.4 Четвертый слой модели - слабопроницаемые отложения первой пачки Черемховской свиты нижней юры.....                       | 57        |
| 5.5 Пятый слой модели - зона трещиноватости доломитов в отложениях нижней подсвиты ангарской свиты нижнего кембрия .....     | 57        |
| 5.6 Шестой слой модели - слабоводоносные карбонатные отложения ангарской свиты нижнего кембрия.....                          | 58        |
| <b>6 КАЛИБРОВКА РАСЧЁТНОЙ СХЕМЫ МОДЕЛИ.....</b>  | <b>61</b> |
| <b>7 РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ. АНАЛИЗ БАЛАНСА МОДЕЛИ .....</b>                        | <b>87</b> |
| <b>8. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....</b>   | <b>90</b> |
| 8.1 Ртуть (Hg).....  | 91        |
| 8.2 Мышьяк (As) .....  | 106       |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
| Согласовано |  |  |
|             |  |  |
|             |  |  |
|             |  |  |

Взам. Инв. №

Подп. № дата

Инв. № подл.

|            |      |              |       |       |       |                        |   |      |        |
|------------|------|--------------|-------|-------|-------|------------------------|---|------|--------|
|            |      |              |       |       |       | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ        |   |      |        |
| Изм        | Колу | Лис          | № док | Подп. | Дат   |                        |   |      |        |
| Разработал |      | Беляков М.В. |       |       | 11.22 | Пояснительная записка. | Стадия  | Лист | Листов |
| Проверил   |      | Томс Л.С.    |       |       | 11.22 |                        | П   | 1    | 145    |
|            |      |              |       |       |       |                        |   |      |        |
| Н. Контр.  |      | Томс Г.А.    |       |       | 11.22 |                        |   |      |        |
| ГИП        |      | Кондратюк    |       |       | 11.22 |                        |   |      |        |
|            |      |              |       |       |       |                        |  <b>TINGIDIS</b> |      |        |









## Введение

Целью работы является анализ существующих гидрогеологических условий территории промплощадки химического производства городского округа г. Усолье–Сибирское и прилегающих участков; разработка математической гидрогеологической модели и воспроизведение на модели существующих условий, а также прогноз изменения существующих гидрогеологических и гидрогеохимических условий территории накопленного вреда окружающей среде в результате предполагаемых работ для объекта: «Выполнение работ по проектированию ликвидации накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области. Этап 1 и 2».

Согласно проектным решениям ООО “Геотехпроект” мероприятия по ликвидации предусматриваются в два этапа. На первом этапе предусматривается пообъектный подход и выполняются мероприятия по изоляции и ликвидации для локальных объектов, таких как шламонакопитель, городской полигон отходов, станция нейтрализации сточных вод, территория промплощадки “Усольехимпром”. На втором этапе предусматриваются мероприятия по общему ограничению миграции ЗВ с всей территории в рассматриваемых границах.

Материалы работы могут быть использованы для дальнейшей проработки и обоснования проектных решений по устройству дренажных мероприятий, сорбционных завес, противодиффузионных экранов и т.д.

Для достижения поставленных целей ставились следующие задачи:

1. Анализ и обобщение материалов гидрогеологических условий исследуемой территории;
2. Разработка гидрогеологической модели существующих условий и ее калибровка;
3. Прогноз изменения гидродинамических условий в результате работ по рекультивации;
4. Прогноз изменения гидрогеохимических условий в результате работ по рекультивации первого этапа;
5. Прогноз изменения гидрогеохимических условий в результате работ по рекультивации второго этапа.

Для решения поставленных задач были выполнены: сбор и обобщение архивных материалов на территории, их анализ и оцифровка, построение геофильтрационной модели территории реконструкции и ее окрестностей и калибровка этой модели на основе всей доступной геолого-гидрогеологической информации. При этом были использованы данные инженерно-геологических изысканий исследуемой территории (735 скв. / 10971,5 п.м.).

Гидрогеологическое моделирование проводилось с использованием программы «ModFlow». Регистрационные данные программного комплекса и сертификат соответствия представлены в приложении 1.

|              |              |             |   |       |      |  |  |  |                 |      |
|--------------|--------------|-------------|---|-------|------|--|--|--|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв.№ | Для решения поставленных задач были выполнены: сбор и обобщение архивных материалов на территории, их анализ и оцифровка, построение геофильтрационной модели территории реконструкции и ее окрестностей и калибровка этой модели на основе всей доступной геолого-гидрогеологической информации. При этом были использованы данные инженерно-геологических изысканий исследуемой территории (735 скв. / 10971,5 п.м.). |       |      |  |  |  |                 |      |
|              |              |             | Гидрогеологическое моделирование проводилось с использованием программы «ModFlow». Регистрационные данные программного комплекса и сертификат соответствия представлены в приложении 1.   |       |      |  |  |  |                 |      |
|              |              |             |   |       |      |  |  |  | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |             |   |       |      |  |  |  |                 | 5    |
| Изм.         | Кол.         | Лист        | № док   | Подп. | Дата |  |  |  |                 |      |

На калиброванной геофильтрационной модели решались прогнозные геомиграционные задачи. Согласно заданию Заказчика в настоящем отчете рассмотрены прогнозные сценарии распространения по следующим основным компонентам и их соединениям:

1. Ртуть
2. Мышьяк
3. Кадмий
4. Никель
5. Свинец
6. Нефтепродукты

В ходе выполнения работ использовались и учитывались требования следующих сводов правил и стандартов:

1. СП 320.1325800.2017 «Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация»
  2. СП 104.13330.2016 – Инженерная защита территории от затопления и подтопления. Актуализированная редакция СНиП 2.06.15-85;
  3. СП 116.13330.2012 – Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003;
  4. Пособие к СНиП 2.06.15-85 – Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях;
  5. СП 22.13330.2016 – Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*;
  6. СП 131.13330.2020 – Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*;
  7. СП 250.1325800.2016 Здания и сооружения. Защита от подземных вод;
  8. СП 23.13330.2018 – Основания гидротехнических сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85 г;
  9. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2014 г. N 360 г. Москва "Об определении границ зон затопления, подтопления";
  10. Санитарные правила и нормы. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".
- Обзорная схема изучаемой территории и представлена на рисунке 1.

|  |              |              |   |       |      |                 |  |  |      |
|--|--------------|--------------|---|-------|------|-----------------|--|--|------|
| Взам. Инв.№  | Подп. и дата | Инв. № подл. | редакция СНиП 2.02.02-85 г;   |       |      |                 |  |  |      |
|  |              |              | 9. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2014 г. N 360 г. Москва "Об определении границ зон затопления, подтопления";                                   |       |      |                 |  |  |      |
|  |              |              | 10. Санитарные правила и нормы. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". |       |      |                 |  |  |      |
| Обзорная схема изучаемой территории и представлена на рисунке 1. |              |              |   |       |      |                 |  |  |      |
|  |              |              |   |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  | Лист |
|  |              |              |   |       |      |                 |  |  | 6    |
| Изм.   | Кол.         | Лист         | № док   | Подп. | Дата |                 |  |  |      |

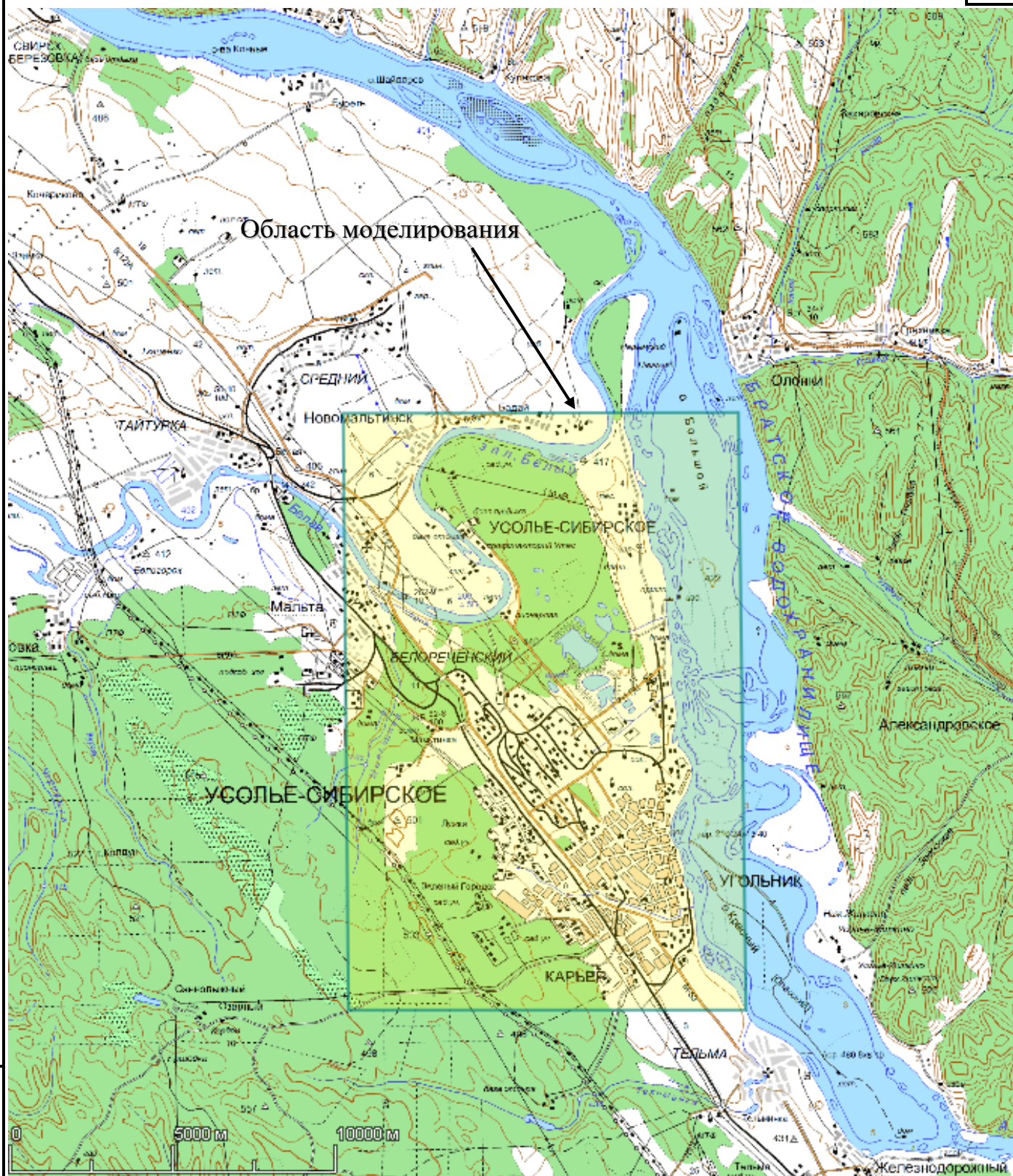


Рис.1. Карта-схема с положением моделируемой области относительно окружающей территории

|              |      |      |       |       |      |           |
|--------------|------|------|-------|-------|------|-----------|
| Взаим. Инв.№ |      |      |       |       |      |           |
|              |      |      |       |       |      |           |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |           |
|              |      |      |       |       |      |           |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |           |
|              |      |      |       |       |      |           |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист<br>7 |
|              |      |      |       |       |      |           |

Территория Иркутской области занимает юго-западную окраину Средне-Сибирского плоскогорья, значительную часть горной системы Восточного Саяна.

Горно-Тажная зона занимает район Восточно-Саянского нагорья с высотами 600-2500 м над уровнем моря.

**Рельеф.** Рельеф поверхности имеет в основном эрозионное происхождение. Аккумулятивные формы рельефа представлены выровненными днищами широких современных долин, а также остатками древних высоких террас. Поверхность промплощадки имеет незначительный уклон в восточном и юго-восточном направлении в сторону р. Ангара.

Река Ангара (Братское водохранилище) берет свое начало из озера Байкал и является основной водной артерией в районе. Долина реки ящикообразная, с наличием нескольких ясно выраженных террас. Сток р. Ангара зарегулирован режимом работы Иркутской ГЭС. Ход уровня воды определяется водностью года, сезонностью и запасами воды в системе Байкало-Ангарских водохранилищ. В районе г. Усолье-Сибирское выклинивается кривая подпора водохранилища Братской ГЭС.

**Почвы.** Участок изысканий расположен в центральной лесостепной и степной почвенно-биоклиматической области Восточно-Присянской провинции лесостепной зоны Иркутско-Черемховского лесостепного почвенного округа серых лесных, черноземов выщелоченных и дерново-подзолистых почв.

**Растительность.** Травянистая растительность представлена вдоль южной и восточной

|              |   |  |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|---|--|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Взаим. Инв.№ | террас. Сток р. Ангара зарегулирован режимом работы Иркутской ГЭС. Ход уровня воды определяется водностью года, сезонностью и запасами воды в системе Байкало-Ангарских водохранилищ. В районе г. Усолье-Сибирское выклинивается кривая подпора водохранилища Братской ГЭС. |  |      |       |       |      |                 |      |
|              | Подп. и дата  | Почвы. Участок изысканий расположен в центральной лесостепной и степной почвенно-биоклиматической области Восточно-Присянской провинции лесостепной зоны Иркутско-Черемховского лесостепного почвенного округа серых лесных, черноземов выщелоченных и дерново-подзолистых почв. |      |       |       |      |                 |      |
|              |   | Растительность. Травянистая растительность представлена вдоль южной и восточной  |      |       |       |      |                 |      |
| Инв. № подл. |   |  |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |   |  |      |       |       |      |                 | 8    |
|              | Изм.  | Кол.   | Лист | № док | Подп. | Дата |                 |      |

границы земельного участка лугово-лесным разнотравьем. Подлесок выражен плохо и представлен отдельными кустами душикии кустарниковой, шиповника даурского.

Травостой средний по высоте около 15-30 см. В травостое наиболее часто встречаются орляк обыкновенный, иван-чай, пырей ползучий, горошек мышиный, медуница мягчайшая и другие.

**Климат.** Своеобразие климата Иркутской области определяется его положением в центре материка, значительной приподнятостью над уровнем моря и сложностью орографии. Над территорией области в зимний период образуются мощные малоподвижные антициклоны, обуславливающие морозную малооблачную и тихую погоду с небольшим количеством осадков. Летом развивается циклоническая деятельность, с которой связано выпадение значительного количества осадков.

Характер погоды и метеорологический режим в зимний период определяется влиянием азиатского антициклона, летом - общим падением давления и активизацией циклонической

Из-за удалённости от морей климат Иркутска резко континентальный со значительными суточными и годовыми колебаниями температур воздуха. Разница летних и зимних температур может превышать 70°С. Среднегодовое солнце сияние составляет 318 дней.

Отрицательная температура устанавливается в конце октября (в среднем с 23 числа) и держится до начала апреля (в среднем до 6 числа). Зима суровая, затяжная - продолжительностью более 5 месяцев составлена по данным наблюдений на (конец октября - начало апреля). С приходом Сибирского антициклона устанавливается ясная, морозная и безветренная погода. Самый холодный месяц в году — январь, средняя температура составляет -17,8°С. Весна сухая, короткая; снег сходит в начале апреля, плюсовая температура устанавливается к началу мая. Лето в первой половине жаркое и сухое, на вторую половину приходятся затяжные дожди. Самый тёплый месяц — июль, средняя температура составляет 18,3°С. Осень тёплая и сухая; характерны резкие суточные перепады температур.

Незамерзающая полынья Ангараы — нижнего бьефа ГЭС вызывает регулярные туманы в осенне-зимний период, увеличение влажности воздуха в прибрежной зоне, и, как следствие, иней на деревьях. Влияние верхнего бьефа — водохранилища носит локальный характер.

Средние температуры холодного периода года от минус 15°С до минус 33°С, теплое от 17°С до 19°С. Среднее выпадение осадков около 400 мм в год. После постройки Иркутской ГЭС (площадь 185 км²), а позднее других гидроэлектростанций Ангарского каскада, климат в городе и окрестностях стал менее континентальным.

Период с отрицательными среднемесячными температурами продолжается с октября по апрель (7 месяцев). Переход к зиме происходит резко, устойчивые морозы наступают в конце октября - начале ноября.

Самым холодным месяцем является январь, средняя месячная температура - минус 18.5°С. Абсолютный минимум - минус 50°С.

|   |              |              |  |       |      |                 |  |      |
|---|--------------|--------------|--|-------|------|-----------------|--|------|
| Взаим. Инв.№  | Подп. и дата | Инв. № подл. | деревьях. Влияние верхнего бьефа — водохранилища носит локальный характер.   |       |      |                 |  |      |
|   |              |              | Средние температуры холодного периода года от минус 15°С до минус 33°С, теплого от 17°С до 19°С. Среднее выпадение осадков около 400 мм в год. После постройки Иркутской ГЭС (площадь 185 км <sup>2</sup> ), а позднее других гидроэлектростанций Ангарского каскада, климат в городе и окрестностях стал менее континентальным. |       |      |                 |  |      |
|   |              |              | Период с отрицательными среднемесячными температурами продолжается с октября по апрель (7 месяцев). Переход к зиме происходит резко, устойчивые морозы наступают в конце октября - начале ноября.  |       |      |                 |  |      |
| Самым холодным месяцем является январь, средняя месячная температура - минус 18.5°С. Абсолютный минимум - минус 50°С. |              |              |  |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
|   |              |              |  |       |      |                 |  | 9    |
| Изм.  | Кол.         | Лист         | № док  | Подп. | Дата |                 |  |      |



Переход температуры воздуха через 10°C, характеризующий начало летнего сезона, наступает во второй половине мая - начале июня. Наиболее высокие температуры приурочены к июлю - самому теплому месяцу, среднемесячная температура - 18.1°C. Абсолютный максимум 36.4°C.

**Сейсмичность района изысканий.** Согласно комплекту карт общего сейсмического районирования ОСР-2015, нормативная сейсмичность района составляет 7 баллов для периода повторяемости 500 лет (карта ОСР 2015-А), 8 баллов - для периода 1000 лет (ОСР 2015-В) и 9 баллов для периода 5000 лет (ОСР 2015-С).

Грунты, слагающие участок работ, по сейсмическим свойствам (согласно таблице 1 СП 14.13330.2014) относятся к II и III категории.

Участок работ представляет собой территорию промышленной площадки с накопленным экологическим вредом, оставшейся после деятельности предприятий «Усольехимпром» и «Усолье-Сибирский Силикон», которые относятся к объектам особо опасного производства. Бывшая основная деятельность предприятий - производство и реализация химической продукции производственно-технического назначения.

**Физико-географические условия участка работ.** Согласно схеме геоморфологического районирования, участок работ расположен на пологом водоразделе междуречья рек Ангара и Белая в северной части промышленной зоны г. Усолье-Сибирское. Поверхность промплощадки имеет незначительный уклон в восточном и юго-восточном направлении в сторону р. Ангара.

Основную часть территории занимает долина р. Ангара с её основным притоком - р. Белой. Преобладающие отметки водоразделов - 500-520 м. Отметки уровня воды в р. Ангаре - 402 м. Склоны долин крутые (15-25°).

Вершины и склоны возвышенностей покрыты в основном сосновым лесом с примесью березы. В распадках преобладает береза, осина, встречается ель.

Климат резко континентальный. Снежный покров устанавливается в начале ноября, а сходит в конце апреля. Толщина слоя снега 0,3-0,4 м на открытых местах и до 1 м в лесу. Сезонное промерзание грунтов - до 2 м. Годовое количество осадков - 390-420 мм. Из них 70-90 % приходится на июнь-октябрь. Испаряемость - 700 мм. По степени увлажнённости большая часть площади относится к зоне недостаточного увлажнения.

Из-за продолжительного зимнего циклона для рассматриваемого участка характерны низкий и крайне низкий микроклиматический потенциал формирования качества воздуха в приземном слое атмосферы. Из-за преобладания повторяемости ветров в юго-восточном (сентябрь-ноябрь) и южном (декабрь-август) направлениях атмосферное распространение загрязняющих веществ отмечается юго-восточное и южное.

Расход воды в р. Ангаре составляет в среднем 2520 м³/с. В период с июля по октябрь проходит 46% годового стока. Река Белая имеет среднегодовой расход воды 177 м³/с, который изменяется от 31 в феврале до 404 м³/с в августе.

|              |              |   |      |       |       |                 |      |
|--------------|--------------|---|------|-------|-------|-----------------|------|
| Взам. Инв.№  | Подп. и дата | на июнь-октябрь. Испаряемость – 700 мм. По степени увлажнённости большая часть площади относится к зоне недостаточного увлажнения.  |      |       |       |                 |      |
|              |              | Из-за продолжительного зимнего циклона для рассматриваемого участка характерны низкий и крайне низкий микроклиматический потенциал формирования качества воздуха в приземном слое атмосферы. Из-за преобладания повторяемости ветров в юго-восточном (сентябрь-ноябрь) и южном (декабрь-август) направлениях атмосферное распространение загрязняющих веществ отмечается юго-восточное и южное. |      |       |       |                 |      |
|              |              | Расход воды в р. Ангаре составляет в среднем 2520 м³/с. В период с июля по октябрь проходит 46% годового стока. Река Белая имеет среднегодовой расход воды 177 м³/с, который изменяется от 31 в феврале до 404 м³/с в августе.  |      |       |       |                 |      |
| Инв. № подл. |              |   |      |       |       | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |   |      |       |       |                 |      |
|              |              |   |      |       |       |                 |      |
|              | Изм.         | Кол.  | Лист | № док | Подп. |                 | Дата |



В геологическом строении рассматриваемого района принимают участие четвертичные, юрские и кембрийские отложения.

При изучении гидрогеологических условий изучаемой площадки особое внимание уделялось водоносным горизонтам в техногенных грунтах и водоносным горизонтам подземных вод в четвертичных отложениях.

### 1.1 Геолого-гидрогеологическая и инженерно-геологическая изученность района работ

Территория изучалась, начиная с 1936 года. Инженерно-геологические изыскания связывались с началом проектирования и строительства объекта Усольского химкомбината, а также с последующим его изучением в связи с ртутным загрязнением от производственной деятельности и закрытием производства.

Одной из первых работ инженерно-геологической направленности, являются исследования, выполненные Госхимпроектом при проектировании и строительстве Усольского химкомбината в г. Усолье-Сибирское в начале 60-х годов XX-го столетия. Ценнейшие геологические сведения по району приведены в отчете В.Е. Орлова, Л.С. Полюха и В.Ф. Распутина (1969 г.).

Специальные работы по исследованию геологической среды начались в конце 60-х годов. Начиная с 1973 г., выходят обобщения по результатам контроля за использованием и охраной подземных вод по южной части Иркутской области и Усольского района (Никифорова и др., 1972 г.; Полух и др., 1973 г.; Овчинникова и др., 1978 г.). В отчёте ПО «Иркутскгеология» и ИЗК РАН (Иванилова и др., 1980 г.) сделаны обобщения по загрязнению подземных вод основных промышленных и сельскохозяйственных площадей Иркутской области.

Ценный материал о состоянии геологической среды накопился при ведении объектного мониторинга недр. По многим из них ранее проводились режимные наблюдения с периодическим обобщением материала (Государственный доклад, 1997-2005; Синьков, 1972 г., 1977 г.; Селигова, 1969 г.; Блохин и др., 1993 г., 1997 г.; Дробышевская и др., 1992 г.; Бурдуковский и др., 1995 г.; Кобиляцкая и др., 1992 г.; Шестаков, 1999 г.; Дробышевская, 2000 г. и др.). Все доступные материалы были использованы при построении и калибровке геофильтрационной модели.

Оценка гидрогеологической ситуации, охватывающая в основном грунтовые воды покровных четвертичных отложений, и, в меньшей мере, подстилающих докайнозойских пород, приводится в отчетах по результатам режимных наблюдений и гидрогеологическому мониторингу за период с 1992 - 2007 гг., проводимых Ангарской геологической экспедицией (Кантур, 1992 г.; Паутов, 1993 г., Паутов, 1994 г. и др.).

Одной из первых работ по оценке ртутноносности рыхлых отложений на территории Усольского ПО «Химпром» является работа, выполненная под руководством С.М. Лаврова (Лавров, Косарев, 1987 г.). Вопросами загрязнения ртутью природных сфер, в том числе и на территории

|              |              |              |      |      |      |       |       |      |      |                 |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----------------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |      |      |      |       |       |      | Лист |                 |
|              |              |              |      |      |      |       |       |      |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |                 |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

PAH

уцен

СКИМ

## НОГО

09 Г.,

ЛИСЬ

## екту

олье-

года

|               |              |  |      |      |       |       |      |      |
|---------------|--------------|--|------|------|-------|-------|------|------|
| Взаим. Инв. № | Подп. и дата | <p><u>Кембрийская система</u></p> <p>Нижний отдел.</p> <p><i>Ангарская свита (Єтіан).</i> Ангарская свита распространена по рекам Ангаре и Белой.</p> <p>Сложена ангарская свита преимущественно однообразной сероцветной толщей доломитов с подчиненными пластами светло-серых известняков, водорослевых известняков, кавернозных и брекчированных известняков, ангидрито-доломитов с пропластками черных листоватых глинисто-мергелистых известняков, доломитов и песчаников. В верхней части свиты известняки светлые, с обильными марганцовистыми дендритами. Очень часто, особенно в верхней половине свиты, наблюдается окремнение в виде гнезд, прослоев и линз, что является характерной особенностью ангарской свиты.</p> |      |      |       |       |      |      |
|               |              | <div>5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ</div>   |      |      |       |       |      |      |
| Инв. № подл.  |              | Изм.   | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист |
|               |              |  |      |      |       |       |      | 12   |

## Юрская система

*Заларинская свита (J<sub>1zl</sub>).* Заларинская свита залегает на коре выветривания, в большей степени подвергшейся размыву и переотложению, и включает в себя нижнюю часть юрских осадков, а также осадки коры выветривания, которые по времени своего образования и отложения охватывают очень большой промежуток времени.

Самая нижняя часть свиты - частично переотложенная кора выветривания; она сохранилась на небольшой территории, преимущественно во впадинах рельефа и карстовых воронках. Представлена она каолиновыми и монтмориллонитовыми глинами с кремнистой щебенкой.

Пониженные участки доюрского рельефа выполнены отложениями озерно-аллювиальных фаций заларинской свиты - конгломератами и песчаниками.

В составе заларинской свиты присутствуют следующие породы.

Брекчии-элювиальные накопления, образовавшиеся при длительном выветривании глинистых и песчанистых известняков, доломитов и других карбонатных пород. Цвет брекчии белый, розовый, красный и черный с различными оттенками.

Конгломерат сложен хорошо окатанной и полуокатанной галькой различного состава и формы. Цемент представлен разномерным сильно ожеженным или каолинизированным кварцевым песчаником, реже глинистым и известковистым песчаником.

Гравелит представляет собой довольно плотную породу, состоящую в основном из обломков кварца с примесью плагиоклаза, халцедона и обломками других пород. Обломки образующие гравелит, плохо окатаны.

Песчаники - светло-серые, серые, белые. Кварцевые песчаники имеют каолиновый цемент, полимиктовые - железистый, карбонатный и глинистый. Обломочный материал, слагающий полимиктовые песчаники, не отсортирован и почти не окатан.

Для зоны контакта заларинской свиты с породами кембрия характерна пиритизация. Пирит встречается в виде отдельных, хорошо образованных кристаллов и прожилков.

В составе свиты отмечается глина каолиновая - белая, светло-серая, красная, желтовато-серая с различными оттенками. Сложена она галлуазитом, каолинитом, в качестве примесей присутствуют кварц, слюда, сидерит и титансодержащий минерал. Структура глин брекчиевая, микрочешуйчатая, реликтовая, витрокластическая.

*Черемховская свита (J<sub>2čr</sub>).* Черемховская свита согласно залегает на заларинской. Сложена она различного рода песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углисто-глинистыми сланцами и пластами угля гумусового и сапропелевого.

Гумусовые угли в пределах распространения черемховской свиты развиты повсеместно. Макроскопически - это гумусовые каменные угли черного цвета, полублестящие, реже - полуматовые, блестящие, т.е. типа обычных для Иркутского угленосного бассейна клареновых углей с высокой степенью гелификации.

|              |  |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Взам. Инв.№  | с различными оттенками. Сложена она галлуазитом, каолинитом, в качестве примесей присутствуют кварц, слюда, сидерит и титансодержащий минерал. Структура глин брекчиевая, микрочешуйчатая, реликтовая, витрокластическая.  |      |       |       |      |                 |      |
|              | Черемховская свита ( <i>J<sub>2</sub>čr</i> ). Черемховская свита согласно залегает на заларинской. Сложена она различного рода песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углисто-глинистыми сланцами и пластами угля гумусового и сапропелевого.  |      |       |       |      |                 |      |
|              | Гумусовые угли в пределах распространения черемховской свиты развиты повсеместно. Макроскопически - это гумусовые каменные угли черного цвета, полублестящие, реже- полуматовые, блестящие, т.е. типа обычных для Иркутского угленосного бассейна клареновых углей с высокой степенью гелификации. |      |       |       |      |                 |      |
| Подп. и дата |  |      |       |       |      |                 |      |
|              |  |      |       |       |      |                 |      |
|              |  |      |       |       |      |                 |      |
| Инв. № подл. |  |      |       |       |      |                 |      |
|              |  |      |       |       |      |                 |      |
|              |  |      |       |       |      |                 |      |
| Изм.         | Кол.   | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |  |      |       |       |      |                 | 13   |

Мощность черемховской свиты различна; она изменяется от 200,0 м на юго-западе в присаянской полосе Иркутского бассейна до 50-70 м в районе г. Черемхово. В платформенной зоне черемховская свита, в связи с наличием впадин и в доюрском рельефе, имеет непостоянную мощность. На участках плоских днищ, свита имеет максимальную и устойчивую мощность; на склонах она утоняется и часто полностью выклинивается.

### **Четвертичная система (Q)**

*Аллювиальные отложения ( $aQ_{3-4}$ ).* Наиболее мощно эти отложения развиты по рекам Белой и Ангаре, ими сложены террасы различных комплексов. Террасы р. Ангары объединены в три высотных комплекса: а) пойма и низкие надпойменные террасы высотой до 10 м; б) средние и высокие надпойменные террасы высотой 12-25 м; в) высокие надпойменные террасы 30-70 м. Пойменные и русловые отложения рек Ангары и Белой представлены галечниками с примесью песка. Выше русловых галечников залегают пески, в которых отмечаются прослои илов и сильноилистых песков. В кровле пески обычно переходят в супеси и даже суглинки, представляющие пойменную фацию аллювия. Мощность аллювиальных отложений пойм составляет 8-10 м.

Надпойменные террасы нижнего комплекса аккумулятивные и по своему литологическому составу аналогичны пойменным отложениям. Общая мощность аллювия более 10 м. В верхней части разреза осадки представлены разнотерными кварцевыми песками, вниз идет укрупнение зерен песчаного материала, и в основании разреза песчаный материал сменяется гравийно-галечными отложениями с песчаным заполнителем.

Отложения средних эрозионно-аккумулятивных террас представлены песками, в основании разреза с редкой галькой и перекрытые суглинками, супесями и глинами. Террасы высокого комплекса в районе развиты весьма ограниченно, и аллювиальные отложения этих террас почти повсеместно смыты.

*Элювиально-делювиальные отложения ( $edQ_{3-4}$ ).* Представлены глинами, песками, супесями и суглинками часто с примесью щебенки подстилающих коренных пород. Как правило, литологический состав элювиальных отложений находится в прямой зависимости от подстилающих коренных пород: на песчано-глинистых породах юры развиты глины, суглинки, супеси и пески со щебенкой песчаников и алевролитов; на породах кембрия - пестроцветные карбонатные супеси, суглинки и глины со щебенкой мергелей, доломитов, известняков.

### **1.3 Тектоника**

В тектоническом отношении район Усолье-Сибирского промышленного узла расположен в юго-восточной части Сибирской платформы в зоне Иркутско-Черемховской депрессии. В структурном плане это Присаянский краевой прогиб мезозойского возраста. Для района характерно пологое погружение карбонатных отложений нижнего кембрия к востоку-северо-востоку. Юрские осадки, залегающие на частично размытом основании нижнего кембрия, имеют практически

|              |      |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Взам. Инв.№  |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |      |      |       |       |      |                 |      |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |      |      |       |       |      |                 |      |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |      |      |       |       |      |                 |      |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |      |      |       |       |      |                 | 14   |

горизонтальное залегание.

Рассматриваемая территория находится в пределах разрывной структуры зоны Ангарского разлома, протягивающейся из Байкальского рифта вглубь платформы. Осадочные породы, в её пределах, неоднократно деформировались.

В пределах изученной глубины инженерно-геологический разрез на участке работ представлен аллювиальными ( $aQ_{3-4}$ ), элювиально-делювиальными ( $edQ_{3-4}$ ) четвертичными отложениями, а также юрскими ( $J_{1-2}$ ) и кембрийскими ( $Ст_1$ ) образованиями.

#### 1.4 Гидрогеологические условия

Участок работ расположен в пределах Иркутского артезианского бассейна второго порядка, который относится к более крупной структуре - Ангаро-Ленскому артезианскому бассейну первого порядка Сибирской платформы.

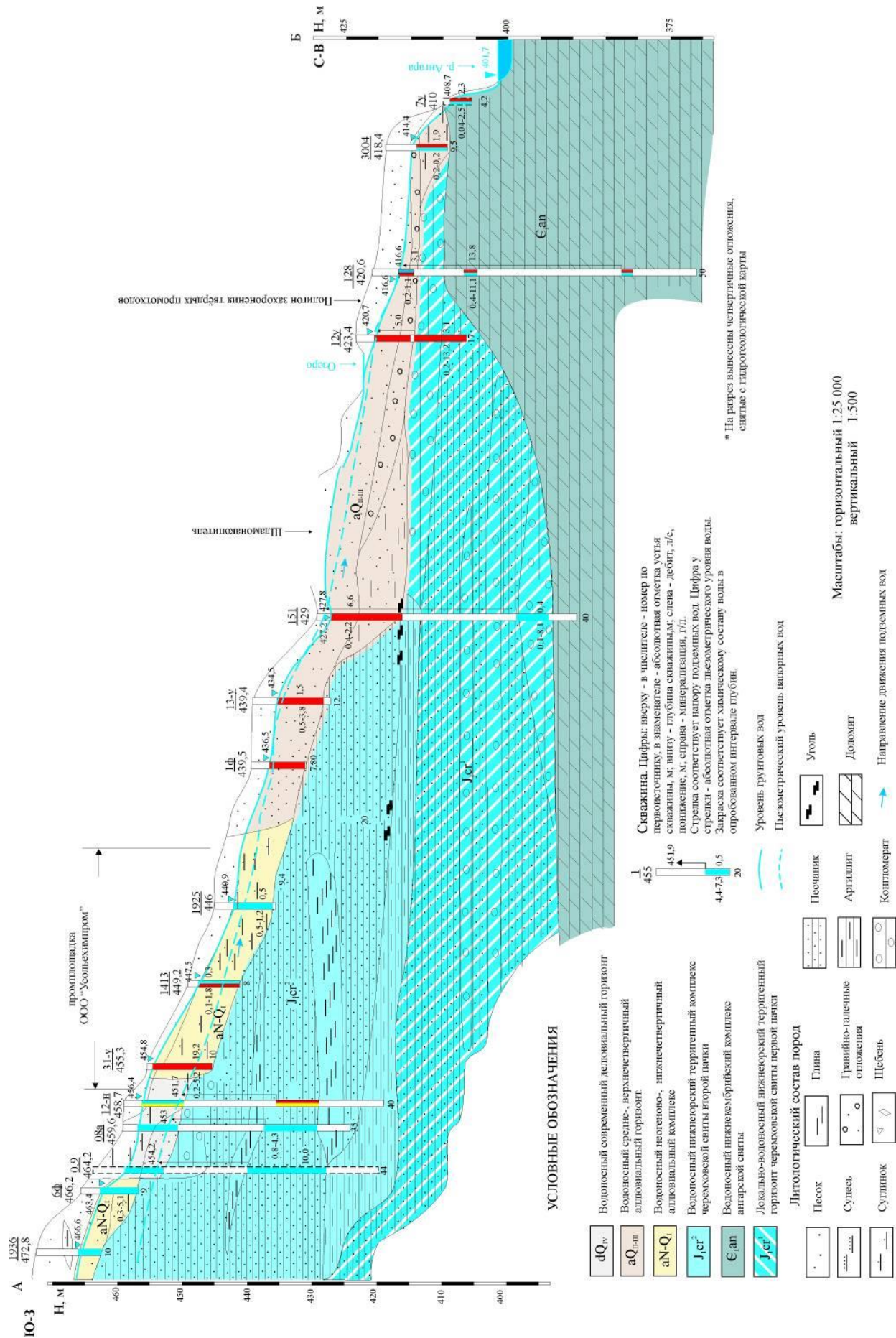
Иркутский артезианский бассейн расположен в юго-восточной части Ангаро-Ленского артезианского бассейна и в геолого-структурном отношении полностью охватывает впадину Иркутского угленосного бассейна, выполненную юрскими породами и протягивающуюся в виде полосы вдоль нагорья Восточных Саян. Граница артезианского бассейна совпадает с границей распространения юрских отложений Иркутского угленосного бассейна. Основными водоносными горизонтами и комплексами являются:

- пластовые воды четвертичных отложений;
- трещинно-пластовые воды юрских отложений;
- трещинно-пластовые воды нижнекембрийских отложений.

Обзорный геолого-гидрогеологический разрез участка работ представлен на рис. 1.1. Гидрогеологическая карта района работ и региональный разрез к геологической карте представлены на рис. 1.2 и 1.3 соответственно.

|                 |              |              |      |      |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Подп. и дата | Взам. Инв. № |      |      |      |       |       |      | Лист |
|                 |              |              |      |      |      |       |       |      |      |
|                 |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |              |      |      |      |       |       |      | 15   |

Рис.1.1 Геолого-гидрогеологический разрез участка работ (по результатам отчета «мониторинг геологической среды на объектах ООО «Усольехимпром» в 2013 г», ООО Ангарская геологическая экспедиция)





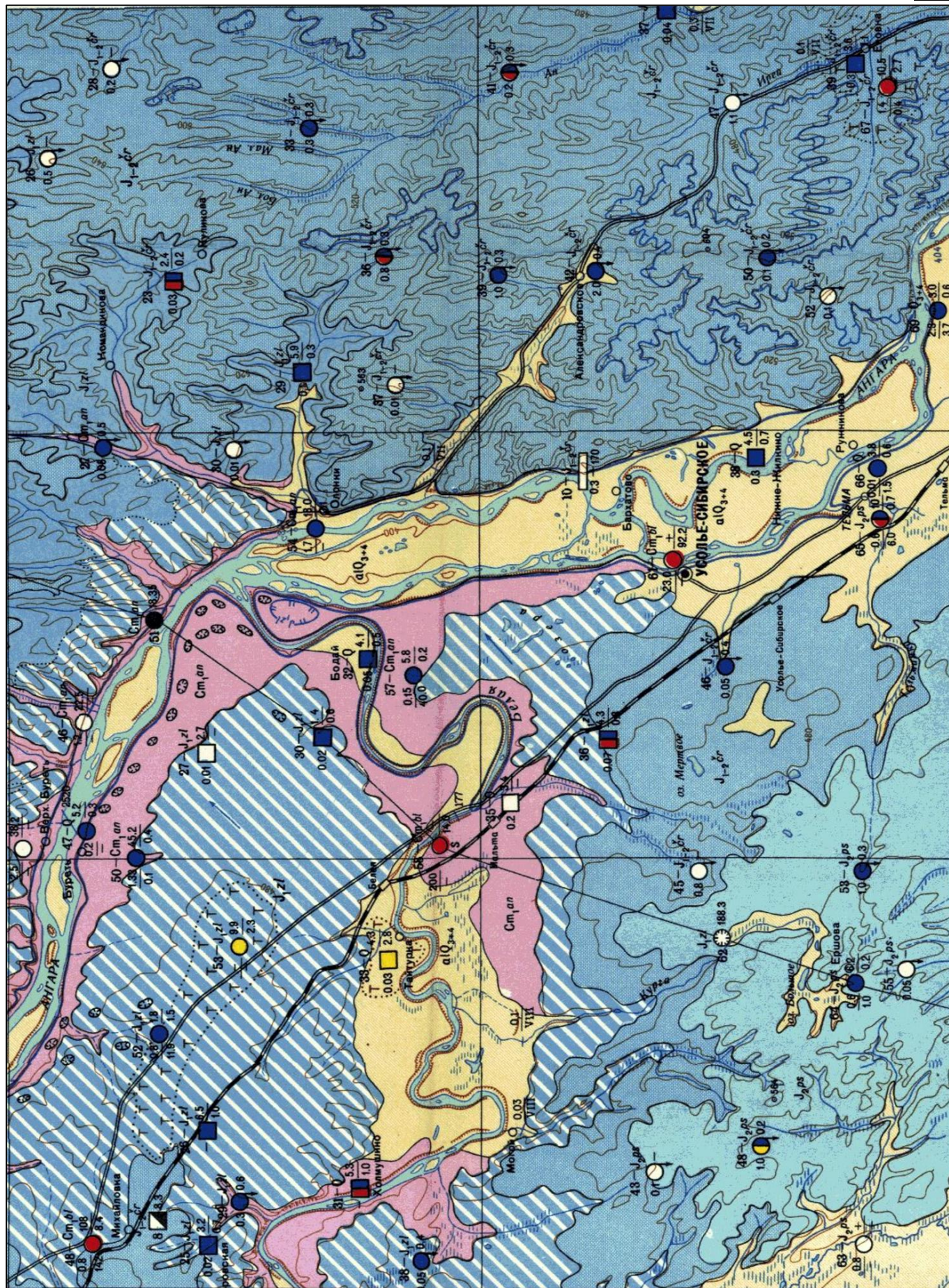
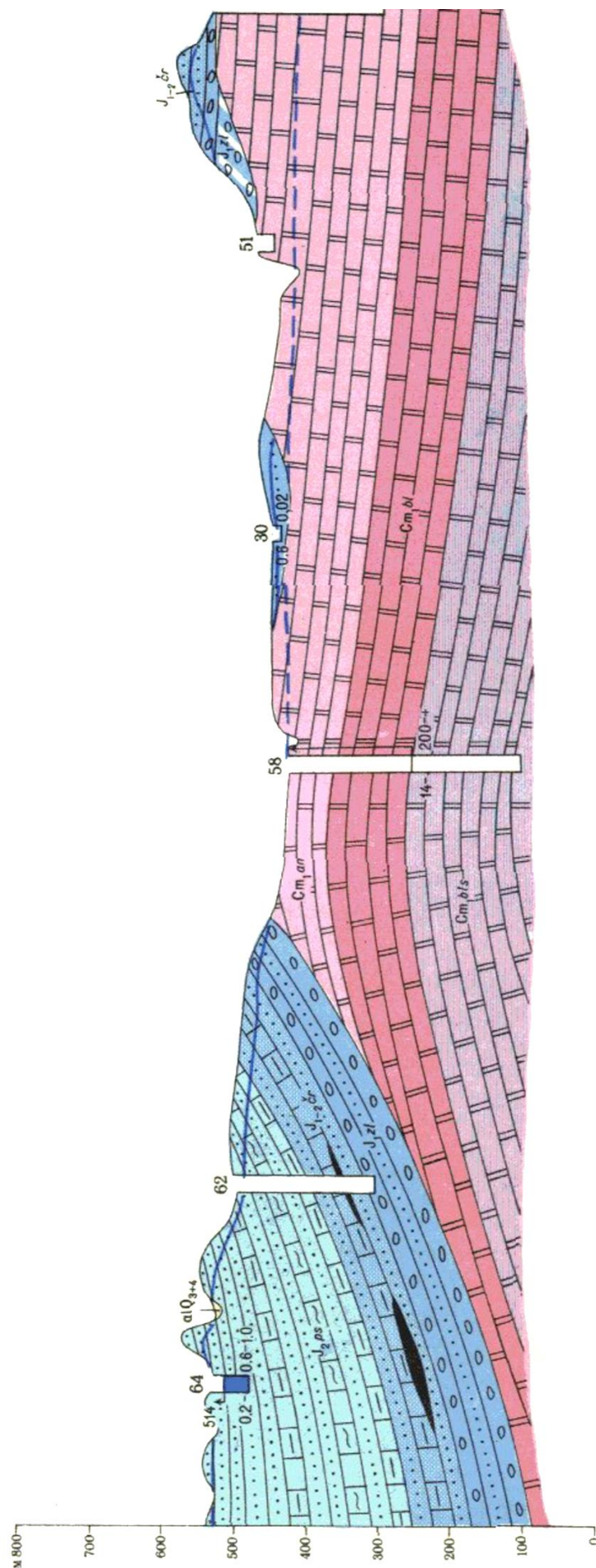


Рис.1.2 Гидрогеологическая карта района работ



|              |              |               |
|--------------|--------------|---------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |
|              |              |               |



*Рис.1.3 Региональный геолого-гидрогеологический разрез*

Масштабы:  
горизонтальный 1:200 000  
вертикальный 1:10 000



# 1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОДОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИЛИ ГОРИЗОНТОВ

|  |   |
|--|---|
|  | Водосытный комплекс аллювиальных отложений верхнего и современного отделов четвертичного возраста. Песок, гравий, галька (равномерное чередование)                                      |
|  | Водосытный комплекс отложений присаянской свиты юры. Песчанники с прослоями алевролитов и аргиллитов  |
|  | Водосытный комплекс отложений черемховской свиты юры. Песчанники и угли с прослоями алевролитов   |
|  | Водосытный комплекс отложений мазаринской свиты юры. Песчанники, конгломераты   |
|  | Подземные воды спорадического распространения в отложениях мазаринской свиты юры. Песчанники переслаивающиеся с глинами   |
|  | Водосытный горизонт в отложениях средней части нижней подсвиты (средняя часть бадагской пачки) верхнеюрской свиты верхнего кембрия. Мергели с прослоями алевролитов и доломитов         |
|  | Водосытный горизонт в отложениях нижней части нижней подсвиты (основная пачка) верхнеюрской свиты верхнего кембрия. Мергели и мергелистые доломиты с прослоями аргиллитов и алевролитов |
|  | Подземные воды спорадического распространения в мергелях и мергелистых доломитах нижней подсвиты верхнеюрской свиты верхнего кембрия  |
|  | Водосытный комплекс в отложениях ангарской свиты нижнего кембрия. Трешиноватые и замкастованные известняки, доломиты  |
|  | Водосытный комплекс отложений булавской свиты нижнего кембрия. Трешиноватые доломиты  |
|  | Контуры распространения водосытного горизонта в отложениях нижней подсвиты верхнеюрской свиты верхнего кембрия. Мергели и мергелистые доломиты  |

## II. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОДОУПОРНЫХ ИЛИ ВОДОПРОНИЦАЕМЫХ, НО НЕВОДНЫХ ПОРОД, ЗАЛЕГАЮЩИХ ВЫШЕ ПЕРВОГО ПОСТОЯННОГО ВОДОНОСНОГО КОМПЛЕКСА ИЛИ ГОРИЗОНТА

|  |  |
|--|--|
|  | Контуры распространения водоупорных, но практически безводных аллювиальных отложений современного отдела четвертичного возраста  |
|  | Контуры распространения водопроницаемых, но практически безводных отложений присаянской свиты юры                                |
|  | Контуры распространения водопроницаемых, но практически безводных отложений черемховской свиты юры                               |
|  | Контуры распространения водоупорных отложений мазаринской свиты юры  |
|  | Контуры распространения водопроницаемых, но практически безводных отложений средней подсвиты верхнеюрской свиты верхнего кембрия |
|  | Контуры распространения водоупорных отложений нижней подсвиты верхнеюрской свиты верхнего кембрия                                |

## III. ВОДОПУНКТЫ

|  |   |
|--|---|
|  | Родник восходящий   |
|  | Родник нисходящий   |
|  | Родник карстовый  |
|  | Колодец. Вверху у знака колодца номер по каталогу и индекс геологического возраста водосытных пород, слева - дебит, л/сек, справа в числителе - глубина до воды, м, в знаменателе - минерализация, г/л  |
|  | Скважина. Вверху у знака колодца номер по каталогу и индекс геологического возраста водосытных пород, слева в числителе - дебит, л/сек, в знаменателе - понижение, м, справа в числителе - глубина установившегося уровня воды (при самонизании знак "+"), в знаменателе - минерализация, г/л |
|  | Скважина безводная  |
|  | Скважина поглощающая  |
|  | Шахта с водоотливом. Вверху у знака шахты индекс геологического возраста водосытных пород. Цифра слева - номер по каталогу, справа - суммарный дебит, л/сек   |
|  | Водооборная галерея. Вверху - номер по каталогу и индекс геологического возраста водосытных пород, внизу - дебит, л/сек, и длина галереи, м   |

## IV. МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ХИМИЧЕСКИЙ И ГАЗОВЫЙ СОСТАВ

### A) ПО ПЛОЩАДИ

|  |         |  |                |
|--|---------|--|----------------|
|  | 1-3 г/л |  | от 3 до 15 г/л |
|--|---------|--|----------------|

Примечание. Без крап оставшимся участкам с минерализацией от 0,1 до 1 г/л

### B) В ВОДОПУНКТЫ

|  |  |
|--|--|
|  | Вода с преобладанием гидрокарбонатного аниона  |
|  | Вода с преобладанием сульфатного аниона        |
|  | Вода с преобладанием хлоридного аниона         |
|  | Вода смешанного состава                        |
|  | Вода, содержащая в газовом составе сероводород |

## V. ПРОЧИЕ ЗНАКИ

|  |  |
|--|--|
|  | Линия гидрогеологического разреза  |
|  | Основное направление движения подземных вод отложений нижнего кембрия  |
|  | Водоот с неизменяемыми источниками питания   |
|  | Участки развития карста  |
|  | Контуры площади дренажной горными выработками  |
|  | Контуры Братского водохранилища  |
|  | Границы подземных вод с различной минерализацией   |
|  | Место замера расхода реки. В числителе - расход воды, м³/сек, в знаменателе - дата (месяц) замера. Для р. Ангары и р. Белой - среднегодовой расход, м³/сек * |
|  | Уровень подземных вод со свободной поверхностью  |
|  | Пьезометрический уровень   |

|  |   |
|--|---|
|  | Скважина. Цифра сверху - номер по каталогу. Закраска соответствует химическому составу воды в опробованном интервале глубин. Черные стрелки - величина напора подземных вод. Цифры у стрелки - абсолютные отметки пьезометрического уровня воды. Цифры справа - парам.-дебит, л/сек, вторая - понижение, м, слева - первая - минерализация воды, г/л, вторая - температура воды, °C |
|  | Родник. Цифры сверху - номер по каталогу. Закраска соответствует химическому составу воды. Цифры слева - первая - минерализация воды, г/л, вторая - температура воды, °C, справа - дебит, л/сек   |

|  |   |
|--|---|
|  | Водосытный комплекс отложений белской свиты нижнего кембрия. Трешиноватые доломиты, доломиты-ангидриты и известняки |
|--|---|

## ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОД

|  |                       |  |                      |
|--|-----------------------|--|----------------------|
|  | Песок, гравий, галька |  | Известняки           |
|  | Алевролиты            |  | Конгломераты         |
|  | Аргиллиты             |  | Мергелистые доломиты |
|  | Угли                  |  | Мергели              |
|  | Доломиты              |  | Песчанники           |

Рис. 1.4 Условные обозначения к гидрогеологической карте и геолого-гидрогеологическому разрезу

Пластовые воды четвертичных отложений. Четвертичный водоносный горизонт распространен практически повсеместно. На отдельных участка, где происходит фациальное замещение водоносных отложений слабопроницаемыми глинистыми грунтами, четвертичный водоносный горизонт выклинивается.

Водоносный комплекс четвертичных отложений приурочен к песчано-глинистым и грубообломочным аллювиальным и элювиально-делювиальным образованиям. Зеркало грунтовых вод отмечено на глубинах 0,0-15,0 м от дневной поверхности (абс. отметки 399,27-465,72 м). На отдельных участках, где глубина до уровня подземных вод менее 1 м отмечается заболачивание, связанное с выходом подземных вод на дневную поверхность.

На рисунке 1.7 представлена карта глубин залегания уровня первого от поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях.

Как видно из карты, значительная часть территории находится в подтопленном состоянии. Обширные зоны подтопления с глубиной до уровня подземных вод менее 1 м развиты на севере территории в районе шламохранилищ, а также на юго-востоке участка южнее очистных сооружений.

Подтопление обусловлено как затрудненными условиями поверхностного стока, так и низкой проводимостью четвертичного водоносного горизонта на отдельных участках.

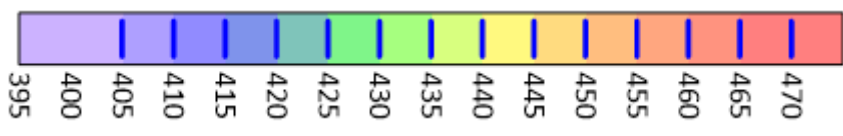
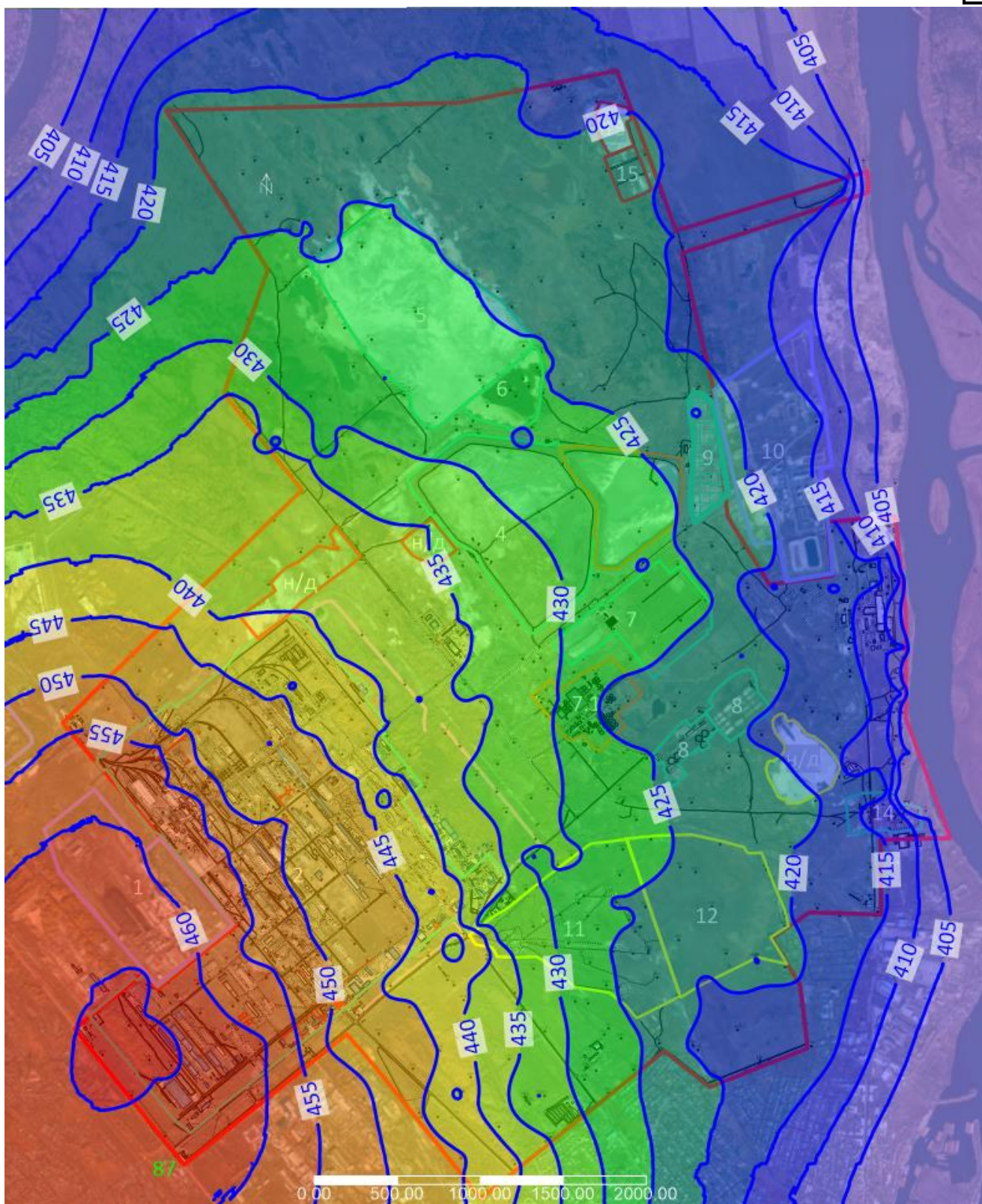
В границах выполненных инженерно-геологических изысканий уровень подземных вод зафиксирован (февраль-апрель 2021 год, май-июль 2022 г.) на абсолютных отметках от 466,0 мБс на западной границе площадки снижаясь до 415,0 мБс вдоль восточной границы, и до 401,0-403,0 мБс по мере приближения к границам береговой линии р. Ангара и Белая.

Карта распределения абсолютных отметок уровня первого от поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях, построенная по результатам интерполяции фактических значений представлена на рис. 1.5.

В границах всей рассматриваемой площади уровень подземных вод снижается от 480-485 мБс на локальном водоразделе, расположенном вдоль юго-западной границы в районе оз. Березовое (отметка уреза воды 480 мБс), до 401-403 мБс на урезах рек Белая и Ангара, являющихся областью разгрузки подземных вод.

Существующие градиенты потока подземных вод на исследуемой территории распределены в широком диапазоне от 0,001-0,005 в районе шламохранилищ до 0,01-0,20 м на востоке и западе площадки в границах геодезической съемки. На западе территории прослеживается ритмичное чередование высоких и низких градиентов потока. Такие условия обусловлены, по-видимому, широким диапазоном изменения фильтрационных характеристик водоносного горизонта, связанным в свою очередь с фациальным замещением песчаных отложений глинистыми грунтами. Карта распределения латеральных градиентов первого от поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях, построенная по результатам интерполяции фактических значений представлена на рис. 1.6.

|              |              |              |   |       |      |  |  |  |                 |      |
|--------------|--------------|--------------|---|-------|------|--|--|--|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв.№ | разгрузки подземных вод.  |       |      |  |  |  |                 |      |
|              |              |              | Существующие градиенты потока подземных вод на исследуемой территории распределены в широком диапазоне от 0,001-0,005 в районе шламохранилищ до 0,01-0,20 м на востоке и западе площадки в границах геодезической съемки. На западе территории прослеживается ритмичное чередование высоких и низких градиентов потока. Такие условия обусловлены, по-видимому, широким диапазоном изменения фильтрационных характеристик водоносного горизонта, связанным в свою очередь с фациальным замещением песчаных отложений глинистыми грунтами. Карта распределения латеральных градиентов первого от поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях, построенная по результатам интерполяции фактических значений представлена на рис. 1.6. |       |      |  |  |  |                 |      |
|              |              |              |   |       |      |  |  |  | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |              |   |       |      |  |  |  |                 | 20   |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | №док  | Подп. | Дата |  |  |  |                 |      |



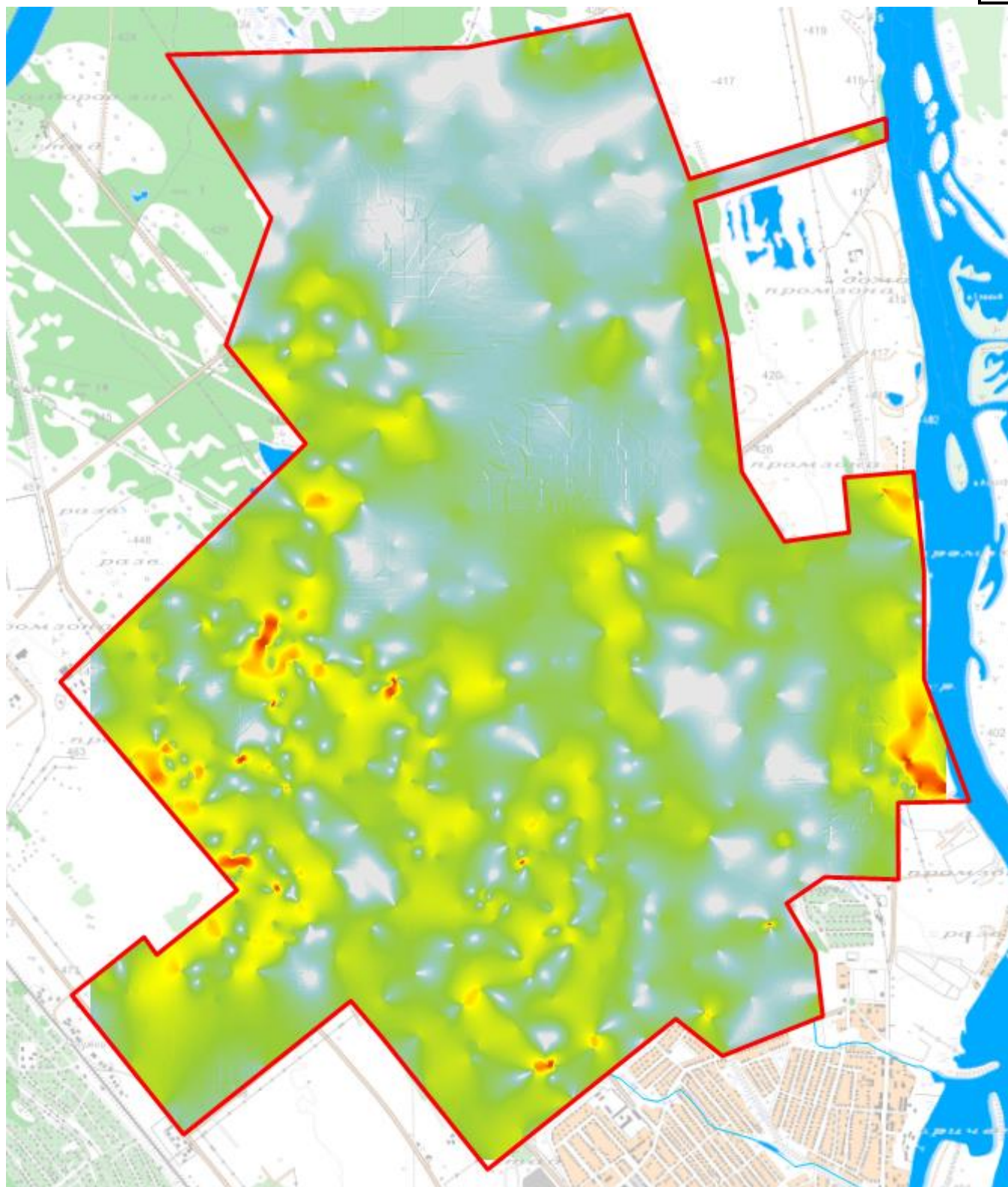
, изолинии УПВ, м БС

*Рис. 1.5 Карта абсолютных отметок уровня первого от поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях, построенная по результатам интерполяции фактических замеров, выполненных в составе ИГИ*

|              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |
|              |              |              |
|              |              |              |
|              |              |              |
|              |              |              |
|              |              |              |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |
|      |      |      |       |       |      |





Шкала градиентов потока



Рис. 1.6 Карта распределения латеральных градиентов первого от поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях, построенная по результатам интерполяции фактических замеров, выполненных в составе ИГИ

Взаим. Инв.№

Подп. и дата

Инв. № подл.

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

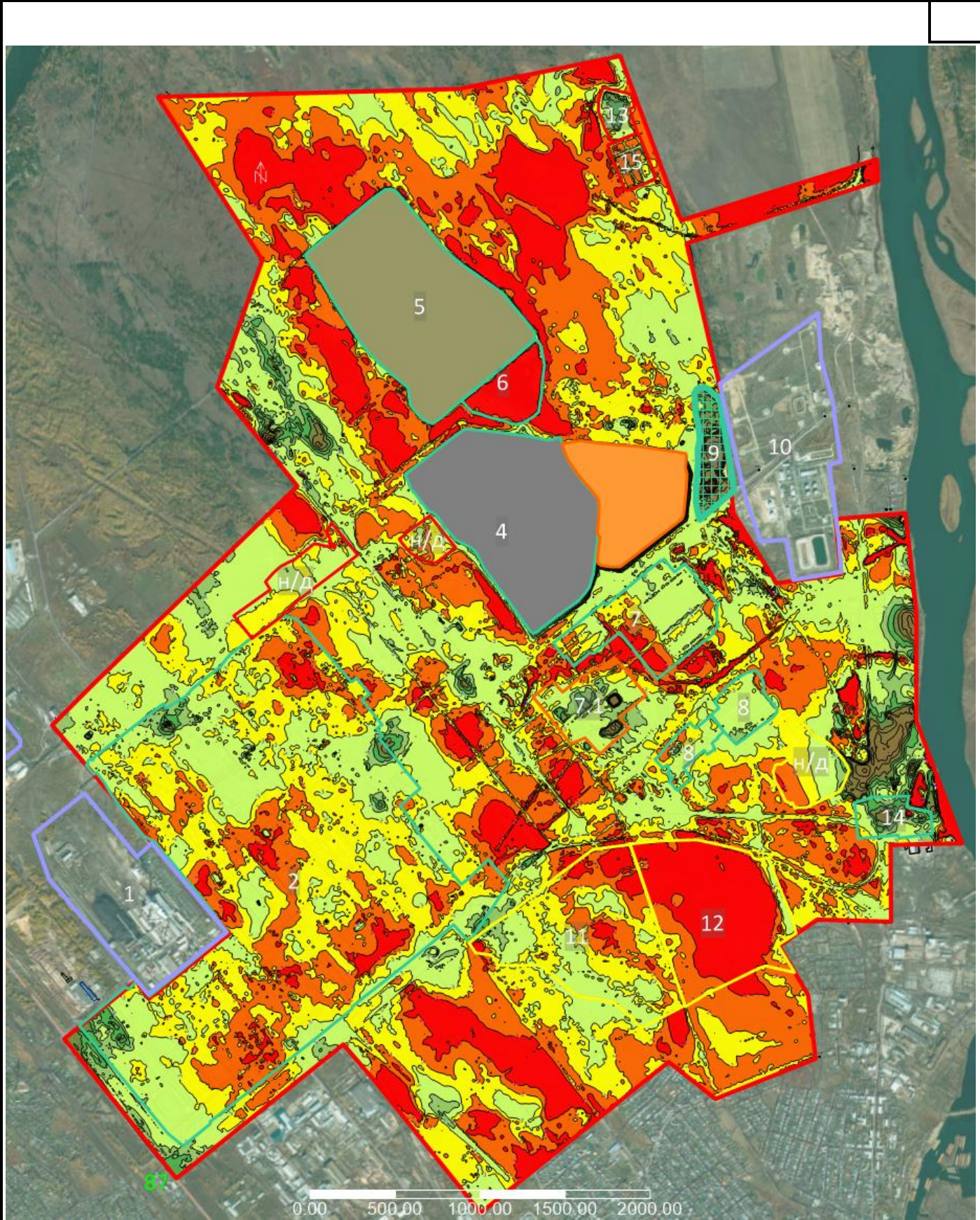
5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

22



|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |



*Рис. 1.7 Карта глубин залегания уровня первого от поверхности водоносного горизонта в четвертичных отложениях, построенная по результатам интерполяции фактических значений*



Водовмещающими породами являются пески различной крупности, галечники, супеси текучие и суглинки текучие. В элювиально-делювиальных отложениях водовмещающими являются прослой песка и супесей. Карта мощности песчаной толщи представлена на рис. 1.8.

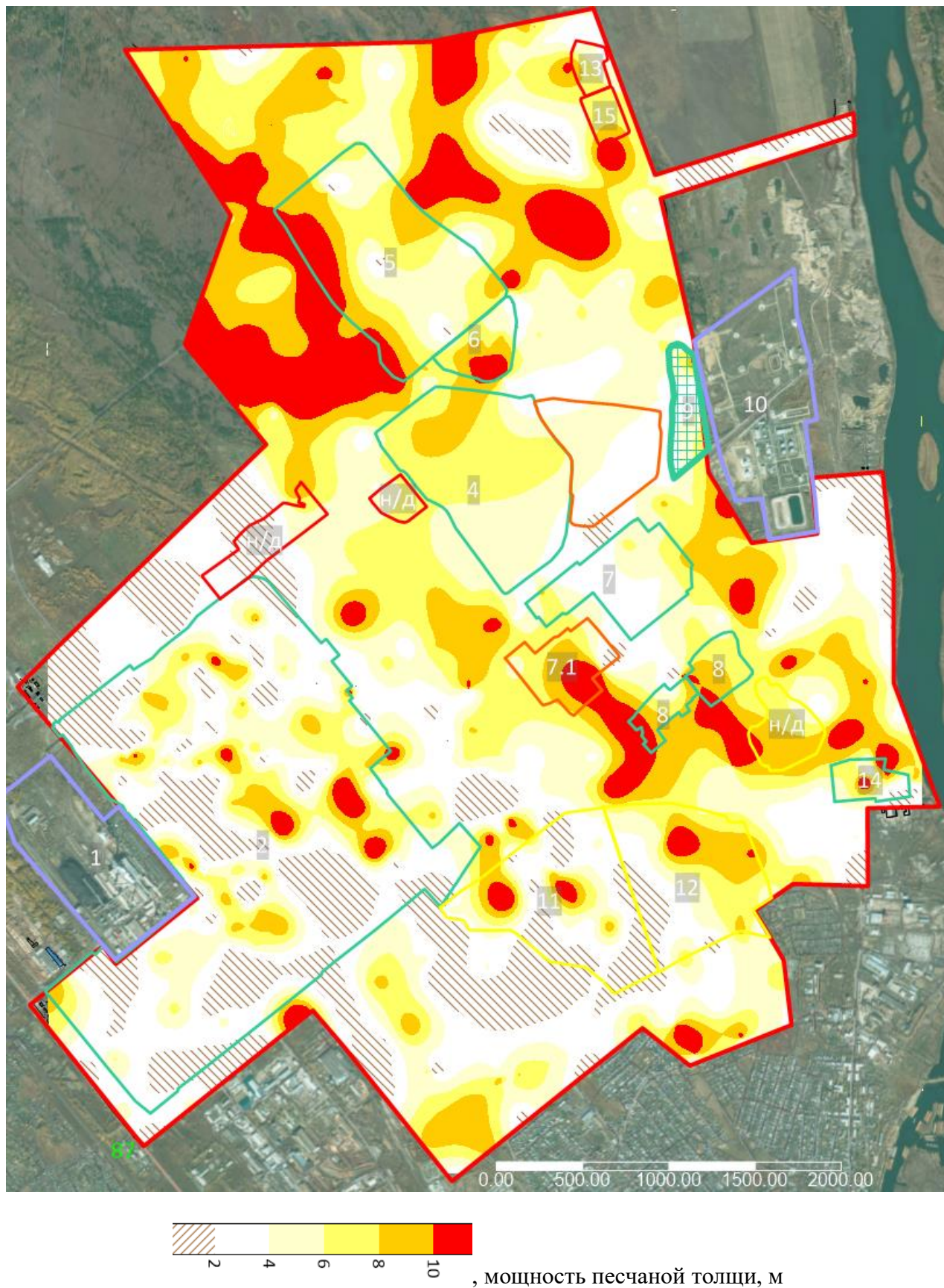


Рис. 1.8 Карта общей мощности песчаных отложений в четвертичной толще

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

Фильтрационные свойства песчаных отложений четвертичной толщи изучены в ходе выполненных инженерно-геологических изысканий [4, 5] лабораторными исследованиями и составляют:

Песок пылеватый 0,5-1,1 м/сут;

Пески мелкие 1,5-3,0 м/сут;

Песок средней крупности 3,6-6,9 м/сут;

Фильтрационные свойства четвертичной толщи изменяются в плане в зависимости от соотношения литологических разностей водоносного горизонта, карта суммарной мощности водопроводимых песчано-гравийных отложений представлена на рисунке 1.8.

Отложения водоносного горизонта характеризуются коэффициентом фильтрации ( $K_f$ ) от 0,5 до 12 м/сут [4,5]. В галечниках  $K_f$  достигает 12 м/сут [4,5]. Низкие значения коэффициента фильтрации характерны для участков с преобладанием мелкозернистых песков, супесей и суглинков. Значения водопроводимости составляют в 3- 15 м<sup>2</sup>/сут, достигая 42 м<sup>2</sup>/сут [4,5].

По материалам предшествующих гидрогеологических и инженерно-геологических изысканий (одиночных и кустовых откачек) коэффициент фильтрации четвертичных отложений варьируется в пределах от 0,2 до 10,5 м/сут [8,13], значения водопроводимости – от 4,4 до 16,9 м<sup>2</sup>/сут [8,13]. Средний коэффициент фильтрации на участке размещения водозабора «Ангара» составил 2,2 м/сут (при разбросе значений от 0,4 до 7,7 м/сут) [13], удельные дебиты скважин составили 0,04-0,17 л/с/м [13].

Обобщенные свойства четвертичного водоносного горизонта представлены в таблице 1.1.

Питание подземных вод осуществляется, в основном, за счёт атмосферных осадков. Направление движения грунтового потока с юго-запада на северо-восток с разгрузкой в р. Ангара, а также на север – в р. Белая.

По химическому составу подземные воды четвертичных отложений хлоридные натриево-кальциевые с высокой минерализацией, что свидетельствует о их техногенном химическом загрязнении.

Трещинно-пластовые воды юрских отложений. Водовмещающими породами в толще среднеюрских отложений являются трещиноватые и пористые песчаники, пласты каменных углей и прослои рыхлых песчано-галечных пород среди глинистых разностей. Водоупорами обычно служат горизонты и линзы алевролитов и глинистых брекчий.

Фильтрационные свойства водоносных отложений определены по результатам опытно-фильтрационных работ (кустовых откачек), выполненных в гидрогеологических скважинах в рамках инженерно-геологических изысканий [4,5]. По результатам откачек разброс значений коэффициента фильтрации песчаников составил от 1,06 до 15,16 м/сут, глинистых отложений – от 0,001 до 0,69 м/сут [4,5].

По архивным данным фильтрационные свойства юрских песчаников характеризуются

|              |              |      |      |       |       |      |
|--------------|--------------|------|------|-------|-------|------|
| Взам. Инв.№  |              |      |      |       |       |      |
|              | Подп. и дата |      |      |       |       |      |
|              |              |      |      |       |       |      |
| Инв. № подл. |              |      |      |       |       |      |
|              |              |      |      |       |       |      |
|              | Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

**5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ**

|      |    |
|------|----|
| Лист | 25 |
|------|----|

коэффициентом фильтрации 1-2 м/сут [3,8], глинистых отложений – коэффициентом фильтрации 0.035 м/сут [8].

Питание подземных вод всех отложений осуществляется преимущественно за счет перетекания из вышележащего четвертичного водоносного горизонта, а также за счет непосредственной фильтрации осадков на участках с отметками кровли слоя близким к дневной поверхности.

Интенсивной инфильтрации подземных вод способствует явная концентрация атмосферных осадков в теплое время года (70-90%).

По химическому составу воды этого горизонта, гидрокарбонатно-хлоридные, хлоридно-гидрокарбонатные натриево-калиевые с минерализацией до первых г/л.

В верхней части нижнекембрийской толщи в интервале глубин от 10 до 50 м отмечается от одного до трех интервалов водопритоков и отсутствие выдержанных водоносных горизонтов в связи со спорадическим распространением трещиноватости (Орлов, 1969 г.).

Фильтрационные свойства водоносных отложений определены по результатам опытно-фильтрационных работ (кустовых откачек), выполненных в гидрогеологических скважинах в рамках инженерно-геологических изысканий. Разброс значений коэффициента фильтрации доломитов составил от 0,02 до 0,63 м/сут (зафиксированы единичные значения 5,2 и 5,4 м/сут) [4,5].

Подземные воды кембрия имеют напорный характер. Пьезометрический уровень часто устанавливается ниже статического уровня грунтовых вод, обратное соотношение напоров может наблюдаться в долинах рек Белая и Ангара. По химическому составу воды этого комплекса хлоридные натриево-калиевые с минерализацией до 5 г/л.

Рельеф кровли докайнозойских отложений имеет относительно ровную поверхность с незначительным уклоном к востоку и северо-востоку. Уклон поверхности не превышает 5°, в среднем составляя 1-3°. По отдельным данным в рельефе докайнозойской кровли присутствуют единичные впадины и валы. Валообразное повышение рельефа кровли наиболее отчетливо проявляется вдоль р. Ангары в зоне распространения тектонически ослабленных зон. Вероятно, образование холмистой поверхности кровли в прибрежной части р. Ангары связано с размывом наиболее ослабленных пород и развитием карста [2,13,14].

В таблице 1.1 представлены фильтрационные свойства водоносных и слабопроницаемых горизонтов, определенные как в ходе инженерно-геологических изысканий 2021 года, так и на основании архивных данных.

|               |                 |   |      |       |       |      |      |
|---------------|-----------------|---|------|-------|-------|------|------|
| Взаим. Инв. № | Подп. и дата    | поверхности кровли в прибрежной части р. Ангара связано с размывом наиболее ослабленных пород и развитием карста [2,13,14].   |      |       |       |      |      |
|               |                 | В таблице 1.1 представлены фильтрационные свойства водоносных и слабопроницаемых горизонтов, определенные как в ходе инженерно-геологических изысканий 2021 года, так и на основании архивных данных. |      |       |       |      |      |
|               |                 |   |      |       |       |      |      |
|               |                 |   |      |       |       |      |      |
| Инв. № подл.  |                 |   |      |       |       |      | Лист |
|               |                 |   |      |       |       |      |      |
|               | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |   |      |       |       |      |      |
|               | Изм.            | Кол.  | Лист | № док | Подп. | Дата |      |

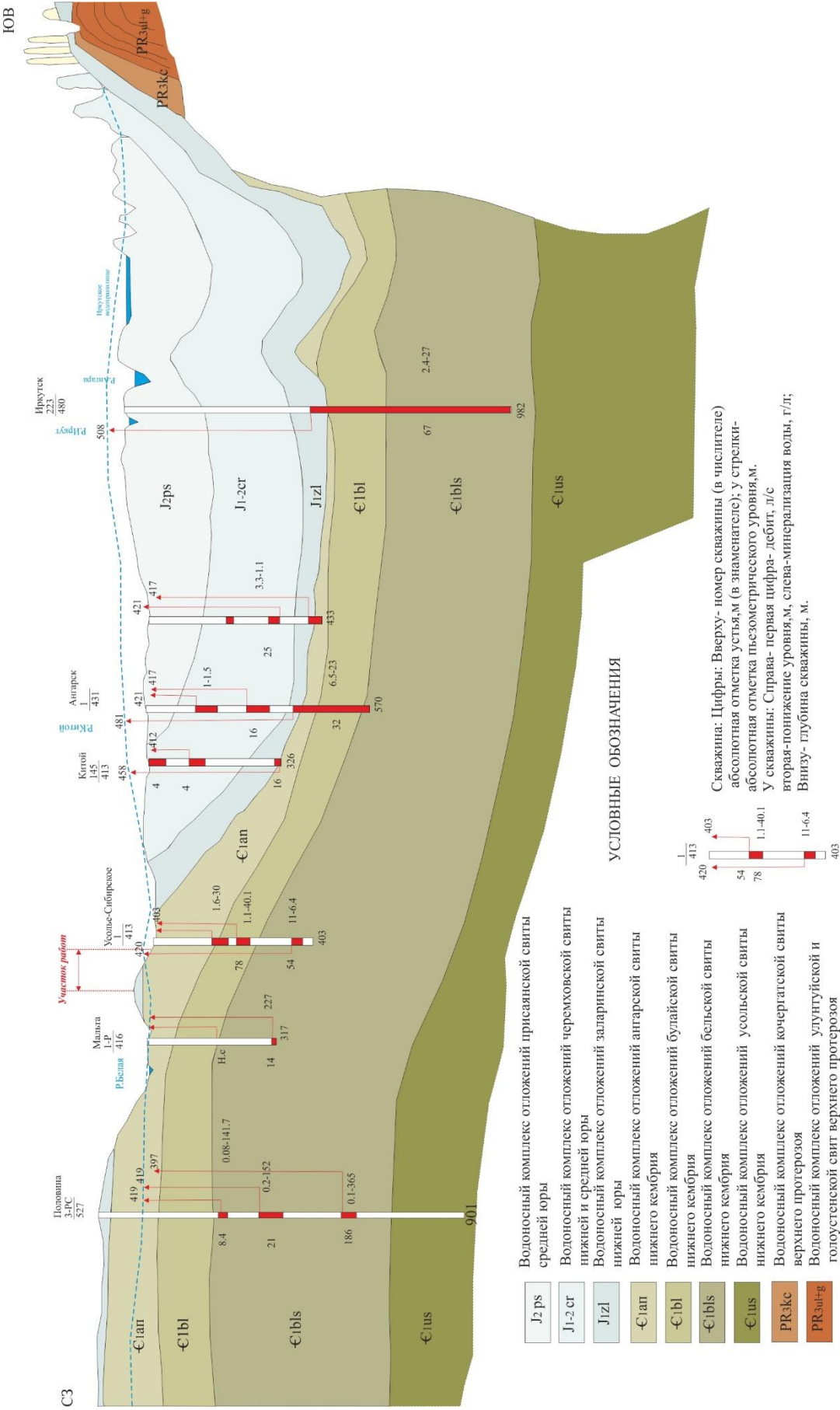


Таблица 1.1 Сводная таблица фильтрационных характеристик

| № п/п |   | № слоя в модели               | Обозначение в модели  | Включенные геологические слои  | Наименование слоя                                       | Коэффициент фильтрации, м/сут                              |  |  |  |            | Справочные материалы по гидрогеологии |
|-------|---|-------------------------------|---|--|---|--|--|--|--|------------|---------------------------------------|
|       |   |                               |   |  |   | Результаты инженерно-геологических изысканий 2021 г. [4,5] | Прогноз распространения рутинного загрязнения подземных вод... [8]                           | Гидрогеологические изыскания на водозаборе «Ангара» [13] | Информационная справка о гидрогеологических условиях участка [3] |            |                                       |
| 1     | 1 | Q                             | Q   | $aQ_{3-4}$   | Аллювиальные четвертичные отложение                     | 0.5-12<br><i>км до 42 м²/сут</i>                           | -  | -  | до 122   | 10-100     |                                       |
| 2     |   |                               |   |  |   | 0.5-6.9<br><i>км до 3-15 м²/сут</i>                        | 0.5-10   | 0.4-7.7<br><i>сред. 2.2</i>                              | 4.1-15.6   | 1-10       |                                       |
| 3     | 2 | Q+J                           | $edQ_{3-4} + J_{1cr}$   | $aQ_{3-4} + edQ_{3-4}$   | Водоносный горизонт объединенных четвертичных отложений | 0.03-1.08 <i>сред. 0.56 км 0.2-9.1 м²/сут</i>              | 0.0001   | -  | -  | 0.001-0.01 |                                       |
| 4     | 3 | J <sub>1сг</sub> <sup>2</sup> |   |  |   | $J_{1cr}$  | Слабопроницаемый малоомощный горизонт элювиальных суглинков и глин в кровле юрских отложений | 0.69-15.16 <i>сред. 4.85 км 3.3-197 м²/сут</i>           | 1-2  | -          | <i>км до 6 м²/сут</i>                 |
| 5     | 4 | J <sub>1сг</sub> <sup>1</sup> | Слабопроницаемые отложения первой пачки Черемховской свиты нижней юры | 0.001-7.61 <i>сред. 1.85 км 0.01-34.3 м²/сут</i>   | 0.035   |  |  | -  | -  | -          | 0.01-1                                |
| 6     | 5 | Єm <sup>2</sup>               | $Єm_{1an}$  | Зона трещиноватости доломитов в отложениях нижней подсвиты ангарской свиты нижнего кембрия | 0.01-6.06 <i>сред. 1.03 км 0.01-20.7 м²/сут</i>         | 0.1-22.8<br><i>принят 10</i>                               | -  | -  | <i>км до 1.5 м²/сут</i>  | 1-20       |                                       |
| 7     | 6 | Єm <sup>1</sup>               |   |  | Доломиты кембрийского возраста низкой проводимости      | -  | 0  | -  | -  | -          | 0.01-1                                |

| Фильтрационные свойства водоносных и слабопроницаемых горизонтов, определенные в ходе инженерно-геологических изысканий 2021 года [4,5] |                      |                                   |                  |                                  |       |  |        |  |       |  |       |
|---|----------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------------|-------|--|--------|--|-------|--|-------|
| № п/п   | Геологический индекс | Наименование                      | Породы           | Коэффициент фильтрации, к, м/сут |       | Пористость, п (по лабораторным данным) |        | Водопроницаемость, км, м <sup>2</sup> /сут |       | Пористость, п (по лабораторным данным) |       |
|   |                      |                                   |                  | от                               | до    | от                                     | до     | от   | до    | от                                     | до    |
| 1   | $aQ_{3-4}$           | Аллювиальные отложения            | Пески - суглинки | 0.50                             | 6.90  |  |        |  | 36.30 | 41.61                                  | 38.38 |
| 2   |                      |                                   | галечники        | 0.50                             | 12.00 |  | 42.00  | 3.0-15.0                                   |       |  | 35.30 |
| 4   | $edQ_{3-4}$          | Элювиально-делювиальные отложения | Глины и супеси   | 0.03                             | 1.08  | 0.20                                   | 9.10   | 4.65                                       | 33.20 | 50.42                                  | 39.11 |
| 5   |                      |                                   | Песчаник         | 0.69                             | 15.16 | 3.30                                   | 197.00 | 53.28                                      | 22.66 | 39.94                                  | 28.68 |
| 6   | $J_2 cr$             | Скальные грунты                   | Песчаник         | 0.00                             | 7.61  | 0.01                                   | 34.30  | 8.84                                       | 10.76 | 21.16                                  | 17.13 |
| 7   |                      |                                   | Доломит          | 0.01                             | 6.06  | 0.01                                   | 20.70  | 3.29                                       | 3.34  | 9.48                                   | 6.06  |

Рис.1.8 Региональный геолого-гидрогеологический разрез (по материалам отчета Куренной Л.М. «Отчёт о результатах поисково-разведочных работ на лечебные рассолы для курорта «Усолье», Иркутск, 1976 г.)



### 1.5 Режим подземных вод

Существующая гидрогеологическая ситуация значительно отличается от некогда существовавшего слабо нарушенного естественного фона. В начале пятидесятих годов прошлого столетия глубина залегания грунтовых вод повсеместно превышала 5 м. Качественное состояние воды также было близко к естественному фону.

Со временем произошел подъем зеркала грунтовых вод, интенсивно происходил рост минерализации и кардинально изменялся химический состав подземных вод.

Как до начала техногенеза, так и в период его интенсивного влияния и до наших дней, в границах промышленной зоны существует радиально расходящийся грунтовый поток. Конфигурация эквипотенциалей обусловлена положением региональных дрен – рек Ангары и Белой на участке мысового окончания междуречья. Разнонаправленность движения грунтовых вод свидетельствует и в пользу существенного участия техногенного питания.

Мощность грунтового водоносного горизонта до начала техногенного воздействия изменялась от 0 до 6,0 м. С течением времени она возросла до 7 м даже там, где водоносный горизонт вообще отсутствовал. К 1990 году произошла относительная стабилизация, когда приток примерно оказался равным оттоку. Глубина залегания грунтовых вод непосредственно в 1990 года изменялась от 1,2 до 3,0 м. Большая часть промплощадок предприятий испытывала интенсивное подтопление (до 2 м). Вниз по потоку от предприятий глубина залегания довольно быстро увеличивалась, достигая 4-6 м. Таким образом, под рассматриваемой территорией с 1990 годов существовал гидродинамический купол подземных вод с превышением над базовой поверхностью около 2-3 м.

Частичное свертывание производства к 2000 году привело к общему понижению уровня и, как следствие, к уменьшению мощности водоносного горизонта. Наблюдаемое после 2000 года оживление промышленности, привело к избирательному повышению уровня подземных вод и увеличению мощности грунтового потока до 11 м.

В настоящее время в пределах рассматриваемого района можно выделить следующие направления потока подземных вод: восточное и северо-восточное к р. Ангаре и северное, северо-западное - к р. Белой. Уровни подземных вод устанавливаются на абсолютных отметках 415 – 455 м.

По данным многолетних режимных наблюдений в настоящее время уровень грунтовых вод на рассматриваемой территории особых изменений не испытывает и находится на глубине до 14 м от поверхности земли. Наиболее высокое положение уровня по-прежнему отмечается на заболоченных участках мест размещения шламонакопителя ООО «Усольехимпром», золоотвала ТЭЦ-11 и отстойников очистных сооружений. Также зоны сильного и среднего подтопления отмечаются в юго-западной и центральной частях промплощадки, где ввиду антропогенной нагрузки на водовмещающие породы нарушен естественный режим грунтовых вод. Более низкое залегание уровня грунтовых вод наблюдается в районе северо-восточной части промплощадки ООО «Усольехимпром» и на западе характеризуемой площади.

|              |  |      |      |      |       |      |      |
|--------------|--|------|------|------|-------|------|------|
| Взам. Инв.№  | западное - к р. Белой. Уровни подземных вод устанавливаются на абсолютных отметках 415 – 455 м.  |      |      |      |       |      | Лист |
|              | По данным многолетних режимных наблюдений в настоящее время уровень грунтовых вод на рассматриваемой территории особых изменений не испытывает и находится на глубине до 14 м от поверхности земли. Наиболее высокое положение уровня по-прежнему отмечается на заболоченных участках мест размещения шламонакопителя ООО «Усольехимпром», золоотвала ТЭЦ-11 и отстойников очистных сооружений. Также зоны сильного и среднего подтопления отмечаются в юго-западной и центральной частях промплощадки, где ввиду антропогенной нагрузки на водовмещающие породы нарушен естественный режим грунтовых вод. Более низкое залегание уровня грунтовых вод наблюдается в районе северо-восточной части промплощадки ООО «Усольехимпром» и на западе характеризуемой площади. |      |      |      |       |      |      |
|              | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ  |      |      |      |       |      |      |
| Подп. и дата |  |      |      |      |       |      | 29   |
| Инв. № подл. |  |      |      |      |       |      |      |
|              | Изм.   | Кол. | Лист | №док | Подп. | Дата |      |

В многолетнем плане в северо-восточной части территории промплощадки отмечается тенденция к снижению уровня грунтовых вод.

В районе участка шламонакопителя, после прекращения сбросов производственных вод, также отмечается снижение уровня. В районе размещения станции нейтрализации кислотно-щелочных сточных вод по-прежнему наблюдается резкое понижение уровня с 2008 г., вероятно связанное с вводом карты 4 с противофильтрационным экраном на золоотвале ТЭЦ-11. На участке расположения полигона захоронения промотходов также наблюдается незначительный спад уровня грунтовых вод.

Амплитуда сезонных колебаний уровня подземных вод первого от поверхности основного водоносного горизонта зависит от литологического состава пород зоны аэрации и может достигать 2-3 метров.

Подземные воды кембрийских доломитов в 600 м восточнее шламонакопителя, превышают уровень первого от поверхности водоносного горизонта на 2 метра, что характеризует восходящую фильтрацию и условную защищенность от воздействия загрязненных грунтовых вод. Но уже в районе ООО «Усольехимпром» уровень кембрийских напорных вод и уровень грунтовых вод четвертичных отложений имеют обратное соотношение напоров, характеризующее нисходящую фильтрацию.

Температура воды в скважинах характеризуется значениями от 2 до 10°С. Изменение температуры в течение года главным образом зависит от природно-климатических условий с наименьшими значениями к концу зимы и наивысшими к началу осени. Амплитуда изменения температуры подземных вод в годовом цикле составляет 2 - 4°С.

|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |                 | Лист |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      |
|              |              |      |       |       |      | 30              |      |

Дату образования предприятия можно отнести к 25 декабря 1933 года — начало строительства завода № 97 по производству этиловой жидкости (так первоначально называлось предприятие). Этот день считается днем рождения Химпрома в городе Усолъе-Сибирское.

Завод продолжал успешно развиваться, были пущены следующие производства [15]:

- 1956 год — производство перекиси водорода;
- 1961 год — производство кислорода, азота, очистка рассола;
- 1962 год — комплекс цехов хлорной группы на базе диафрагменного электролиза;
- 1963 год — производство ацетилена и поливиниловой смолы;
- 1964 год — производство кремнийорганических полимеров — лаков и эмалей
- 1966 год — крупнотоннажное производство карбида кальция, необходимого для получения ацетилена — сырья для выработки самых разнообразных видов химической продукции и пластмасс;
- 1967 год — производство чистящих, отбеливающих средств и других товаров бытовой химии;
- 1968 год — начало выпуска синтетического каучука наирит. Прекращено в 1970 году.
- 1969 год — выпуск метилцеллюлозы;
- 1970 год — производство каустической соды методом ртутного электролиза и кремний-органических мономеров;
- 1974 год — первое в РСФСР производство нейтрального гипохлорита кальция;
- 1975 год — производство трихлорэтилена;
- 1983 год — производство металлического натрия;
- 1988 год — производство эпихлоргидрина;
- 1999 год — производство эпоксидно-диановой смолы.
- 2005 год — создание на базе «Усольехимпрома» и «Усолье-Сибирского Силикона» интегрированного комплекса по выпуску кремнийсодержащей продукции для солнечной энергетики и полупроводниковой промышленности. В 2012 году

|  |              |              |   |       |      |                 |  |  |  |  |  |
|--|--------------|--------------|---|-------|------|-----------------|--|--|--|--|--|
| Изм. № подл.   | Подп. и дата | Взаим. Инв.№ | органических мономеров;   |       |      |                 |  |  |  |  |  |
|  |              |              | <ul style="list-style-type: none"><li>1974 год — первое в РСФСР производство нейтрального гипохлорита кальция;</li><li>1975 год — производство трихлорэтилена;</li><li>1983 год — производство металлического натрия;</li><li>1988 год — производство эписхлоргидрина;</li><li>1999 год — производство эпоксидно-диановой смолы.</li><li>2005 год — создание на базе «Усольехимпрома» и «Усолье-Сибирского Силикона» интегрированного комплекса по выпуску кремнийсодержащей продукции для солнечной энергетики и полупроводниковой промышленности. В 2012 году</li></ul> |       |      |                 |  |  |  |  |  |
|  |              |              | интегрированного комплекса по выпуску кремнийсодержащей продукции для   |       |      |                 |  |  |  |  |  |
| солнечной энергетики и полупроводниковой промышленности. В 2012 году |              |              |   |       |      | Лист            |  |  |  |  |  |
|  |              |              |   |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  |  |  |
|  |              |              |   |       |      |                 |  |  |  |  |  |
| Изм.   | Кол.         | Лист         | № док   | Подп. | Дата | 31              |  |  |  |  |  |

производство было законсервировано, в связи с падением цены на поликремний.

ООО «Усольехимпром» производило хлор и каустическую соду по двум технологиям: путем электролиза водного раствора хлорида натрия на электролизерах с диафрагмой и с ртутным катодом. Производство с ртутным катодом просуществовало с 1973 по 1998 гг. (цех был закрыт 22.09.98 по постановлению администрации Иркутской области).

Расчетная величина общих потерь ртути составила массу по разным оценкам 1640-1700 т, из которых около 560 т в виде механических потерь поступило в основание цеха ртутного электролиза (корпус 2101), около 100 т представляли газовые выбросы и около 25 т со стоками поступило в реку Ангара [8]. По разным оценкам от 600 т до 823 тонн ртути в виде сульфидного шлама было накоплено на площадке шламонакопителя.

В настоящее время на территории проектируются мероприятия по ликвидации накопленного вреда окружающей среде.

Расположение основных объектов техногенного воздействия на исследуемой территории представлено на схеме 2.1.

|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|-----------------|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |       |       |      |                 |  |  | Лист |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  | 32   |





Рис. 2.1 Расположение основных объектов техногенного воздействия на исследуемой территории (экспликация объектов представлена в таблице 2.1)

|                 |              |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | 33   |

| №<br>на карте | Наименование объекта   | Площадь,<br>км² |
|---------------|--|-----------------|
| 1             | Промплощадка ТЭФ-11  | 0,62            |
| 2             | Территория завода «Усольехимпром»  | 3,82            |
| 3             | Промплощадка ОАО «Усолье-Сибирский Химфармзавод»                               | 0,61            |
| 4             | Золоотвал ТЭЦ-11   | 0,83            |
| 5             | Шламонакопитель ООО «Усольехимпром»  | 0,13            |
| 6             | Шламонакопитель ОАО «Усолье-Сибирский Химфармзавод»                            | 0,14            |
| 7             | Станция нейтрализации кислотно-щелочных сточных вод ООО «Усольехимпром»        | 0,34            |
| 8             | Очистные сооружения сточных вод г. Усолье-Сибирского и иловые карты            | 0,17            |
| 9             | Городской полигон ТБО  | 0,12            |
| 10            | Комбинат «Прибайкалье»   | 0,71            |
| 11            | Участок соляного рассолопромысла ООО «Сольсиб»                                 | 0,70            |
| 12            | Площадка рассолопромысла к-та «Сибсоль»  | -               |
| 13            | Склад химических отходов 445 (полигон захоронения отходов ООО «Усольехимпром») | 0,05            |
| 14            | Нефтяная линза в зоне ВЗУ  | 0,09            |
| 15            | Склад химических отходов 450   | 0,1             |

Табл. 2.1 Перечень основных объектов техногенного воздействия в соответствии с картой на рис. 2.1.

Согласно имеющимся архивным данным, ранее на территории цеха ртутного электролиза (цех 2101) были реализованы мероприятия по ликвидации выведенного из эксплуатации объекта. Мероприятия представленные в проекте ГТП-06/2018-КР предусматривают устройство шпунтового ограждения глубиной 6-7 метров по периметру цеха.

|              |              |              |      |      |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |      |      |      |       |       |      | Лист |
|              |              |              |      |      |      |       |       |      |      |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |

**5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ**

**34**





### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «MODFLOW»

Программный комплекс Visual MODFLOW® предназначен для моделирования движения подземных вод. Программа разрабатывается, модифицируется и поддерживается с 1989 года и на данный момент признается и используется в более чем 90 различных странах по всему миру. В приложении 1 представлены регистрационные данные программного комплекса и сертификат соответствия RA.CA.AB86.H01193.

Комплекс объединяет в себе расчетный модуль и мощные средства визуализации исходных и выходных параметров. Результаты расчетов могут быть представлены в виде таблиц, графиков, карт или трехмерных моделей геологической среды. Различные фильтрационные и миграционные параметры можно присваивать графически. При этом за счет наглядности снижается вероятность неправильной интерпретации вводимых или полученных данных.

Программа позволяет осуществлять моделирование стационарных и нестационарных задач геофильтрации в многослойных и квазитрехмерных изотропных и анизотропных в плане системах. Решение задач выполняется на основании дифференциального уравнения:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t},$$

где  $K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ , и  $K_{zz}$  – значения коэффициентов фильтрации вдоль осей  $x$ ,  $y$ , и  $z$ ;

$h$  – расчетное значение уровня подземных вод;

$W$  – дополнительное питание или разгрузка;

$S_s$  – емкость пород;

$t$  – время.

Решение реализуется в конечно-разностной форме и базируется на уравнении неразрывности потока определяющего, что сумма потоков в сторону ячейки и из нее должна быть одинаковой (для стационарного режима). При этом учтено допущение, что при моделировании движения воды без учета массопереноса плотность воды является постоянной величиной. Баланс потока для ячейки в таком случае может быть записан в виде:

$$\sum Q_i = SS \frac{\Delta h}{\Delta t} \Delta V,$$

где  $SS$  – условное обозначение, характеризующее удельную ёмкость ячейки в формулировке конечной разности;

$\Delta V$  – объем ячейки;

$\Delta h$  – изменение уровня во времени  $\Delta t$ .

Взаимосвязь с поверхностными водами может воспроизводиться в одном из следующих режимов: подпертом, свободном или переменном в пространстве и (или) во времени. Эта взаимосвязь воспроизводится в соответствии со следующим выражением:

|               |      |      |       |       |      |  |
|---------------|------|------|-------|-------|------|--|
| Взаим. Инв. № |      |      |       |       |      |  |
|               |      |      |       |       |      |  |
|               |      |      |       |       |      |  |
| Подп. и дата  |      |      |       |       |      |  |
|               |      |      |       |       |      |  |
|               |      |      |       |       |      |  |
| Инв. № подл.  |      |      |       |       |      |  |
|               |      |      |       |       |      |  |
|               |      |      |       |       |      |  |
| Изм.          | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |  |
|               |      |      |       |       |      |  |
|               |      |      |       |       |      |  |

$$Q_{riv} = Q_{riv} \int_{i,j}^t = P(H_{riv} - H) \text{ где:}$$

координаты расчетного блока i (по оси Y) и j (по оси X), момент времени t;

$H_{riv}$  и  $H$  – уровень воды в реке и блоке ( $H_{riv}$  и  $H$ );

$P = \frac{k_0}{m_0} \Delta x \cdot \Delta y$  – проводимость русловых отложений; с учетом коэффициента взаимосвязи поверхностных и подземных вод ( $\frac{k_0}{m_0}$ ); ширины и длины русла реки в пределах блока ( $\Delta x$  и  $\Delta y$ ) модели и абсолютной отметки уровня воды в реке.

Аналогичным образом моделируется работа систем горизонтального дренажа и воспроизводится приток подземных вод к дренам  $Q_d$ :

$$Q_d = Q_d \int_{i,j,k}^t = T_d(H_d - H)$$

где:  $T_d$  – блоковая проводимость дренажных сооружений;  $H_d$  – абсолютная отметка уровня воды в дренае.

Суммарная величина притока в блок определяется выражением:

$$\sum Q_i = Q_{riv} + Q_{dr} + Q_{skv} + Q_{in} + Q_{out} + Q_w + Q_{et} + Q_{гл}$$

где:

$Q_{skv}$  – приток, связанный с работой скважин;

$Q_{in}$  – приток в расчетный блок из соседних ячеек;

$Q_{out}$  – отток из расчетного блока в соседние ячейки;

$Q_{гл}$  – глубинный переток;

$Q_w$  – приток за счёт инфильтрационного питания;

$Q_{et}$  – расход на испарение;

На границах области фильтрации устанавливаются следующие условия:

ГУ I рода  $H_0 = \text{const}$ ;

ГУ II рода  $Q = \text{const}$ ;

ГУ III рода  $Q = T_r \times (H_r - H)$ .

$H_0$  – уровень воды в границах элемента;

$Q$  – расход воды, поступающий (уходящий) через элемент на границе модели.

Область, в которой моделируется поток, аппроксимируется ортогональной равномерной или неравномерной сеткой, включающей строки, столбцы и слои. Слои могут быть напорными, безнапорными и напорно-безнапорными. Модель может учитывать влияние на подземные воды водозаборных скважин, областей питания и разгрузки, инфильтрационного питания в различных постановках, дренажей и различных поверхностных водных объектов, водонепроницаемых преград («стен в грунте» и пр). Дополнительно для любого участка моделируемой области возможно создание модели-врезки, позволяющей уточнить в более крупном масштабе особенности движения подземных вод.

|              |              |              |   |      |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|--------------|---|------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв.№ | <p>Н<sub>0</sub> – уровень воды в границах элемента;</p> <p>Q – расход воды, поступающий (уходящий) через элемент на границе модели.</p> <p>Область, в которой моделируется поток, аппроксимируется ортогональной равномерной или неравномерной сеткой, включающей строки, столбцы и слои. Слои могут быть напорными, безнапорными и напорно-безнапорными. Модель может учитывать влияние на подземные воды водозаборных скважин, областей питания и разгрузки, инфильтрационного питания в различных постановках, дрен и различных поверхностных водных объектов, водонепроницаемых преград («стен в грунте» и пр). Дополнительно для любого участка моделируемой области возможно создание модели-врезки, позволяющей уточнить в более крупном масштабе особенности движения подземных вод.</p> |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |              |   |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |              | Изм.  | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |                 | 37   |

Контроль правильности решения задачи осуществляется интегрированными средствами калибровки, обеспечивающими групповую обработку входных файлов модели для проведения анализа чувствительности, построения калибровочных графиков и статистик, или автоматической калибровки модели с использованием встроенной программы WinPEST. Дополнительно точность решения задач контролируется анализом баланса подземных вод как в целом по модели, так и по отдельным водоносным горизонтам и слоям.

Учитывая многообразие планового положения рассматриваемых факторов влияния, для рассматриваемого объекта принято решения разработать концептуальную геофильтрационную модель, что позволило отойти от классической привязки параметров модели к ее дискретизации. Такое решение позволило изменять расчетную сетку геофильтрационной модели в зависимости от характера решаемой задачи.

При использовании концептуальной модели способ вычисления и ввода проводимости зависит от того, является ли объект площадным или линейным. Прежде чем полностью объяснить это, уместно сделать краткий обзор определения проводимости.

Многие типы граничных условий в Modflow (например, удаленная граница, реки, ручьи, стоки) включают параметр проводимости. Modflow использует проводимость для определения количества воды, которая поступает в модель или вытекает из нее из-за сопротивления граничных условий. Взаимосвязь расхода и проводимости выполняется по следующей зависимости:

$Q = k \cdot (\Delta H / l)$   $S = C \cdot \Delta H$ , где  $C$  – проводимость ( $m^2/сут$ ),  $S$  – площадь участка фильтрации перпендикулярно линии тока,  $l$  – протяженность участка фильтрации где происходит изменение напора на  $\Delta H$ .

Выражая проводимость из представленного выше уравнения, получаем:

$$C = kS / L$$

В случае граничного условия такого как река, проводимость определяется в Modflow как гидравлическая проводимость материалов русла реки, деленная на вертикальную толщину (длину пути, основанную на вертикальном потоке) материалов русла реки, умноженную на площадь (ширина, умноженная на длину) реки в ячейке. Последний параметр – площадь ячейки, является самым сложным параметром для определения вручную, поскольку при неравномерной разбивке он варьируется от ячейки к ячейке.

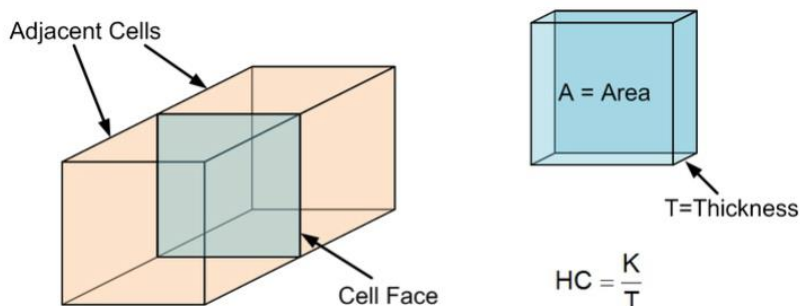
При концептуальном моделировании параметры проводимости объектов (линейных, площадных, точечных) задаются без привязки к размерам ячеек. В процессе переноса концептуальной модели на заданную сетку соответствующую решаемой задачи, программа автоматически определяет проводимость с учётом площади конечной ячейки ( $S$ ).

Для линейных объектов происходит автоматически умножение введенного значения проводимости на длину линии, которая пересекает ячейку, чтобы создать точное значение

|                 |   |      |      |       |       |      |
|-----------------|---|------|------|-------|-------|------|
| Взаим. Инв.№    | (ширина, умноженная на длину) реки в ячейке. Последний параметр – площадь ячейки, является самым сложным параметром для определения вручную, поскольку при неравномерной разбивке он варьируется от ячейки к ячейке.  |      |      |       |       |      |
|                 | При концептуальном моделировании параметры проводимости объектов (линейных, площадных, точечных) задаются без привязки к размерам ячеек. В процессе переноса концептуальной модели на заданную сетку соответствующую решаемой задачи, программа автоматически определяет проводимость с учётом площади конечной ячейки (S). |      |      |       |       |      |
|                 | Для линейных объектов происходит автоматически умножение введенного значения проводимости на длину линии, которая пересекает ячейку, чтобы создать точное значение  |      |      |       |       |      |
| Подп. и дата    |   |      |      |       |       |      |
| Инв. № подл.    |   |      |      |       |       |      |
|                 |   |      |      |       |       |      |
|                 |   |      |      |       |       |      |
|                 | Изм.  | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |   |      |      |       |       | Лист |
|                 |   |      |      |       |       | 38   |


$$C_{poly}^c = k/l$$

Пакет Horizontal Flow Barrier (HFB) используется для имитации эффекта стен из шпунтовых буронабивных свай и прочих объектов, которые действуют как барьер (или частичный барьер) потока подземных вод. Барьеры моделируются в пакете HFB путем определения границ ячеек, которые приблизительно совпадают с местоположением барьера, и присвоения гидравлической характеристики каждой границе ячейки. Каждая граница ячейки представляет собой вертикальную стену между двумя соседними ячейками, как показано на следующем рисунке ниже.



Таким образом в концептуальной модели для линии, соответствующей положению барьера задавался параметр  $k/m$  – отношение проницаемости барьера к его толщине.

Для верификации результатов расчётов, выполним сравнение результатов моделирования полученных для различных сеток. Сравнение проведем для следующих параметров:

1. Изменение уровней подземных вод в результате устройства ПФЗ на геофильтрационной модели для сетки с шагом ячеек в районе шламонакопителя 40x40 м.
2. Изменение уровней подземных вод в результате устройства ПФЗ на геофильтрационной модели для сетки с шагом ячеек в районе шламонакопителя 10x10 м.

|               |   |      |      |       |       |                 |      |
|---------------|---|------|------|-------|-------|-----------------|------|
| Взаим. Инв. № | использованием концептуального моделирования для различных по размеру конечных сеток геофильтрационной модели.  |      |      |       |       |                 |      |
|               | Для верификации результатов расчётов, выполним сравнение результатов моделирования полученных для различных сеток. Сравнение проведем для следующих параметров: |      |      |       |       |                 |      |
|               | 1. Изменение уровней подземных вод в результате устройства ПФЗ на геофильтрационной модели для сетки с шагом ячеек в районе шламонакопителя 40x40 м.            |      |      |       |       |                 |      |
| Подп. и дата  | 2. Изменение уровней подземных вод в результате устройства ПФЗ на геофильтрационной модели для сетки с шагом ячеек в районе шламонакопителя 10x10 м.            |      |      |       |       |                 |      |
|               |   |      |      |       |       |                 |      |
|               |   |      |      |       |       |                 |      |
| Инв. № подл.  |   |      |      |       |       | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      |
|               |   |      |      |       |       |                 |      |
|               | Изм.  | Кол. | Лист | № док | Подп. |                 | Дата |
|               |   |      |      |       |       |                 | Лист |
|               |   |      |      |       |       |                 | 39   |

Сопоставление результатов расчётов выполним по двум контрольным точкам p1 и p2, расположенных на ключевых участках относительно ожидаемого изменения уровня.

Результаты сопоставления представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Сопоставление результатов расчётов по двум контрольным точкам p1 и p2

| Номер точки наблюдения | Размер блоков геофильтрационной модели 40х40 м | Размер блоков геофильтрационной модели 10х10 м, | Невязка, м | Невязка, % |
|------------------------|--|---|------------|------------|
| Point 1                | +0.276   | +0.269  | 0,007      | 2,5 %      |
| Point 2                | -0.553   | -0.549  | 0,004      | 0.7%       |

По результатам расчётов изменения уровней вызванных “барражным эффектом” для сетки с размером блоков 10х10 м и размером блоков 40х40 м находятся в допустимых пределах. Расхождения в полученных результатах по ключевым точкам не превышают 2,5 %. При этом стоит отметить, что расхождения связаны не с ошибкой расчётов, а с осредненными значениями, определяемыми при работе с укрупненной сеткой. Т.е. если анализировать осредненное значение для блоков сетки размером 10х10 м расположенных в границах блоков 40х40 м, то невязка сокращается и не превышает 1%.



#### 4 ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ОБЛАСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Учитывая отметки ложа шламохранилищ и других объектов промплощадки химического производства и предполагаемые при ликвидации мероприятия, в зону техногенного воздействия попадает вся толща четвертичных отложений и верхняя часть юрских и кембрийских (на территории отсутствия юрских) отложений.

Плановые границы области фильтрации, как правило, превышают размеры территории, изучаемой в ходе инженерно-геологических изысканий. Удаленность границ области моделирования (L) обусловлена положением гидрогеологических границ и характером техногенного воздействия. Плановые границы области моделирования приняты по естественным границам питания и разгрузки – локальные водораздельные участки и границы с контуром постоянного напора на западе и юго-западе территории (ГУ-1, 2, 3), области разгрузки по границам рек (ГУ-3) на востоке и севере территории. При этом удаленность западной границы определена таким образом, чтобы гидродинамическое и гидрохимическое влияние объектов исследования заведомо не достигало границ модели. Схема задания граничных условий модели представлена на рисунке 5.5.

Минимальное расстояние от границы территории изучаемого объекта до границ моделирования составляет более 3 км. Дополнительно, следует отметить, что влияние от изменения условий питания и разгрузки в пределах территории распространится на меньшее расстояние, так как действуют несколько компенсирующих факторов – инверсия испарения и перетекание в нижележащие водоносные горизонты.

Для достоверной оценки всех источников формирования питания и разгрузки подземных вод в пределах области моделирования, размеры модели приняты превосходящими минимально необходимые размеры и в несколько раз превышают размеры промплощадки.

При задании граничных условий по границам модели в первую очередь определялось гидродинамическое воздействие границ на процессы в пределах моделируемой области. В том случае, если граница проходит перпендикулярно изопьезам, то она совпадает с линией тока, и может быть принята непроницаемой ( $Q=0$ ). Если граница модели выступает источником питания или разгрузки слоев, то здесь задается ГУ-1.

По глубине разреза в модели учтены аллювиальный водоносный горизонт, слабопроницаемый горизонт элювиально-делювиальных отложений, слабоводоносный горизонт в песчаниках юрской системы и доломиты кембрийского возраста низкой проводимости.

Нижняя граница задана по подошве кембрийского слабоводоносного горизонта в виде граничного условия II рода ( $Q=0$ ). Такая схематизация обусловлена низкой водообильностью этого горизонта и его условной изолированностью от вышележающих водоносных горизонтов толщей четвертичных глинистых отложений. В связи с этим, всякие изменения в уровне воды в вышележающих водоносных горизонтах не могут сколько-нибудь значительно изменить существующий

|              |  |      |      |      |       |      |                 |    |
|--------------|--|------|------|------|-------|------|-----------------|----|
| Взам. Инв.№  | разгрузки слоев, то здесь задается ГУ-1.   |      |      |      |       |      | Лист            |    |
|              | По глубине разреза в модели учтены аллювиальный водоносный горизонт, слабопроницаемый горизонт элювиально-делювиальных отложений, слабоводоносный горизонт в песчаниках юрской системы и доломиты кембрийского возраста низкой проводимости.   |      |      |      |       |      |                 |    |
|              | Нижняя граница задана по подошве кембрийского слабоводоносного горизонта в виде граничного условия II рода (Q=0). Такая схематизация обусловлена низкой водообильностью этого горизонта и его условной изолированностью от вышележающих водоносных горизонтов толщей четвертичных глинистых отложений. В связи с этим, всякие изменения в уровне воды в вышележающих водоносных горизонтах не могут сколько-нибудь значительно изменить существующий |      |      |      |       |      |                 |    |
| Подп. и дата |  |      |      |      |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | 41 |
|              |  |      |      |      |       |      |                 |    |
|              |  |      |      |      |       |      |                 |    |
| Инв. № подл. |  |      |      |      |       |      | Лист            |    |
|              |  |      |      |      |       |      |                 |    |
|              | Изм.   | Кол. | Лист | №док | Подп. | Дата |                 |    |

режим подземных вод в кембрийском слабоводоносном горизонте.

Учитывая размеры техногенных объектов, сооружений и необходимость детализации расчетов, для моделируемой области применялось концептуальное моделирование с использованием сеток различных размеров. При решении общих миграционных задач конечный размер сеток не превышал размеров 40х40 метров. Учитывая размеры и плотность мероприятий, а также социальную значимость ВЗУ Ангара, при решении прогнозных задач миграции, размеры блоков модели в районе ВЗУ были сокращены в 5-8 раз. Для остальных объектов, требующих детализации, дискретизация области не превышала 10 м. Верификация решений с использованием различных сеток представлена в главе 3.

По всей поверхности на модели было задано граничное условие II рода – инфильтрационное питание первого от поверхности водоносного горизонта. Задача решена в абсолютных отметках уровней.

|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|------|------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |      |       |      | Взаим. Инв. №   |      |
|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|              |              |      |      |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|              |              |      |      |       |      |                 |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист | №док | Подп. | Дата |                 | 42   |

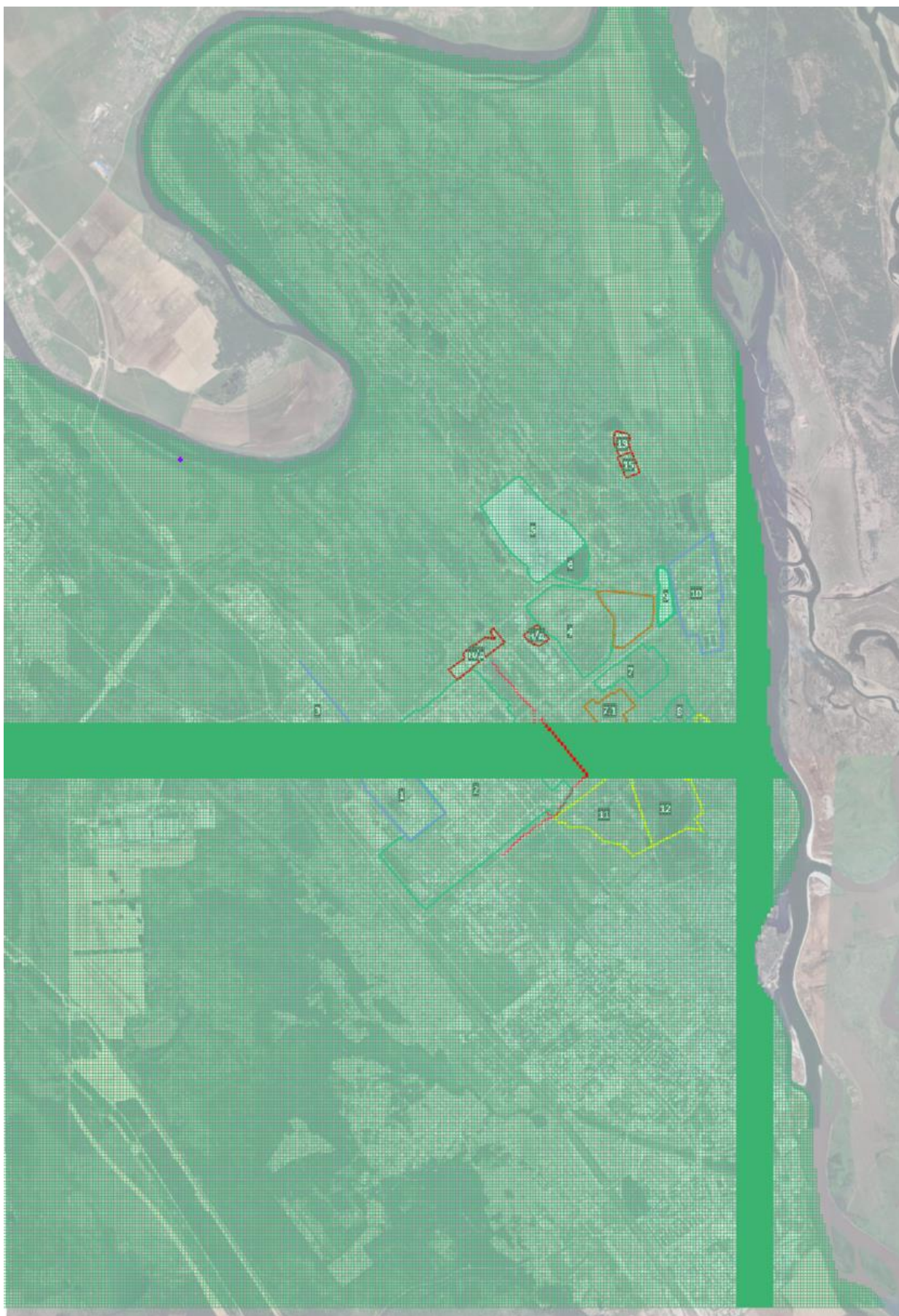



Рис.4.1. Схема одного из вариантов дискретизации математической модели ортогональной сеткой 40х40 с детализацией в районе ВЗУ Ангара (масштаб 1:80 000)

|              |   |      |       |       |      |                 |
|--------------|---|------|-------|-------|------|-----------------|
| Взаим. Инв.№ |   |      |       |       |      |                 |
| Подп. и дата | <p><i>Рис.4.1. Схема одного из вариантов дискретизации математической модели ортогональной сеткой 40х40 с детализацией в районе ВЗУ Ангара (масштаб 1:80 000)</i></p> |      |       |       |      |                 |
| Инв. № подл. |   |      |       |       |      |                 |
| Изм.         | Кол.  | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |   |      |       |       |      |                 |
|              |   |      |       |       |      | Лист            |
|              |   |      |       |       |      | 43              |

| Item                 | Value         | Units |
|----------------------|---------------|-------|
| Grid type:           | Cell Centered |       |
| X origin:            | 3283000.0     | (m)   |
| Y origin:            | 433000.0      | (m)   |
| Z origin:            | 350.0         | (m)   |
| Length in X:         | 11999.999996  | (m)   |
| Length in Y:         | 17200.0       | (m)   |
| Length in Z:         | 10.0003       | (m)   |
| Rotation angle:      | 0.0           |       |
| AHGW X origin:       | 3283000.0     | (m)   |
| AHGW Y origin:       | 450200.0      | (m)   |
| AHGW Z origin:       | 360.0003      | (m)   |
| AHGW Rotation angle: | 90.0          |       |
| Minimum scalar:      | -1346.67      |       |
| Maximum scalar:      | 500.3341      |       |
| Num cells i:         | 429           |       |
| Num cells j:         | 302           |       |
| Num cells k:         | 7             |       |
| Number of nodes:     | 1042320       |       |
| Number of cells:     | 906906        |       |
| No. Active cells:    | 652512        |       |
| No. Inactive cells:  | 254394        |       |
| Projection:          | No projection |       |

Рис.4.2. Характеристика стандартной модельной сетки принятой на геофильтрационной модели

Общая площадь области моделирования 148 889 619 м<sup>2</sup>, количество активных ячеек в модели 652512 шт, количество ячеек в первом слое 93212 шт.

|              |              |             |      |      |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|-------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв.№ |      |      |      |       |       |      | Лист |
|              |              |             |      |      |      |       |       |      |      |
|              |              |             | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |

**5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ**

44

## 5 ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ МОДЕЛИ

На геофильтрационной модели учтены основные факторы, которые могли оказать существенное влияние на прогнозное изменение гидрогеологических условий. Всего на модели изначально было задано 6 слоев, в процессе калибровки аллювиальный и элювиально-делювиальный горизонты были объединены в общий четвертичный водоносный горизонт. Также учтены параметры зоны аэрации и поверхностные воды. Общая структура геофильтрационной модели следующая:

0. Зона аэрации и поверхностные воды.
1. Водоносный горизонт объединенных четвертичных отложений.
2. Слабопроницаемый маломощный горизонт элювиальных суглинков и глин черемховской свиты в кровле юрских отложений.
3. Слабоводоносный горизонт в трещиноватых песчаниках второй пачки Черемховской свиты нижней юры.
4. Слабопроницаемые отложения первой пачки Черемховской свиты нижней юры.
5. Условная зона трещиноватости доломитов в отложениях нижней подсвиты ангарской свиты нижнего кембрия.
6. Слабоводоносные карбонатные отложения ангарской свиты нижнего кембрия.

Объемная структура геофильтрационной модели и схема гидроизогипс подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта представлена на рис. 5.1.

|              |               |      |       |       |      |                 |    |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|----|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      | Лист            |    |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |    |
|              |               |      |       |       |      |                 |    |
|              |               |      |       |       |      |                 |    |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | 45 |
|              |               |      |       |       |      |                 |    |



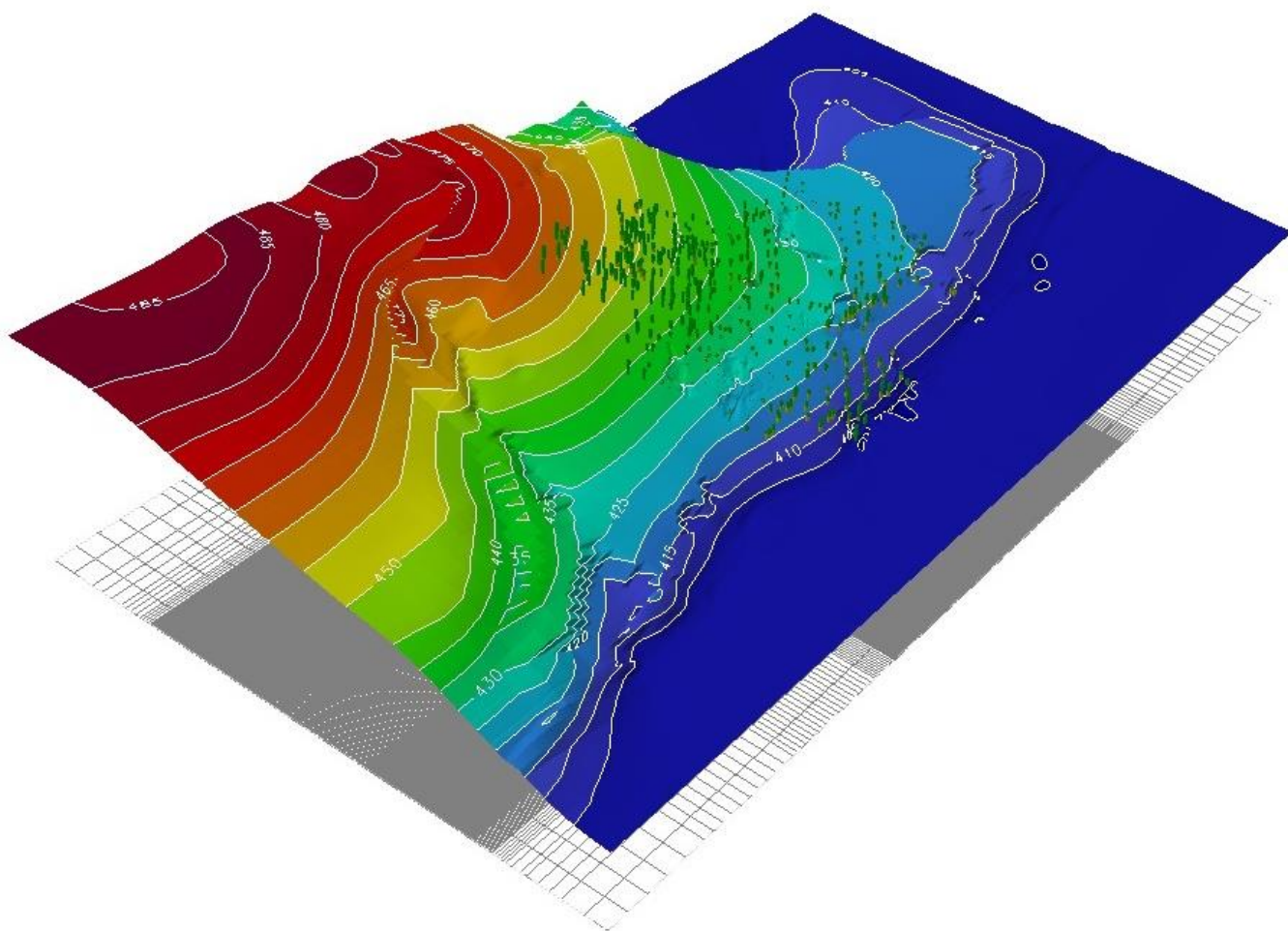
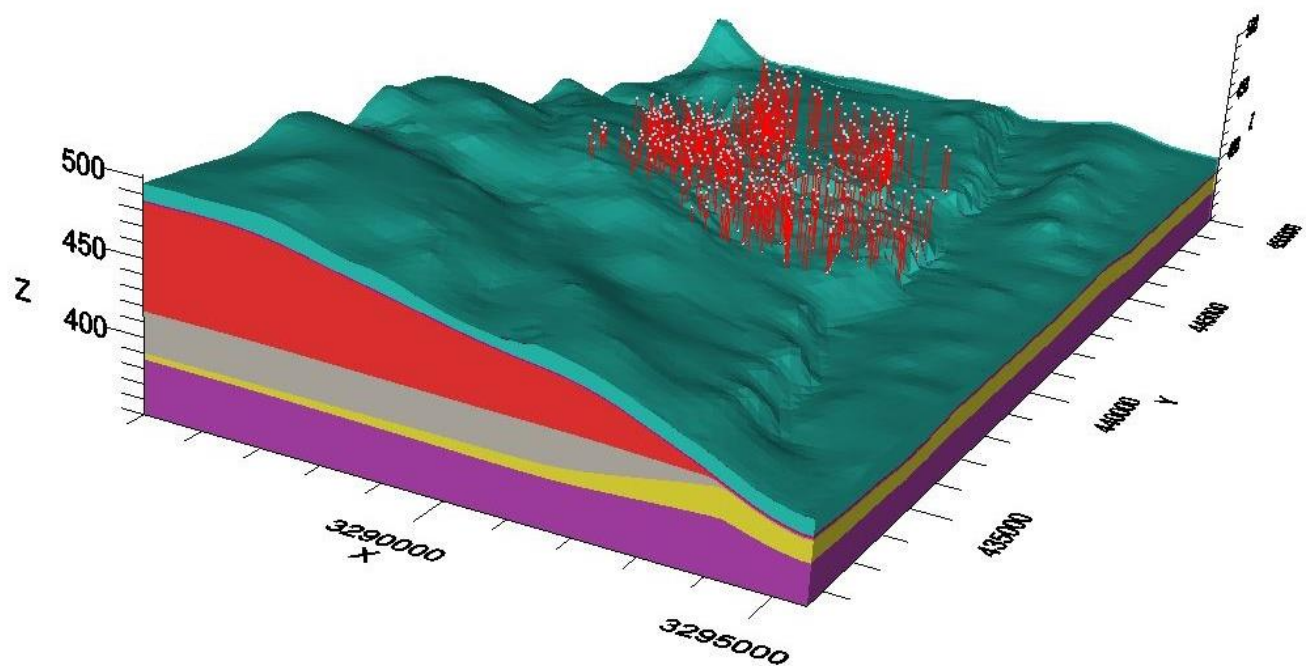


Рис 5.1 - объемная структура геофильтрационной модели

|              |              |              |      |      |      |       |                 |      |      |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-----------------|------|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |      |      |      |       | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      | Лист |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп.           | Дата | 46   |



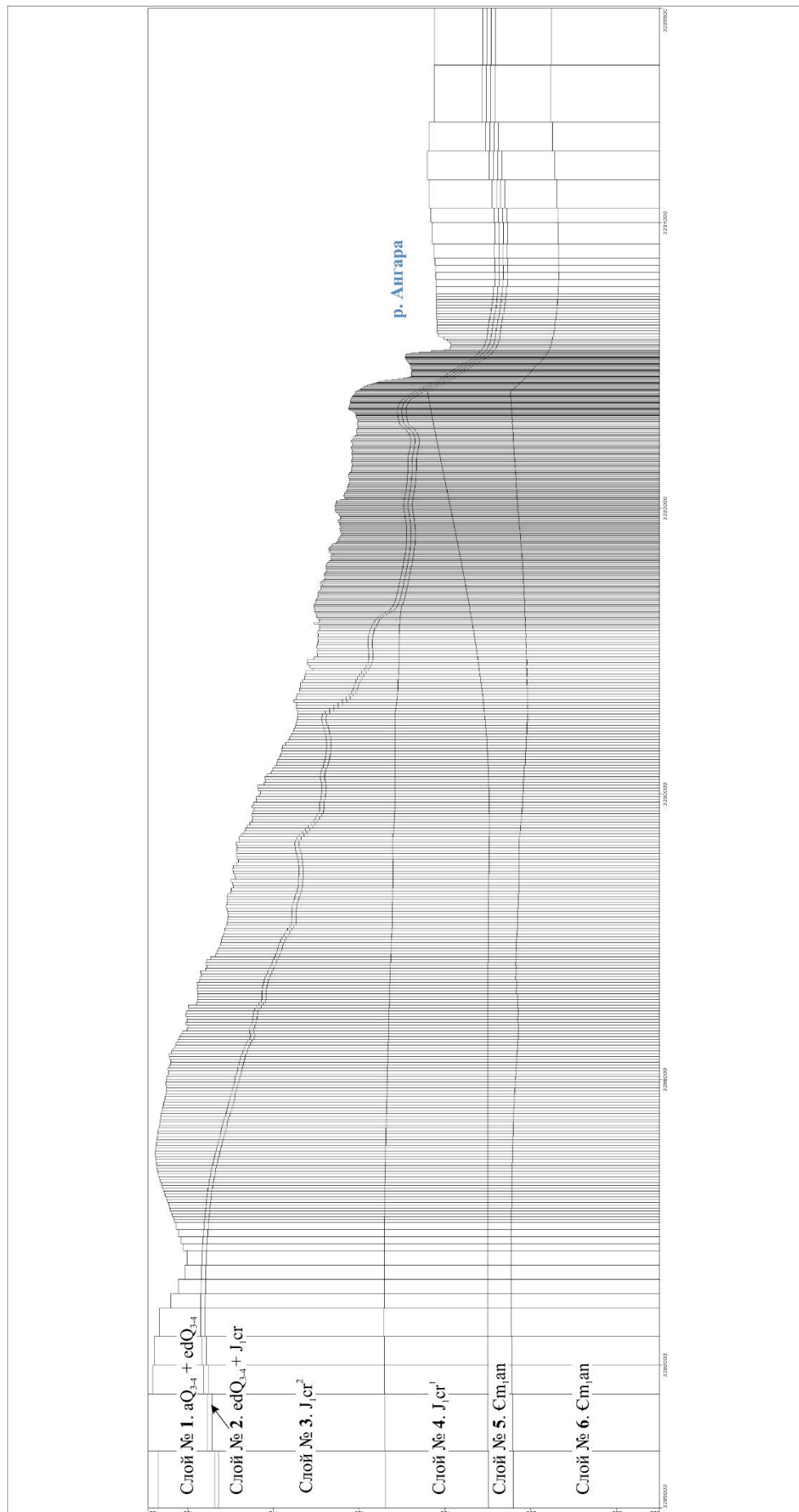


Рис 5.2 – Схематизация геолого-гидрогеологического разреза на математической модели (с запада на восток)

Охарактеризуем параметры каждого слоя, заданного на модели.

### 5.0 Зона аэрации и поверхностные воды

Абсолютные отметки рельефа в пределах изучаемой области уменьшаются от 485-500 м на юго-западе до 402-410 м на востоке и северо-западе территории.

Поверхность рельефа служит верхней границей модели, она была оцифрована с топографических карт. В пределах участка расположения промплощадки химического производства оцифровка поверхности рельефа проводилась по результатам топографо-геодезической съемки территории. Преобразование точечных высотных данных в цифровую поверхность производилось с точностью интерполяции (в плане) 5 м, соответствующей максимальной детальности дискретизации геофильтрационной модели.

Карта рельефа в пределах моделируемой области представлена на рисунке 5.3.

Инфильтрационное питание в пределах модели задано как постоянная во времени величина, в диапазоне 60-300 мм/год. В шламохранилищах и других техногенных водных поверхностных объектов, где происходит аккумуляция поверхностного стока и осадков, инфильтрационное питание задано повышенным и составило до 300 мм/год. Средняя величина в пределах всей области моделирования составляет порядка 15-20% от общей величины осадков и соответствует значениям, определенным в ходе аналогичных работ в пределах рассматриваемого региона. Также увеличенные значения инфильтрационного питания заданы на водоразделе в юго-западной части территории.

Крупные и мелкие водотоки, располагающиеся на рассматриваемой территории, заданы на модели в виде ГУ-III рода. Пространственная конфигурация водотоков на модели принималась по топографическим картам и схемам и на исследуемом участке соответствует естественным контурам рек. Проводимость русла этих водотоков определялась по зависимости:

$$P = \frac{k_0}{m_0} \Delta x \cdot b,$$

где  $\frac{k_0}{m_0}$  – параметр проницаемости донных отложений, сут<sup>-1</sup> (отношение коэффициента фильтрации  $k_0$  к мощности  $m_0$  подрусловых отложений);

$\Delta x$  – размер блока модели, м;

$b$  – ширина водотока в блоке. В случае  $b > \Delta y$ , водоток по ширине задавался в виде нескольких модельных блоков.

Схема задания граничных условий представлена на рисунке 5.5, синим цветом показаны поверхностные водотоки и водоемы, серым – зоны дренирования.

|              |              |              |  |       |      |                 |  |      |
|--------------|--------------|--------------|--|-------|------|-----------------|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № | <p>фильтрации <math>K_0</math> к мощности <math>m_0</math> подрусловых отложений);</p> <p><math>\Delta x</math> – размер блока модели, м;</p> <p><math>b</math> – ширина водотока в блоке. В случае <math>b &gt; \Delta y</math>, водоток по ширине задавался в виде нескольких модельных блоков.</p> <p>Схема задания граничных условий представлена на рисунке 5.5, синим цветом показаны поверхностные водотоки и водоемы, серым – зоны дренирования.</p> |       |      |                 |  |      |
|              |              |              |  |       |      |                 |  |      |
|              |              |              |  |       |      |                 |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док  | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
|              |              |              |  |       |      |                 |  | 48   |

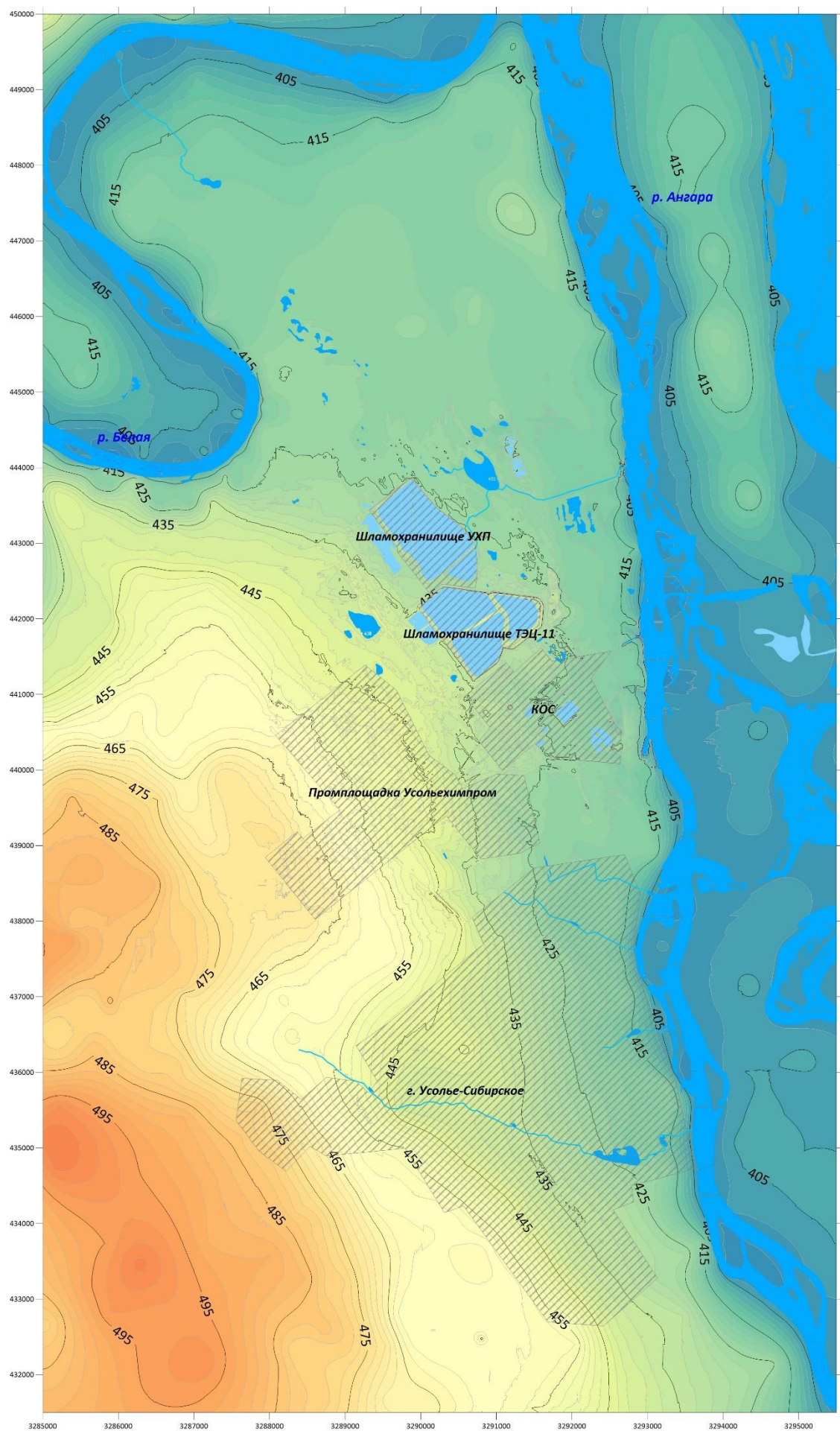


Рисунок 5.3 Карта рельефа области моделирования – ЦМР (масштаб 1:80 000)

|              |              |  |  |  |  |  |
|--------------|--------------|--|--|--|--|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |  |  |  |  |  |
|              | Взам. Инв.№  |  |  |  |  |  |
|              |              |  |  |  |  |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ



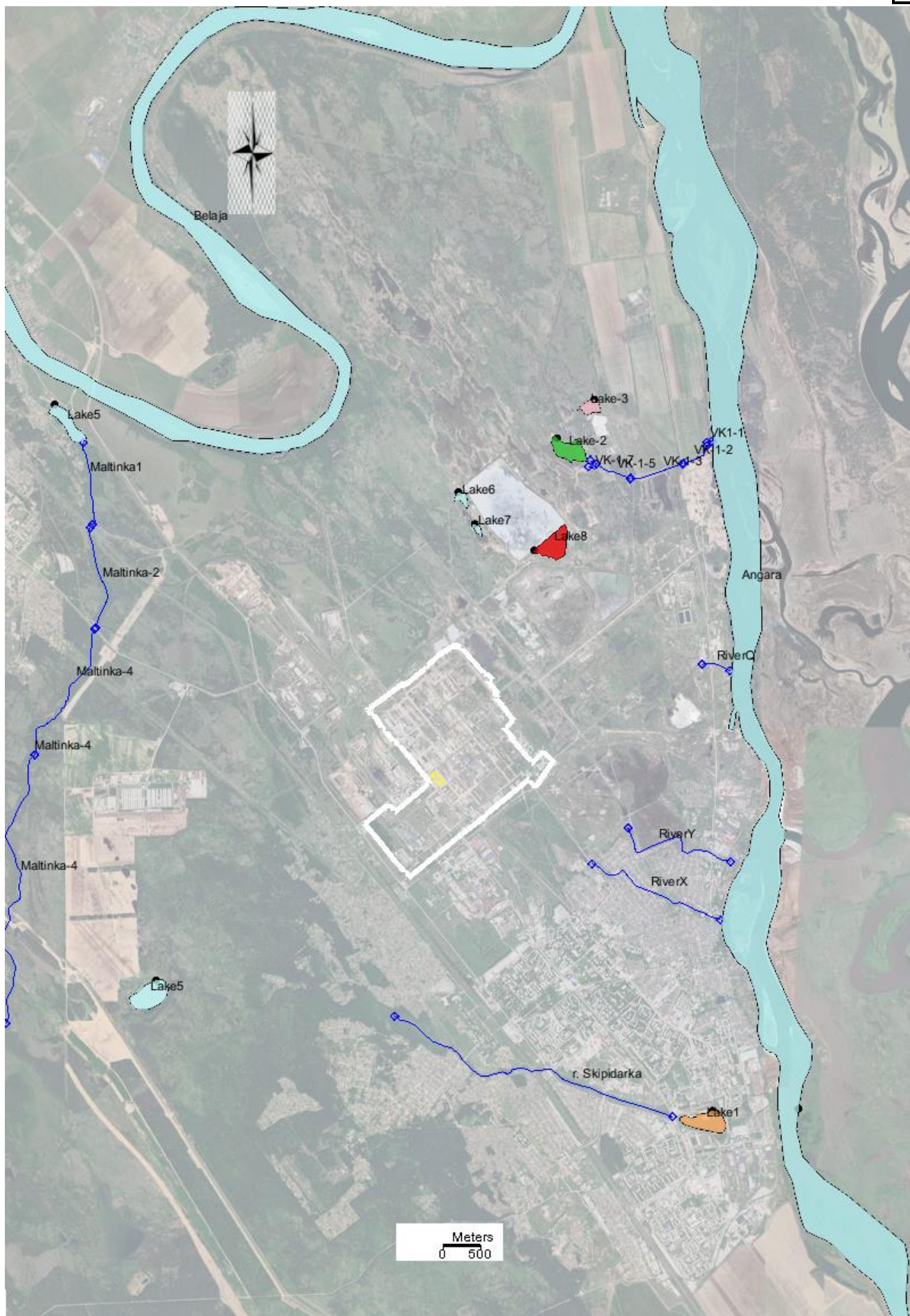


Рис.5.4 Схема задания на модели поверхностных водотоков (м. 1:80 000)

|              |              |
|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |
|              | Подп. и дата |
|              |              |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Оперируя фактическим набором исходных данных, при оценке параметра проницаемости донных отложений в качестве начальных значений принималось отношение коэффициента фильтрации грунтов в основании водотока к их мощности.

Так, например, параметр проницаемости русловых отложений для рек Ангара и Белая на геофильтрационной модели принят равным проницаемости аллювиальных суглинистых отложений, развитых в ложе указанных рек и определенный в составе инженерных изысканий.

Для остальных участков в качестве примера определения параметра проницаемости, рассмотрим крупный водоем фактически представляющий собой заболоченный участок с уровнем воды от ложа 0,0-0,2 м, расположенный в 500 м северо-восточнее шламонакопителя (см. рис. 5.5).

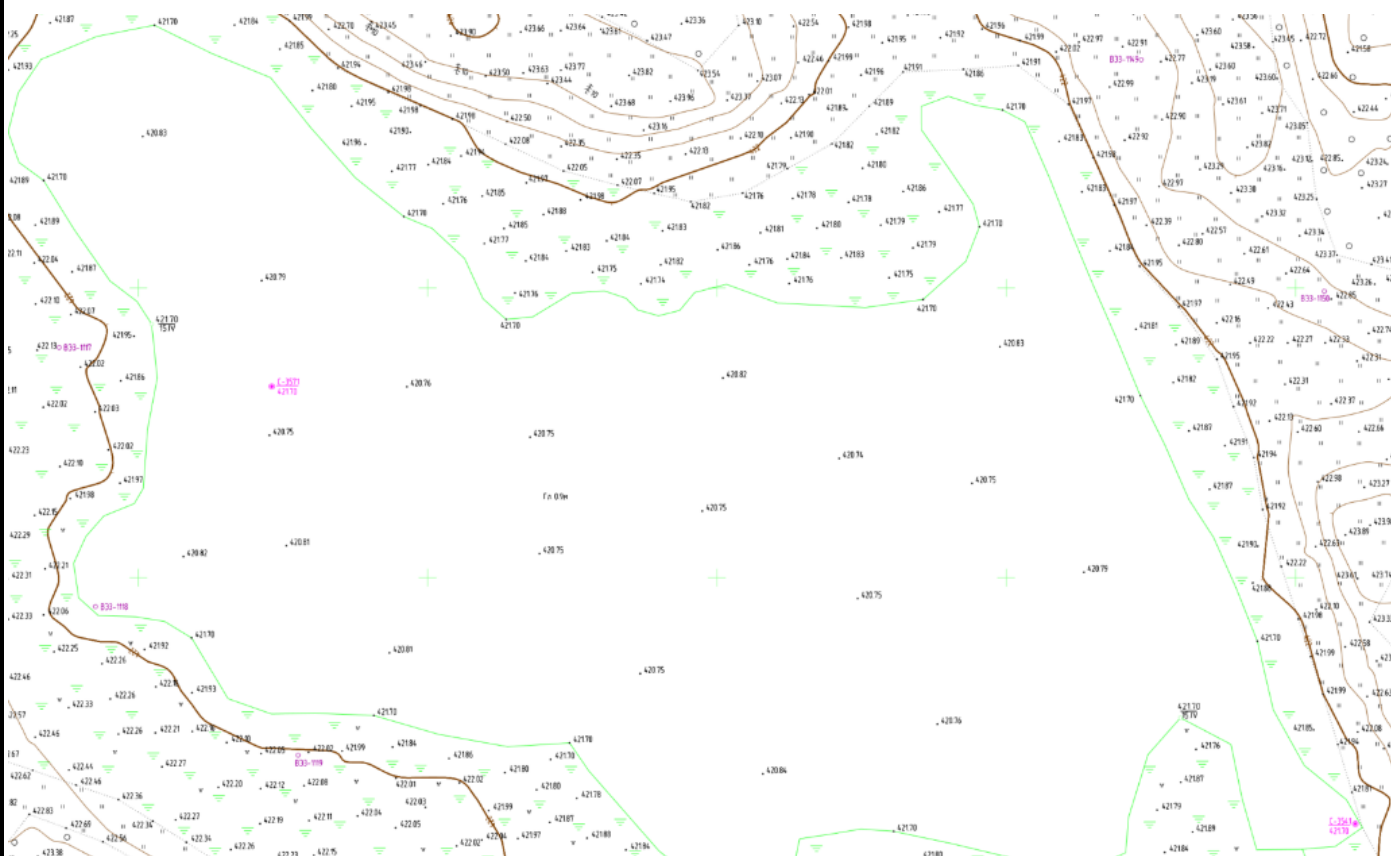


Рис.5.5 Фрагмент геоподосновы участка с положением рассматриваемого водоёма

Водоем образуется за счёт аккумуляции поверхностного стока и частично за счет дренирования подземных вод. Основная разгрузка – переливом в водоотводную канаву в районе скважины 3541. Фрагмент разреза по скважине, выполненной в границах водоема С-3571 представлен на рисунке ниже (рис. 5.6). Как видно из разреза, мощность слабопроницаемых грунтов достигает 5 м и при коэффициенте фильтрации  $k_0=0,05$  м/сут, начальный параметр проницаемости донных отложений составил  $k_0/m_0=0,01$  сут<sup>-1</sup>. В ходе калибровки модели, при решении обратной задачи, данный параметр был уточнен.

|                 |      |      |       |       |      |      |
|-----------------|------|------|-------|-------|------|------|
| Взаим. Инв.№    |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| Подп. и дата    |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| Инв. № подл.    |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      |      |       |       |      | Лист |
|                 |      |      |       |       |      | 51   |





от соотношения литологических разностей водоносного горизонта, в соответствии с картой суммарной мощности водопроницаемых песчано-гравийных отложений, представленной на рисунке 1.8.

При описанной выше схематизации гидрогеологического разреза и при оценочных величинах коэффициентов фильтрации суммарная водопроницаемость четвертичных отложений изменялась от 0,5-5 м<sup>2</sup>/сут в области развития глинистых пород при отсутствии в них аллювиальных песков, до 40-200 м<sup>2</sup>/сут при песчаном характере разреза. В дальнейшем при воспроизведении на модели современных гидрогеологических условий указанные величины были уточнены.

В строении русловых отложений принимают участие современные аллювиальные отложения – представлены мелкозернистыми песками, супесями, песками разнотернистыми с включением гравия, гальки, валунов и щебня, осредненный коэффициент фильтрации принят равным до 12 м/сут; береговые отложения надпойменных террас – представлены супесями, суглинками и глинами, осредненные значения коэффициентов фильтрации принимались как для слабопроницаемых пород.

В первом слое модели также учтено и задано несовершенное (по степени заглубления) шпунтовое ограждение, расположенное в непосредственной близости от водозабора «Ангара». Создано оно для предотвращения распространения нефтепродуктов и дальнейшего их подпадания в реку. Модельный контур шпунтового ограждения показан на рисунке 5.6, коэффициент проницаемости ограждения принят  $k_0/m_0=0.005$  м/сут.



Рис.5.5. Схема задания на модели шпунтового ограждения (контур шпунта - красная линия).

Положение противотрационной завесы по периметру цеха ртутного электролиза принятое на геофильтрационной модели представлено на рис. 5.6.

|              |              |               |   |       |      |                 |  |      |
|--------------|--------------|---------------|---|-------|------|-----------------|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |   |       |      |                 |  |      |
|              |              |               | <p><i>Рис.5.5. Схема задания на модели шпунтового ограждения (контур шпунта - красная линия).</i></p> <p>Положение противодиффузионной завесы по периметру цеха ртутного электролиза принятое на геофильтрационной модели представлено на рис. 5.6.</p> |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |   |       |      |                 |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док   | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
|              |              |               |   |       |      |                 |  | 53   |

Рассматривая гидрогеологические условия на участке цеха, можно отметить наличие в верхней части четвертичного водоносного горизонта толщи суглинков залегающей на песках ИГЭ 64с, 64м и е64м. Грунтовый поток получая инфильтрационное питание на рассматриваемом участке за счёт низких фильтрационных свойств верхней части разреза движется преимущественно вниз и достигая относительно выдержанной толщи песчаных грунтов с основным потоком направленным со стороны водораздела далее меняет направление на латеральное с общим оттоком на восток.

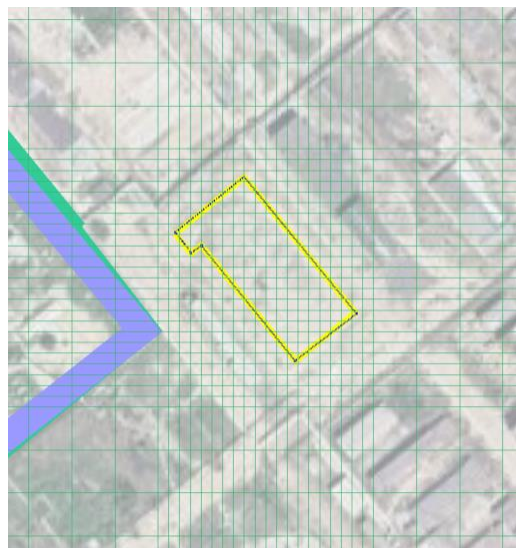


Рис.5.6. Схема с положением ПФЗ по периметру цеха ртутного электролиза

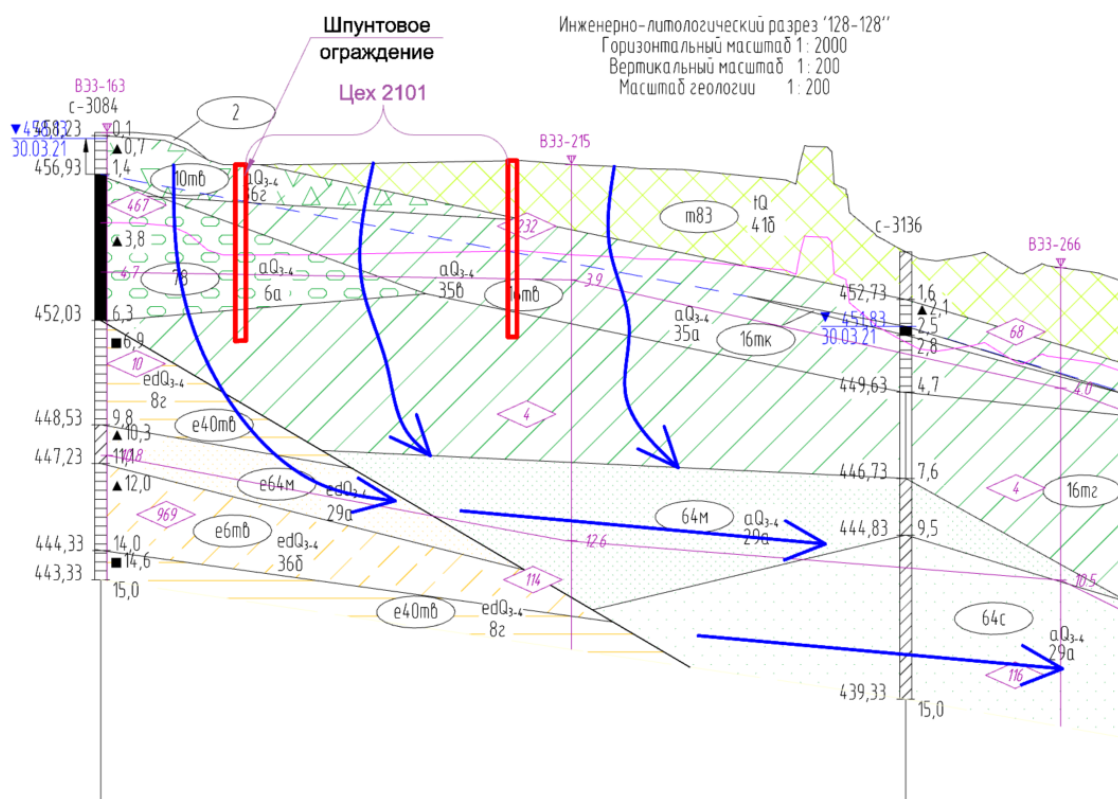


Рис.5.7. Схема иллюстрирующая основные пути фильтрации на участке цеха

ПФЗ позволяет локализовать загрязнение в пределах площадки т.к. перекрывает отдельные зоны сосредоточенной фильтрации в линзах и прослоях проницаемых грунтов развитых в толще глинистых отложений, но на региональный поток влияния не оказывает. Для обоснования данного

|              |              |  |  |  |  |  |               |
|--------------|--------------|--|--|--|--|--|---------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |  |  |  |  |  | Взаим. Инв. № |
|              |              |  |  |  |  |  |               |

утверждения выполнена оценка коэффициента водообмена – соотношения вертикальной и горизонтальной составляющей потока (при среднем латеральном градиенте потока  $I_{гор}=0,05$ ). Полученное значение коэффициента водообмена  $k_{во}=q_{верт}/q_{гор}>10$ , следовательно главным фактором на рассматриваемом участке является перетекание подземных вод, формируемых за счёт инфильтрационного питания.

**5.2 Второй слой модели - слабопроницаемый маломощный горизонт элювиальных суглинков и глин в кровле юрских отложений**

На геофильтрационной модели задан не повсеместно, горизонт размыт вблизи русел крупных рек Ангара и Белая, здесь фильтрационные параметры горизонта замещены параметрами нижележащих отложений; непосредственно на русловой территории горизонт замещен аллювиальными отложениями.

Рассматриваемый горизонт схематизирует на модели слабопроницаемые отложения элювиальных четвертичных суглинков и глин черемховской свиты в кровле юрских отложений, имеющие переменную мощность на территории исследований.

Мощность горизонта составляет 1 м на всей площади его распространения в модели. Значение вертикального коэффициента фильтрации задано равным 0,001-0,01 м/сут. Минимальные значения характерны для участков в юго-западной части модели, максимальные – в долинах рек.

|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взаим. Инв. №   |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |      |       |       |      |                 | 55   |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |











На геофильтрационной модели задан повсеместно. Слабопроницаемый горизонт представлен плотными глинистыми доломитами. Горизонт схематизирован величиной горизонтального коэффициента фильтрации  $k = 0.2$  м/сут и вертикального  $k_z = 0.02$  м/сут.

Подошва горизонта является нижней границей модели и представляет собой закрытую (непроницаемую) границу.

В таблице 5.1 представлены сводные фильтрационные параметры слоёв геофильтрационной модели в сопоставлении с ранее изученными значениями.

|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
|--------------|--------------|---------------|-------|-------|------|-----------------|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |       |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
|              |              |               |       |       |      |                 |  | 58   |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |

Таблица 5.1 Сводная таблица характеристик элементов модели

| № п.п | № слоя в модели | Обозначение в модели          | Включенные геологические слои | Наименование слоя  | Коэффициент фильтрации, м/сут   |  |  |  |            | Справочные материалы по гидрогеологии               | Принят на модели |
|-------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--|---|--|--|--|------------|---|------------------|
|       |                 |                               |                               |  | Результаты инженерно-геологических изысканий 2021 г. [4,5]              | Прогноз распространения рутинного загрязнения подземных вод... [8] | Гидрогеологические изыскания на водозаборе «Ангара» [13] | Информационная справка о гидрогеологических условиях участка [3] |            |   |                  |
| 1     | 1               | Q                             | $aQ_{3-4}$                    | Аллювиальные четвертичные отложение  | 0.5-12<br><i>km</i> до 42 м <sup>2</sup> /сут                           | -  | -  | до 122   | 10-100     | $K_{гор.}=1...12$<br>$K_{верт.}=0.1...1.0$          |                  |
|       |                 |                               |                               |  | 0.5-6.9<br><i>km</i> до 3-15 м <sup>2</sup> /сут                        | 0.5-10   | 0.4-7.7<br><i>сред.</i> 2.2                              | 4.1-15.6   | 1-10       | $K_{гор.}=0.01-8$<br>$K_{верт.}=0.005-1$            |                  |
| 3     | 2               | Q+J                           | $edQ_{3-4} + J_{1cr}$         | Водоносный горизонт объединенных четвертичных отложений                                      | 0.03-1.08 <i>сред.</i> 0.56<br><i>km</i> 0.2-9.1 м <sup>2</sup> /сут    | 0.0001   | -  | -  | 0.001-0.01 | $K_{гор.}=0.001...0.01$<br>$K_{верт.}=0.001...0.01$ |                  |
| 4     | 3               | J <sub>1cr</sub> <sup>2</sup> | $J_{1cr}$                     | Слабопроницаемый малоощущный горизонт элювиальных суглинков и глин в кровле юрских отложений | 0.69-15.16 <i>сред.</i> 4.85<br><i>km</i> 3.3-197 м <sup>2</sup> /сут   | 1 - 2  | -  | <i>km</i> до 6 м <sup>2</sup> /сут                               | 0.1-10     | $K_{гор.}=1...5$<br>$K_{верт.}=0.1$                 |                  |
| 5     | 4               | J <sub>1cr</sub> <sup>1</sup> |                               | Слабопроницаемые отложения первой пачки Черемховской свиты нижней юры                        | 0.001-7.61 <i>сред.</i> 1.85<br><i>km</i> 0.01-34.3 м <sup>2</sup> /сут | 0.035  | -  | -  | 0.01-1     | $K_{гор.}=0.3$<br>$K_{верт.}=0.03$                  |                  |
| 6     | 5               | Єm <sup>2</sup>               | $Єm_{1an}$                    | Зона трещиноватости доломитов в отложениях нижней подсвиты ангарской свиты нижнего кембрия   | 0.01-6.06 <i>сред.</i> 1.03<br><i>km</i> 0.01-20.7 м <sup>2</sup> /сут  | 0.1-22.8<br><i>принят</i> 10                                       | -  | <i>km</i> до 1.5 м <sup>2</sup> /сут                             | 1-20       | $K_{гор.}=1$<br>$K_{верт.}=0.1$                     |                  |
| 7     | 6               | Єm <sup>1</sup>               |                               | Доломиты кембрийского возраста низкой проводимости   | -   | 0  | -  |  | 0.01-1     | $K_{гор.}=0.2$<br>$K_{верт.}=0.02$                  |                  |

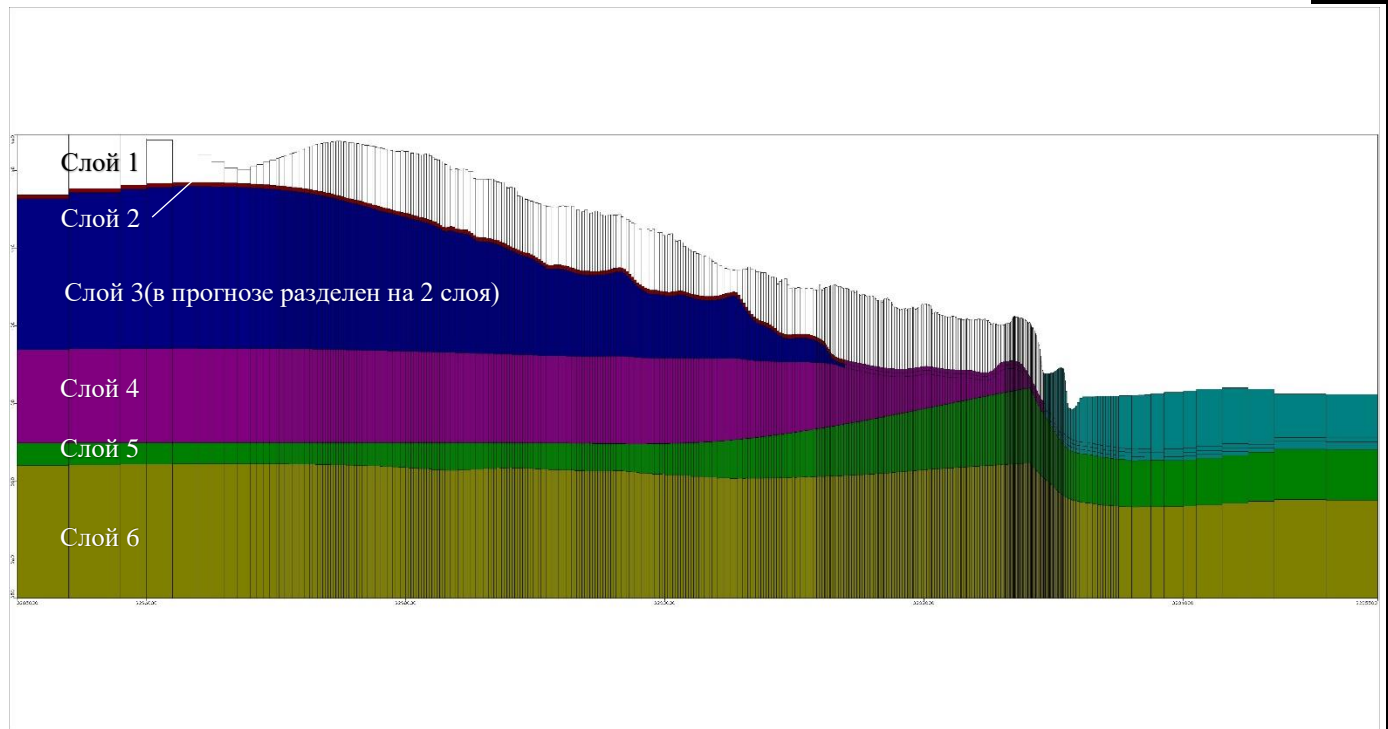


Рис 5.7 – Соотношение слоев геофильтрационной математической модели в разрезе

|              |              |      |       |       |      |                 |  |  |  |  |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|--|--|--|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взаим. Инв.№    |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |  |  |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      | Лист            |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      | 60              |  |  |  |  |

## 6 КАЛИБРОВКА РАСЧЁТНОЙ СХЕМЫ МОДЕЛИ

Калибровка геофильтрационной модели выполнена с учетом общих рекомендаций, представленных в п. 6.3 СП 250.1325800.2016.

Верификация заключается в решении на модели обратной задачи с целью уточнения представленных в процессе геофильтрационной схематизации параметров и граничных условий.

На созданной исходной геофильтрационной модели в первую очередь решалась обратная задача, то есть на модели воспроизводились существующие гидрогеологические условия. Данные о фактическом положении уровней подземных вод, полученные по результатам инженерно-геологических изысканий на рассматриваемой территории, характеризуют гидрогеологические условия, сложившиеся на настоящий момент. Решением обратной задачи является подбор оптимальных параметров (фильтрационных характеристик водовмещающих отложений, величин питания, вертикального перетекания, разгрузки в реки и др.), при которых получается удовлетворительное совпадение фактических и расчетных (модельных) уровней.

В качестве индикаторов согласования при решении обратной задачи выступали уровни подземных вод водоносного горизонта объединенных четвертичных отложений.

Данные о положении уровней подземных вод получены по 645 скважинам, пробуренным в пределах исследуемой территории в 2021-2022 году.

Основным показателем достоверности решения обратной задачи является «критерий качества решения обратной задачи», определяемый как среднеквадратичное отклонение результатов моделирования от фактических условий, определенных в конкретных контрольных точках. Такое сопоставление выполнено в координатах Нм÷ Нф.

Среднеквадратическое отклонение — статистическая характеристика распределения случайной величины, показывающая среднюю степень разброса значений величины относительно математического ожидания.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(a_1 - a)^2 + (a_2 - a)^2 + \dots + (a_n - a)^2}{n}}$$

где

$a_n$  -разница между модельным и фактическим уровнем  $a_n = |H_m - H_f|$ , м

$a$  – среднее арифметическое:

$$a = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

В результате решения обратной задачи путем итерационного перебора ряда прямых задач с различными значениями уточняемых параметров в характерном диапазоне их изменений было получено среднеквадратичное отклонение.

|              |              |             |  |      |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|-------------|--|------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв.№ | <p>где</p> <p><math>a_n</math> -разница между модельным и фактическим уровнем <math>a_n= H_m- H_\phi </math>, м</p> <p><math>a</math> – среднее арифметическое:</p> $a = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$ <p>В результате решения обратной задачи путем итерационного перебора ряда прямых задач с различными значениями уточняемых параметров в характерном диапазоне их изменений было получено среднеквадратичное отклонение.</p> |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |             |  |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |             | Изм.   | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |                 | 61   |



Критерием успешного решения обратной задачи служит сопоставление среднеквадратичного отклонения с суммой величины сезонного колебанием уровня подземных вод ( $\Delta H$ ) и погрешности измерений ( $\Delta X$ ).

Погрешность 0,1 м принята как совокупная возможная погрешность определенного значения и складывается из следующих составляющих: 1. Погрешность привязки устья скважины и замерной точки 2. Погрешность привязки средства измерения при проведении замера (выставление прибора) в полевых условиях относительно замерной точки 3. Погрешность самого средства измерения.

Таким образом, калибровка считается успешной в том случае, если выполняется условие:

$$\sigma \leq (\Delta H + \Delta X) = 2,2 + 0,1 = 2,3 \text{ м}$$

Верификация модели выполнена в стационарной постановке, для обобщенного ряда фактических наблюдений за уровнем подземных вод. Решение прогнозных миграционных задач выполнено в нестационарной постановке.

Следует учитывать, что одновременный подбор нескольких параметров, в частности коэффициентов фильтрации (проводимости) водоносных пластов и коэффициентов фильтрации разделяющих толщ или коэффициентов фильтрации (проводимости) водоносных пластов и инфильтрационного питания, приводит к неоднозначному решению обратной задачи. При таком подборе могут быть оценены только соотношения между искомыми параметрами. В этой связи уточнению подвергались слабо изученные параметры - коэффициенты фильтрации докайнозойских отложений и значения инфильтрационного питания, а значения коэффициента фильтрации (проводимости) водоносных отложений четвертичного возраста, предварительно определенные по результатам опытных опробований прошлых лет, значительному изменению не подвергались. При этом диапазон возможного изменения инфильтрационного питания был ограничен результатами предварительной оценки и материалами научно-исследовательских и гидрометеорологических работ, имеющихся в данном регионе. Также контролировалась величина модуля подземного стока в реки Ангара и Белая.

Для определения ориентировочных значений инфильтрационного питания ( $W$ ) выполним водно-балансовый расчет. Так как территория по режиму фильтрации относится к области речной террасы, то основное питание четвертичного водоносного горизонта формируется за счет инфильтрации. Основной отток происходит латерально в сторону речной сети, а также путем перетока в нижележащие водоносные горизонты.

Тогда единичный расход в сечении на расстоянии  $x$  от водораздела, образованный за счет инфильтрационного питания:

$$q = W \cdot x \quad (1)$$

Имея представления о градиенте потока и общих фильтрационных свойствах рассматриваемой толщи, по закону Дарси выразим расход в сечении  $x$  от водораздела:

|                 |      |      |       |       |      |      |
|-----------------|------|------|-------|-------|------|------|
| Взам. Инв.№     |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| Подп. и дата    |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| Инв. № подл.    |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      |      |       |       |      | 62   |

$$q=k_i \cdot F = \frac{H_1 - H_2}{x} \sum (k_i m_i), \quad (2)$$

Расстояние от промплощадки до водораздела, расположенного юго-западнее –  $x=9$  км.

Уровень подземных вод в четвертичном водоносном горизонте на водоразделе  $H_1=490$  м, на промплощадке  $H_2=415$  м.

Так как (1) и (2) равны между собой, то выразим  $W$ :

$$W = \frac{H_1 - H_2}{x^2} \sum (k_i m_i), \text{ где } km - \text{общая проводимость водоносной толщи четвертичных отложений};$$

для четвертичного горизонта за счет наличия в разрезе прослоев песков средняя проводимость может при мощности 15 м и  $k_f=2 \dots 12$  м/сут достигать  $km=180$  м<sup>2</sup>/сут.

Тогда:

$$W = (75/9000^2) \cdot 180 = 0,000167 \text{ м/сут} = 61 \text{ мм/год.}$$

Предварительно рассчитанная величина инфильтрационного питания составляет 15-20% от общей величины осадков и соответствует значениям, определенным в ходе аналогичных работ в пределах рассматриваемого региона.

В процессе моделирования и решения балансовых задач было принято решение о задании неактивных блоков за пределами исследуемой территории – на противоположенных берегах рек Ангара и Белая. Таким образом, указанная часть площади моделирования не будет участвовать в гидродинамических и балансовых расчетах.

Сопоставление результатов моделирования с фактическими значениями выполнено для всего массива данных по замерам уровней подземных вод. График корреляции представлен на рис.6.1. RMS (ср. квадратичное отклонение) = 1,4 м, что примерно соответствует величине сезонных колебаний уровней.

Общая полученная в результате калибровки исходной модели фильтрационная схема в основном соответствует отметкам фактических уровней. Среднеквадратичное отклонение (критерий качества калибровки) равно 1,4 м. То есть, расхождение модели с фактическими данными не превышает величины амплитуды сезонных колебаний уровней грунтовых вод.

График сопоставления модельных и фактических уровней свидетельствует об отсутствии систематического отклонения, которое показало бы наличие ошибок в задании основных гидродинамических параметров. Все точки расположены вблизи прямой линии, характеризующей полное совпадение модели с натурой. Средняя ошибка, определяемая как отношение максимальной разницы уровней, определенных по скважинам, к среднеквадратичному отклонению не превышает 3%, что также свидетельствует о хорошей сходимости геофильтрационной модели.

Карты изолиний современных уровней подземных вод четвертичного водоносного горизонта и верхней части юрского водоносного комплекса, построенные по результатам моделирования, представлены на рис. 6.3 и 6.4.

|              |              |              |   |      |      |       |       |      |
|--------------|--------------|--------------|---|------|------|-------|-------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № | <p>Гравик сопоставления модельных и фактических уровней свидетельствует об отсутствии систематического отклонения, которое показало бы наличие ошибок в задании основных гидродинамических параметров. Все точки расположены вблизи прямой линии, характеризующей полное совпадение модели с натурой. Средняя ошибка, определяемая как отношение максимальной разницы уровней, определенных по скважинам, к среднеквадратичному отклонению не превышает 3%, что также свидетельствует о хорошей сходимости геофильтрационной модели.</p> <p>Карты изолиний современных уровней подземных вод четвертичного водоносного горизонта и верхней части юрского водоносного комплекса, построенные по результатам моделирования, представлены на рис. 6.3 и 6.4.</p> |      |      |       |       |      |
|              |              |              | <div>5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ</div>  |      |      |       |       |      |
|              |              |              | Изм.  | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

Лист 63

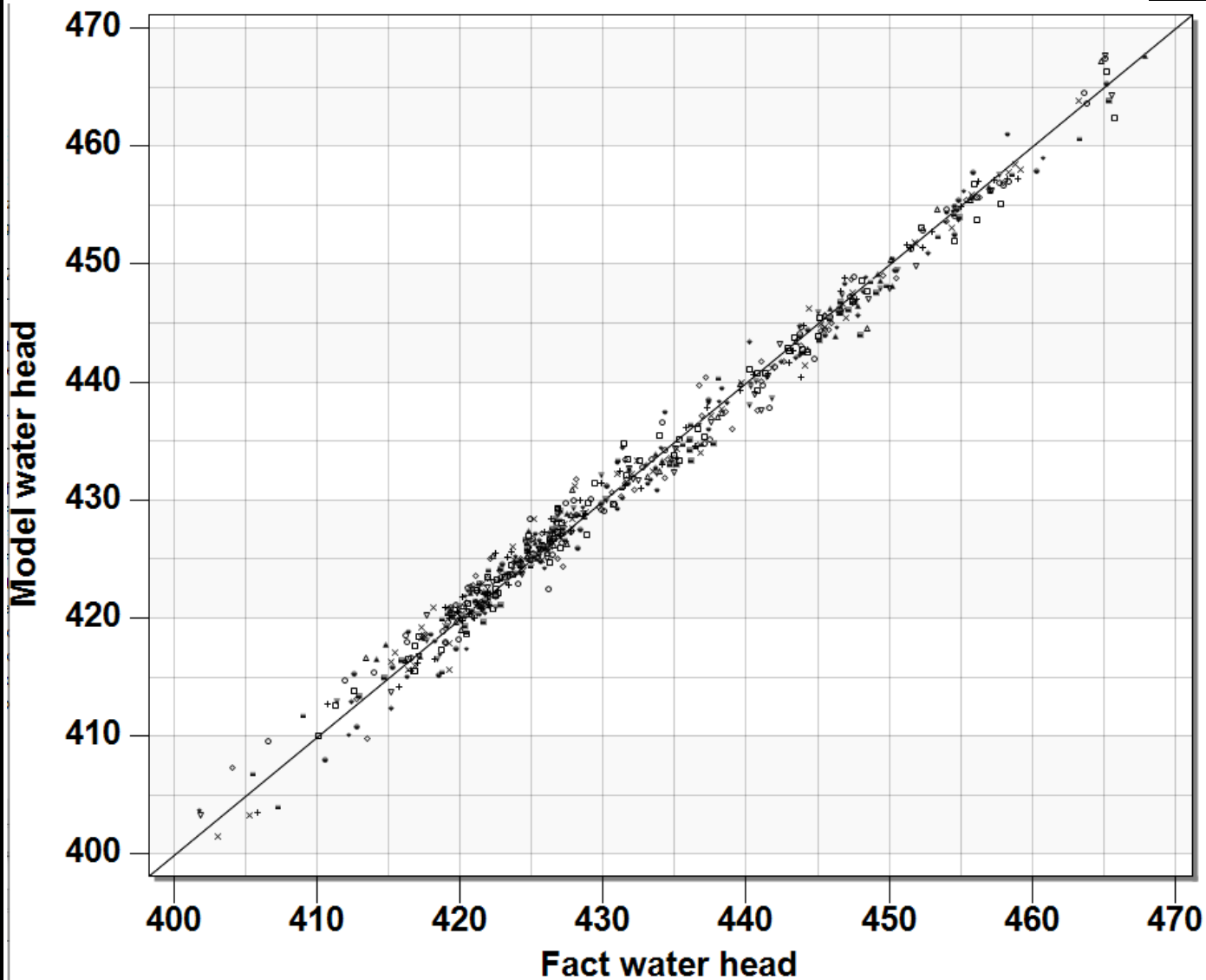
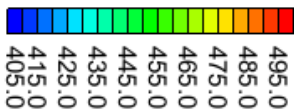
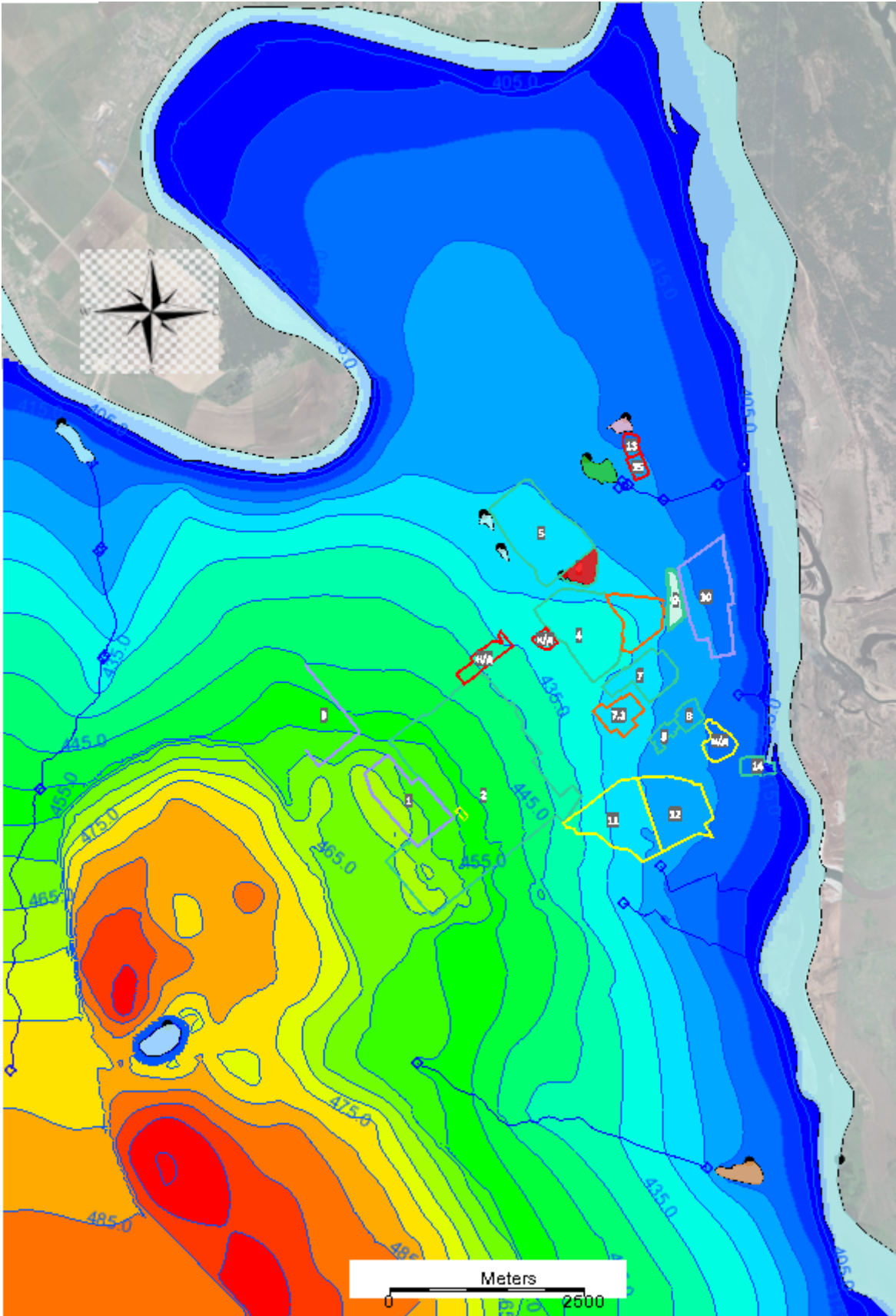


Рис.6.2 - График сопоставления модельных и фактических значений уровней подземных вод

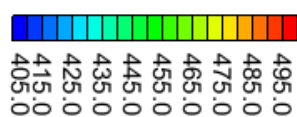
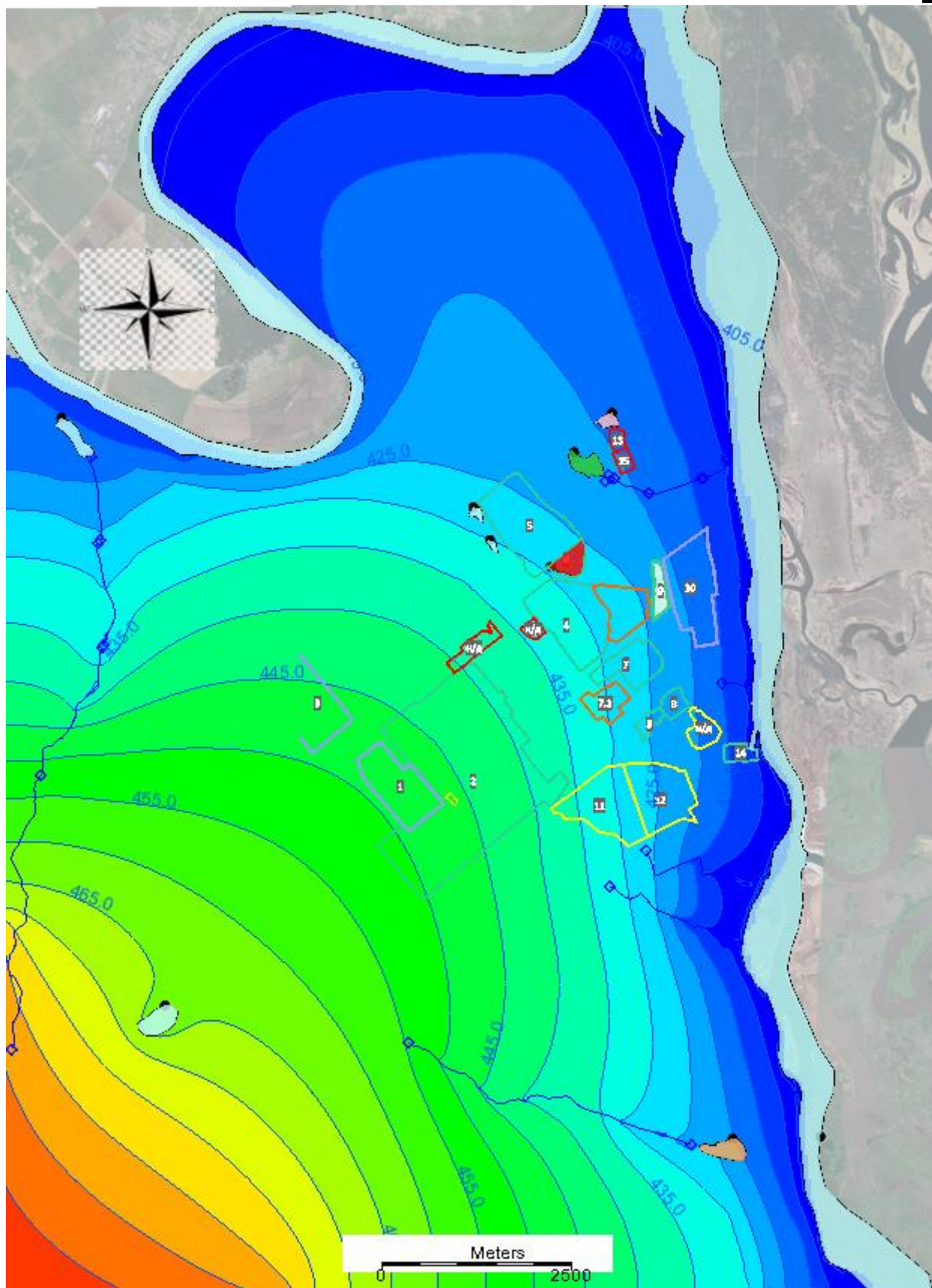
|              |              |  |  |  |  |              |
|--------------|--------------|--|--|--|--|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |  |  |  |  | Взаим. Инв.№ |
|              |              |  |  |  |  |              |
|              |              |  |  |  |  |              |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |



абсолютная отметка изолинии, м БС

Рис.6.3. Карта гидроизогипс (расчетных современных уровней подземных вод) четвертичного водоносного горизонта (слой №1) построенная по результатам моделирования



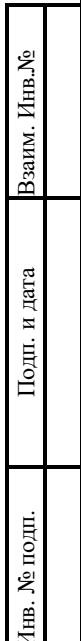
абсолютная отметка изолинии, м БС

Рис.6.4. Карта расчетных гидроизопьез (современных уровней подземных вод) верхней части юрского слабоводоносного комплекса (расчётный слой №3)

|              |              |              |      |      |      |       |                 |      |      |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-----------------|------|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |      |      |      |       | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      | Лист |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп.           | Дата | 66   |



|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|



|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

Рассмотрим подробнее структуру потока и результаты калибровки геофильтрационной модели на территории в границах ранее выполненных инженерно-геологических изысканий (рис. 6.6).

Для удобства восприятия результатов калибровки карту невязок представим в виде интервальных графиков, выполненных по принципу “Японская свеча”. Верхняя и нижняя граница графика (observed+/-interval) характеризует максимальное допустимое отклонение модельного значения (computed value) от фактического (observed value).

В случае зеленой “свечки” модельный уровень попадает в интервал калибровки (calibration target), который в свою очередь равен  $Calibration\ target = obs.\ value \pm \sigma$

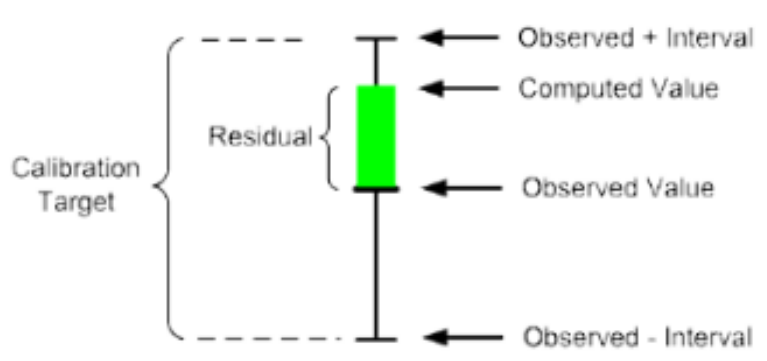
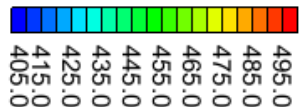
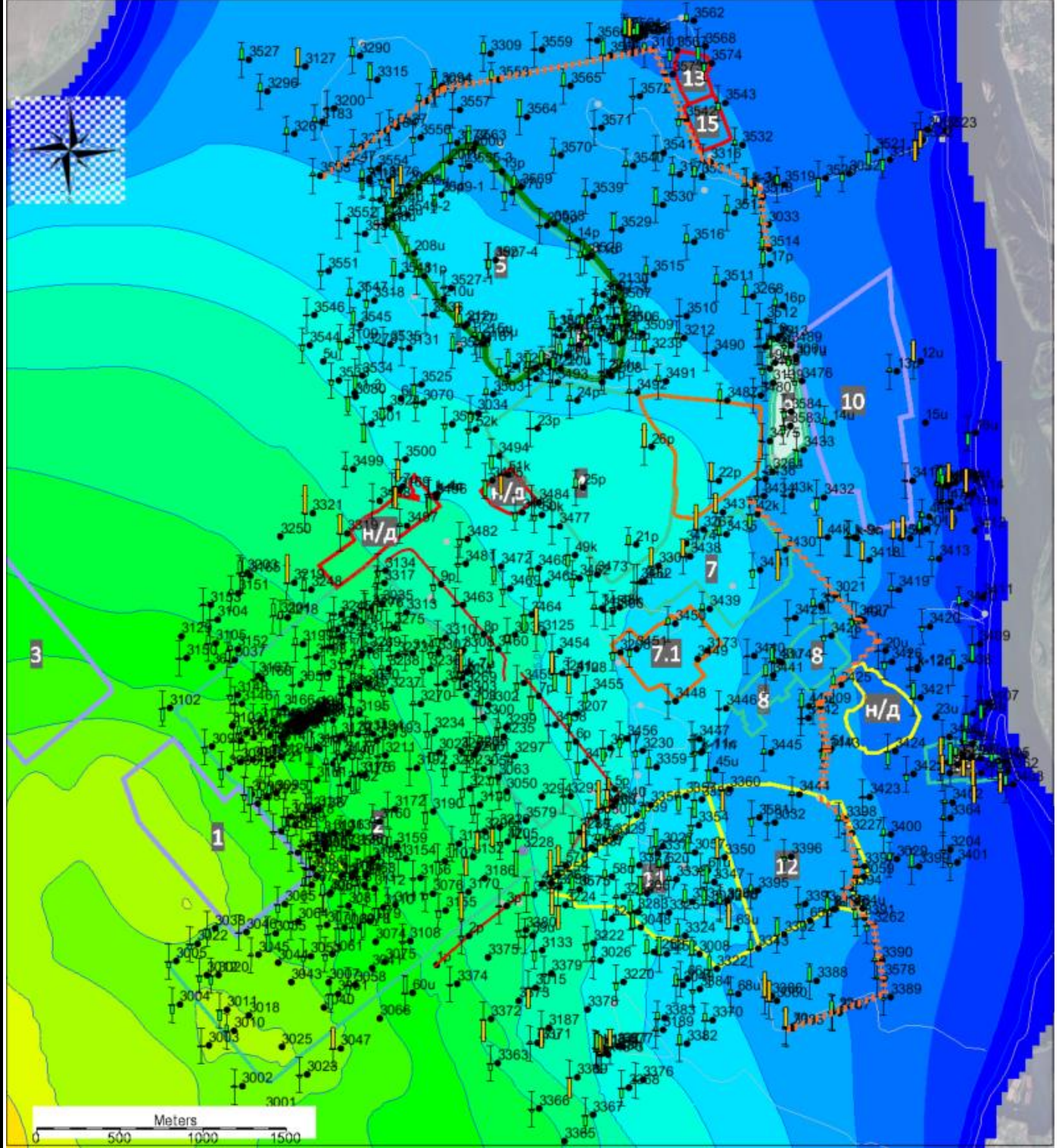


Рис.6.5.2 Основные элементы интервального графика типа “Японская свеча”

При отклонении модельного значения от целей калибровки, цвет графика (тела свечки) становится желтым. Если отклонение более чем в два раза от *Calibration target*, то цвет графика – красный.

|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|--------------|--------------|-------------|-------|-------|------|-----------------|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв.№ |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист        | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  | Лист |
|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |  | 68   |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |



абсолютная отметка изолинии, м БС

Рис.6.6. Карта расчетных современных уровней подземных вод четвертичного водоносного горизонта в пределах исследуемой территории. Скважины с графическим отображением модельной невязкой

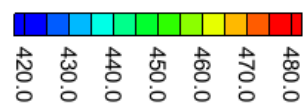
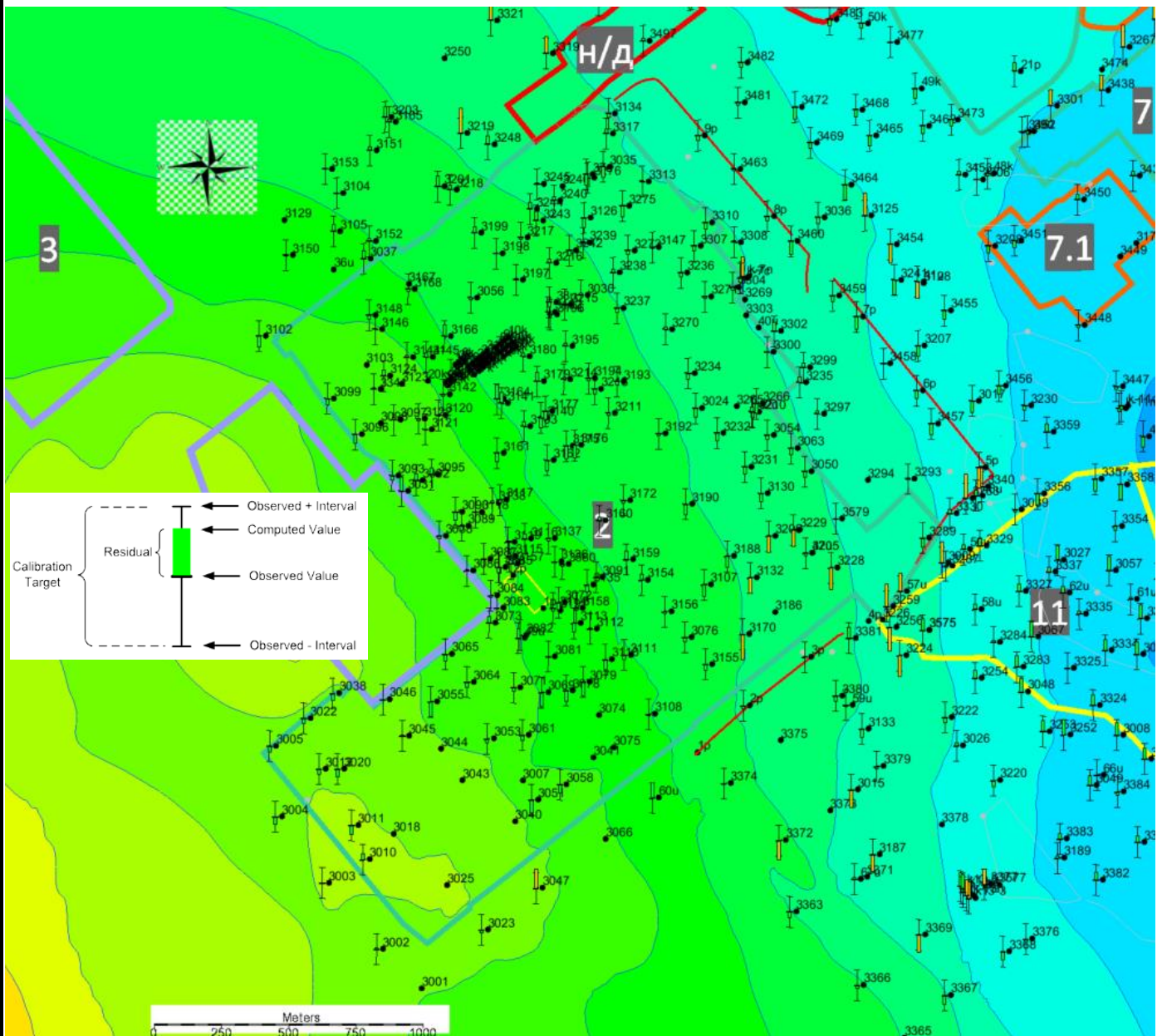
|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |
|      |      |      |       |       |      |

Сопоставляя 6.5 и 6.6 в границах исследуемой территории, можно отметить хорошую сходимостью фактических и модельных уровней подземных вод.

На рис. 6.7 представлен фрагмент карты гидроизогипс первого от поверхности водоносного горизонта в пределах территории промплощадки – основного источника загрязнения подземных вод.

|                 |              |              |      |      |      |       |      |
|-----------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|------|
| Инв. № подл.    | Подп. и дата | Взам. Инв. № |      |      |      |       | Лист |
|                 |              |              |      |      |      |       |      |
|                 |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |              |      |      |      |       | 70   |





абсолютная отметка изолинии, м БС

Рис.6.7. Карта изолиний расчетных современных уровней подземных вод четвертичного водоносного горизонта в пределах промплощадки (западная часть исследуемой территории). Скважины с графическим отображением модельной невязки.

Результаты калибровки в виде сопоставления точек фактических наблюдений представлены в таблице 6.1.

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |      |       |      |
|------|------|------|------|-------|------|
|      |      |      |      |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | №док | Подп. | Дата |



Таблица 6.1 Сопоставление модельных и фактических уровней по результатам калибровки геофильтрационной модели

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 1      | 3158   | 453.04        | 452.76       | 0.28  |
| 2      | 3182   | 444.37        | 446.67       | -2.30 |
| 3      | 3244   | 443.87        | 445.00       | -1.13 |
| 4      | 3358   | 428.18        | 425.99       | 2.19  |
| 5      | 3449   | 425.52        | 427.41       | -1.89 |
| 6      | 3521   | 416.81        | 415.15       | 1.66  |
| 7      | 3545   | 427.02        | 429.01       | -1.99 |
| 9      | 3504-4 | 426.40        | 427.35       | -0.95 |
| 10     | 3527-4 | 426.68        | 425.72       | 0.96  |
| 11     | 3549-1 | 426.56        | 425.25       | 1.31  |
| 12     | k-12n  | 417.19        | 417.12       | 0.07  |
| 13     | k-12c  | 417.13        | 417.09       | 0.04  |
| 14     | k-14n  | 421.15        | 420.81       | 0.34  |
| 15     | k-14c  | 420.60        | 420.80       | -0.20 |
| 16     | k-1n   | 417.59        | 418.40       | -0.81 |
| 17     | k-1c   | 424.72        | 424.93       | -0.21 |
| 18     | k-2n   | 417.91        | 418.63       | -0.72 |
| 19     | k-2c   | 417.08        | 418.40       | -1.32 |
| 20     | k-4n   | 436.53        | 434.65       | 1.88  |
| 21     | k-7n   | 436.69        | 440.01       | -3.32 |
| 22     | k-7c   | 440.33        | 440.19       | 0.14  |
| 23     | k-9n   | 419.88        | 420.36       | -0.48 |
| 24     | k-9c   | 420.15        | 420.39       | -0.24 |
| 25     | 3001   | 461.77        | 460.64       | 1.13  |
| 26     | 3002   | 463.64        | 463.88       | -0.24 |
| 27     | 3003   | 465.21        | 465.11       | 0.10  |
| 28     | 3004   | 465.72        | 464.63       | 1.09  |
| 29     | 3005   | 465.43        | 464.60       | 0.83  |
| 30     | 3008   | 424.97        | 426.80       | -1.83 |
| 31     | 3009   | 431.37        | 434.67       | -3.30 |
| 32     | 3010   | 464.68        | 465.70       | -1.02 |
| 33     | 3011   | 467.86        | 466.60       | 1.26  |
| 34     | 3012   | 465.08        | 464.31       | 0.77  |
| 35     | 3015   | 441.83        | 439.32       | 2.51  |
| 36     | 3017   | 432.68        | 431.07       | 1.61  |
| 37     | 3018   | 464.88        | 464.91       | -0.03 |
| 38     | 3019   | 413.21        | 416.30       | -3.09 |
| 39     | 3020   | 465.09        | 463.98       | 1.11  |
| 40     | 3021   | 419.60        | 420.60       | -1.00 |
| 41     | 3022   | 465.17        | 464.50       | 0.67  |
| 42     | 3023   | 461.88        | 463.00       | -1.12 |
| 43     | 3024   | 445.78        | 444.68       | 1.10  |
| 44     | 3025   | 462.87        | 465.71       | -2.84 |
| 45     | 3026   | 434.18        | 434.62       | -0.44 |
| 46     | 3027   | 427.94        | 428.50       | -0.56 |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 47     | 3029   | 418.98        | 419.78       | -0.80 |
| 48     | 3030   | 445.51        | 445.88       | -0.37 |
| 49     | 3031   | 457.60        | 458.03       | -0.43 |
| 50     | 3032   | 421.04        | 422.28       | -1.24 |
| 51     | 3033   | 419.39        | 420.40       | -1.01 |
| 52     | 3034   | 431.27        | 430.15       | 1.12  |
| 53     | 3035   | 442.09        | 442.47       | -0.38 |
| 54     | 3036   | 438.03        | 437.28       | 0.75  |
| 55     | 3037   | 449.16        | 450.42       | -1.26 |
| 56     | 3038   | 465.60        | 464.55       | 1.05  |
| 57     | 3039   | 430.28        | 430.02       | 0.26  |
| 58     | 3040   | 460.60        | 460.37       | 0.23  |
| 59     | 3041   | 455.30        | 453.78       | 1.52  |
| 60     | 3042   | 423.33        | 425.18       | -1.85 |
| 61     | 3043   | 460.94        | 462.11       | -1.17 |
| 62     | 3044   | 462.14        | 461.90       | 0.24  |
| 63     | 3045   | 463.26        | 463.40       | -0.14 |
| 64     | 3046   | 463.11        | 463.73       | -0.62 |
| 65     | 3047   | 458.22        | 461.05       | -2.83 |
| 66     | 3048   | 429.41        | 431.61       | -2.20 |
| 67     | 3049   | 426.48        | 427.90       | -1.42 |
| 68     | 3050   | 441.11        | 440.38       | 0.73  |
| 69     | 3052   | 418.21        | 416.09       | 2.12  |
| 70     | 3053   | 458.86        | 458.29       | 0.57  |
| 71     | 3054   | 441.98        | 441.50       | 0.48  |
| 72     | 3055   | 460.29        | 458.05       | 2.24  |
| 73     | 3056   | 448.49        | 448.23       | 0.26  |
| 74     | 3057   | 424.60        | 426.69       | -2.09 |
| 75     | 3058   | 456.82        | 456.84       | -0.02 |
| 76     | 3059   | 420.33        | 420.56       | -0.23 |
| 77     | 3060   | 419.08        | 422.38       | -3.30 |
| 78     | 3061   | 456.80        | 456.31       | 0.49  |
| 79     | 3063   | 441.48        | 440.62       | 0.86  |
| 80     | 3064   | 458.24        | 457.46       | 0.78  |
| 81     | 3065   | 459.90        | 458.26       | 1.64  |
| 82     | 3066   | 456.65        | 456.15       | 0.50  |
| 83     | 3067   | 429.90        | 430.15       | -0.25 |
| 84     | 3068   | 423.85        | 424.78       | -0.93 |
| 85     | 3069   | 456.16        | 454.14       | 2.02  |
| 86     | 3070   | 431.39        | 430.89       | 0.50  |
| 87     | 3071   | 456.34        | 455.84       | 0.50  |
| 88     | 3072   | 454.83        | 453.82       | 1.01  |
| 89     | 3073   | 456.19        | 457.18       | -0.99 |
| 90     | 3074   | 454.25        | 451.90       | 2.35  |
| 91     | 3075   | 453.71        | 453.32       | 0.39  |
| 92     | 3076   | 447.54        | 446.99       | 0.55  |
| 93     | 3077   | 426.09        | 428.04       | -1.95 |
| 94     | 3078   | 454.66        | 453.05       | 1.61  |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

73

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 95     | 3079   | 453.35        | 452.55       | 0.80  |
| 96     | 3080   | 436.10        | 434.36       | 1.74  |
| 97     | 3081   | 454.05        | 453.97       | 0.08  |
| 98     | 3082   | 454.64        | 454.66       | -0.02 |
| 99     | 3083   | 455.70        | 455.62       | 0.08  |
| 100    | 3084   | 456.93        | 456.70       | 0.23  |
| 101    | 3085   | 457.12        | 456.25       | 0.87  |
| 102    | 3086   | 457.70        | 457.87       | -0.17 |
| 103    | 3087   | 457.33        | 457.27       | 0.06  |
| 104    | 3088   | 458.36        | 458.02       | 0.34  |
| 105    | 3089   | 457.68        | 457.03       | 0.65  |
| 106    | 3091   | 450.19        | 450.37       | -0.18 |
| 107    | 3092   | 455.81        | 456.94       | -1.13 |
| 108    | 3093   | 458.63        | 457.93       | 0.70  |
| 109    | 3094   | 420.89        | 422.91       | -2.02 |
| 110    | 3095   | 456.22        | 456.29       | -0.07 |
| 111    | 3096   | 459.03        | 457.68       | 1.35  |
| 112    | 3097   | 455.74        | 456.10       | -0.36 |
| 113    | 3098   | 458.03        | 456.72       | 1.31  |
| 114    | 3099   | 458.32        | 457.47       | 0.85  |
| 115    | 3101   | 418.51        | 418.33       | 0.18  |
| 116    | 3102   | 457.82        | 456.23       | 1.59  |
| 117    | 3103   | 455.40        | 455.80       | -0.40 |
| 118    | 3104   | 449.15        | 449.26       | -0.11 |
| 119    | 3105   | 449.57        | 450.63       | -1.06 |
| 120    | 3107   | 447.19        | 446.23       | 0.96  |
| 121    | 3108   | 450.10        | 450.17       | -0.07 |
| 122    | 3109   | 433.63        | 432.96       | 0.67  |
| 123    | 3110   | 451.84        | 450.43       | 1.41  |
| 124    | 3111   | 450.63        | 450.06       | 0.57  |
| 125    | 3112   | 451.48        | 451.60       | -0.12 |
| 126    | 3113   | 454.32        | 453.14       | 1.18  |
| 127    | 3114   | 453.35        | 454.20       | -0.85 |
| 128    | 3115   | 453.97        | 454.34       | -0.37 |
| 129    | 3116   | 452.29        | 452.98       | -0.69 |
| 130    | 3117   | 453.84        | 454.14       | -0.30 |
| 131    | 3118   | 454.41        | 455.46       | -1.05 |
| 132    | 3119   | 454.44        | 454.46       | -0.02 |
| 133    | 3120   | 455.04        | 454.91       | 0.13  |
| 134    | 3121   | 455.28        | 455.89       | -0.61 |
| 135    | 3122   | 455.32        | 455.84       | -0.52 |
| 136    | 3123   | 455.15        | 455.65       | -0.50 |
| 137    | 3124   | 455.30        | 455.67       | -0.37 |
| 138    | 3125   | 436.73        | 434.96       | 1.77  |
| 139    | 3126   | 445.17        | 443.75       | 1.42  |
| 140    | 3127   | 420.89        | 423.57       | -2.68 |
| 141    | 3128   | 454.10        |              |       |
| 142    | 3129   | 452.06        | 451.18       | 0.88  |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

74

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 143    | 3130   | 443.50        | 442.41       | 1.09  |
| 144    | 3131   | 428.69        | 428.49       | 0.20  |
| 145    | 3132   | 446.25        | 444.20       | 2.05  |
| 146    | 3133   | 440.59        | 439.50       | 1.09  |
| 147    | 3134   | 440.02        | 440.32       | -0.30 |
| 148    | 3135   | 451.42        | 451.30       | 0.12  |
| 149    | 3136   | 451.83        | 451.74       | 0.09  |
| 150    | 3137   | 451.49        | 451.17       | 0.32  |
| 151    | 3138   | 454.53        | 454.91       | -0.38 |
| 152    | 3139   | 422.51        | 422.43       | 0.08  |
| 153    | 3140   | 449.32        | 448.38       | 0.94  |
| 154    | 3141   | 449.83        | 448.98       | 0.85  |
| 155    | 3142   | 453.95        | 453.73       | 0.22  |
| 156    | 3143   | 451.27        | 451.74       | -0.47 |
| 157    | 3144   | 454.54        | 454.87       | -0.33 |
| 158    | 3145   | 451.36        | 453.03       | -1.67 |
| 159    | 3146   | 454.75        | 454.94       | -0.19 |
| 160    | 3147   | 442.98        | 442.84       | 0.14  |
| 161    | 3148   | 454.93        | 454.38       | 0.55  |
| 162    | 3149   | 425.03        | 425.32       | -0.29 |
| 163    | 3150   | 452.73        | 452.65       | 0.08  |
| 164    | 3151   | 446.53        | 447.11       | -0.58 |
| 165    | 3152   | 449.39        | 449.90       | -0.51 |
| 166    | 3153   | 448.53        | 448.75       | -0.22 |
| 167    | 3154   | 446.68        | 447.72       | -1.04 |
| 168    | 3155   | 446.90        | 446.80       | 0.10  |
| 169    | 3156   | 447.22        | 447.39       | -0.17 |
| 170    | 3157   | 454.01        | 454.58       | -0.57 |
| 171    | 3159   | 446.91        | 448.53       | -1.62 |
| 172    | 3160   | 448.06        | 448.67       | -0.61 |
| 173    | 3161   | 453.48        | 452.21       | 1.27  |
| 174    | 3162   | 448.86        | 448.92       | -0.06 |
| 175    | 3163   | 448.53        | 449.10       | -0.57 |
| 176    | 3164   | 449.55        | 449.01       | 0.54  |
| 177    | 3165   | 444.15        | 445.74       | -1.59 |
| 178    | 3166   | 448.86        | 449.31       | -0.45 |
| 179    | 3168   | 450.37        | 450.09       | 0.28  |
| 180    | 3169   | 435.33        | 435.35       | -0.02 |
| 181    | 3170   | 446.73        | 444.49       | 2.24  |
| 182    | 3171   | 420.44        | 421.96       | -1.52 |
| 183    | 3172   | 448.18        | 447.82       | 0.36  |
| 184    | 3174   | 422.58        | 422.27       | 0.31  |
| 185    | 3175   | 448.70        | 448.32       | 0.38  |
| 186    | 3176   | 448.82        | 448.13       | 0.69  |
| 187    | 3177   | 448.89        | 448.17       | 0.72  |
| 188    | 3179   | 446.65        | 448.02       | -1.37 |
| 189    | 3180   | 447.40        | 448.00       | -0.60 |
| 190    | 3181   | 426.83        | 428.52       | -1.69 |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

75

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 191    | 3183   | 421.30        | 423.86       | -2.56 |
| 192    | 3184   | 423.16        | 423.68       | -0.52 |
| 193    | 3185   | 419.15        | 420.80       | -1.65 |
| 194    | 3186   | 445.04        | 442.76       | 2.28  |
| 195    | 3187   | 440.77        | 438.41       | 2.36  |
| 196    | 3188   | 446.58        | 444.99       | 1.59  |
| 197    | 3189   | 428.84        | 429.13       | -0.29 |
| 198    | 3190   | 446.97        | 445.65       | 1.32  |
| 199    | 3192   | 445.90        | 445.85       | 0.05  |
| 200    | 3193   | 446.58        | 446.25       | 0.33  |
| 201    | 3194   | 447.10        | 447.10       | 0.00  |
| 202    | 3195   | 446.61        | 447.15       | -0.54 |
| 203    | 3196   | 446.81        | 446.68       | 0.13  |
| 204    | 3197   | 446.93        | 446.78       | 0.15  |
| 205    | 3198   | 446.60        | 446.72       | -0.12 |
| 206    | 3199   | 445.89        | 446.79       | -0.90 |
| 207    | 3200   | 421.04        | 423.68       | -2.64 |
| 208    | 3201   | 445.02        | 446.62       | -1.60 |
| 209    | 3203   | 444.02        | 445.67       | -1.65 |
| 210    | 3204   | 416.55        | 416.58       | -0.03 |
| 211    | 3205   | 444.15        | 441.53       | 2.62  |
| 212    | 3206   | 445.00        | 442.32       | 2.68  |
| 213    | 3207   | 433.15        | 431.57       | 1.58  |
| 214    | 3208   | 430.74        | 429.72       | 1.02  |
| 215    | 3209   | 421.13        | 421.47       | -0.34 |
| 216    | 3210   | 442.31        | 441.87       | 0.44  |
| 217    | 3211   | 447.40        | 447.15       | 0.25  |
| 218    | 3212   | 424.00        | 425.11       | -1.11 |
| 219    | 3213   | 447.16        | 447.04       | 0.12  |
| 220    | 3214   | 447.24        | 447.57       | -0.33 |
| 221    | 3215   | 446.42        | 446.34       | 0.08  |
| 222    | 3216   | 445.11        | 445.74       | -0.63 |
| 223    | 3217   | 445.86        | 445.69       | 0.17  |
| 224    | 3218   | 444.94        | 446.32       | -1.38 |
| 225    | 3219   | 440.26        | 443.98       | -3.72 |
| 226    | 3220   | 433.07        | 432.16       | 0.91  |
| 227    | 3222   | 434.86        | 435.34       | -0.48 |
| 228    | 3224   | 437.01        | 438.16       | -1.15 |
| 229    | 3226   | 436.96        | 438.83       | -1.87 |
| 230    | 3227   | 420.83        | 420.87       | -0.04 |
| 231    | 3228   | 441.84        | 440.77       | 1.07  |
| 232    | 3229   | 444.09        | 441.69       | 2.40  |
| 233    | 3230   | 429.86        | 429.20       | 0.66  |
| 234    | 3231   | 443.80        | 442.84       | 0.96  |
| 235    | 3232   | 445.01        | 444.08       | 0.93  |
| 236    | 3233   | 424.92        | 426.44       | -1.52 |
| 237    | 3234   | 445.24        | 444.52       | 0.72  |
| 238    | 3235   | 439.13        | 438.47       | 0.66  |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

76



| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 239    | 3236   | 443.30        | 442.79       | 0.51  |
| 240    | 3237   | 445.54        | 444.99       | 0.55  |
| 241    | 3238   | 444.42        | 444.32       | 0.10  |
| 242    | 3239   | 444.34        | 444.64       | -0.30 |
| 243    | 3240   | 443.38        | 443.98       | -0.60 |
| 244    | 3241   | 435.14        | 433.11       | 2.03  |
| 245    | 3242   | 444.97        | 445.25       | -0.28 |
| 246    | 3243   | 443.77        | 445.16       | -1.39 |
| 247    | 3245   | 443.46        | 443.74       | -0.28 |
| 248    | 3247   | 424.11        | 424.67       | -0.56 |
| 249    | 3248   | 442.34        | 443.68       | -1.34 |
| 250    | 3252   | 426.84        | 429.10       | -2.26 |
| 251    | 3253   | 428.43        | 430.16       | -1.73 |
| 252    | 3254   | 432.74        | 433.58       | -0.84 |
| 253    | 3256   | 436.90        | 438.34       | -1.44 |
| 254    | 3259   | 434.33        | 437.92       | -3.59 |
| 255    | 3261   | 421.63        | 424.50       | -2.87 |
| 256    | 3262   | 420.44        | 419.79       | 0.65  |
| 257    | 3263   | 430.83        | 431.92       | -1.09 |
| 258    | 3264   | 423.16        | 424.12       | -0.96 |
| 259    | 3266   | 443.02        | 441.80       | 1.22  |
| 260    | 3267   | 425.12        | 428.41       | -3.29 |
| 261    | 3268   | 422.28        | 421.24       | 1.04  |
| 262    | 3269   | 439.73        | 440.20       | -0.47 |
| 263    | 3270   | 443.75        | 444.12       | -0.37 |
| 264    | 3271   | 442.96        | 442.98       | -0.02 |
| 265    | 3272   | 422.89        | 424.27       | -1.38 |
| 266    | 3273   | 443.84        | 443.30       | 0.54  |
| 267    | 3274   | 423.70        | 424.17       | -0.47 |
| 268    | 3275   | 443.10        | 442.89       | 0.21  |
| 269    | 3276   | 443.06        | 442.76       | 0.30  |
| 270    | 3277   | 422.26        | 423.05       | -0.79 |
| 271    | 3278   | 430.11        | 430.05       | 0.06  |
| 272    | 3283   | 430.86        | 431.58       | -0.72 |
| 273    | 3284   | 432.01        | 432.40       | -0.39 |
| 274    | 3287   | 433.33        | 434.39       | -1.06 |
| 275    | 3289   | 432.99        | 436.23       | -3.24 |
| 276    | 3290   | 421.46        | 422.39       | -0.93 |
| 277    | 3293   | 436.17        | 436.56       | -0.39 |
| 278    | 3296   | 422.75        | 423.97       | -1.22 |
| 279    | 3297   | 438.07        | 438.62       | -0.55 |
| 280    | 3299   | 438.41        | 438.06       | 0.35  |
| 281    | 3300   | 439.70        | 440.04       | -0.34 |
| 282    | 3301   | 427.38        | 429.79       | -2.41 |
| 283    | 3302   | 438.63        | 438.79       | -0.16 |
| 284    | 3303   | 439.84        | 440.25       | -0.41 |
| 285    | 3304   | 440.82        | 440.94       | -0.12 |
| 286    | 3305   | 422.39        | 422.94       | -0.55 |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

77

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 287    | 3306   | 431.61        | 431.81       | -0.20 |
| 288    | 3307   | 442.48        | 441.87       | 0.61  |
| 289    | 3308   | 439.60        | 440.05       | -0.45 |
| 290    | 3309   | 420.70        | 422.19       | -1.49 |
| 291    | 3310   | 440.54        | 440.71       | -0.17 |
| 292    | 3311   | 419.93        | 420.93       | -1.00 |
| 293    | 3313   | 440.55        | 440.71       | -0.16 |
| 294    | 3314   | 412.42        | 414.88       | -2.46 |
| 295    | 3315   | 420.58        | 422.60       | -2.02 |
| 296    | 3316   | 419.99        | 421.18       | -1.19 |
| 297    | 3317   | 440.24        | 441.22       | -0.98 |
| 298    | 3319   | 438.10        | 440.64       | -2.54 |
| 299    | 3321   | 437.17        | 440.89       | -3.72 |
| 300    | 3322   | 423.79        | 425.52       | -1.73 |
| 301    | 3324   | 425.92        | 427.52       | -1.60 |
| 302    | 3325   | 427.86        | 427.79       | 0.07  |
| 303    | 3327   | 429.17        | 430.24       | -1.07 |
| 304    | 3329   | 430.25        | 431.33       | -1.08 |
| 305    | 3330   | 431.56        | 433.42       | -1.86 |
| 306    | 3334   | 424.67        | 426.33       | -1.66 |
| 307    | 3335   | 426.88        | 427.35       | -0.47 |
| 308    | 3337   | 428.09        | 428.85       | -0.76 |
| 309    | 3340   | 430.81        | 430.95       | -0.14 |
| 310    | 3341   | 455.76        | 455.97       | -0.21 |
| 311    | 3343   | 420.47        | 423.21       | -2.74 |
| 312    | 3345   | 423.74        | 424.62       | -0.88 |
| 313    | 3347   | 423.59        | 425.64       | -2.05 |
| 314    | 3350   | 423.65        | 426.25       | -2.60 |
| 315    | 3354   | 426.28        | 426.48       | -0.20 |
| 316    | 3356   | 430.21        | 429.37       | 0.84  |
| 317    | 3357   | 428.07        | 427.08       | 0.99  |
| 318    | 3359   | 428.21        | 428.29       | -0.08 |
| 319    | 3360   | 425.18        | 424.43       | 0.75  |
| 320    | 3361   | 407.21        | 410.30       | -3.09 |
| 321    | 3362   | 403.84        | 403.08       | 0.76  |
| 322    | 3363   | 445.45        | 445.15       | 0.30  |
| 323    | 3364   | 416.57        | 416.96       | -0.39 |
| 324    | 3365   | 445.69        | 444.94       | 0.75  |
| 325    | 3366   | 445.47        | 445.17       | 0.30  |
| 326    | 3367   | 440.81        | 439.97       | 0.84  |
| 327    | 3368   | 433.48        | 433.53       | -0.05 |
| 328    | 3369   | 439.02        | 436.61       | 2.41  |
| 329    | 3370   | 425.49        | 426.43       | -0.94 |
| 330    | 3371   | 442.18        | 438.84       | 3.34  |
| 331    | 3372   | 448.42        | 445.72       | 2.70  |
| 332    | 3374   | 448.00        | 447.61       | 0.39  |
| 333    | 3375   | 445.60        | 442.10       | 3.50  |
| 334    | 3376   | 430.17        | 432.14       | -1.97 |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

78

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 335    | 3377   | 431.40        | 432.42       | -1.02 |
| 336    | 3378   | 436.44        | 434.98       | 1.46  |
| 337    | 3379   | 438.33        | 438.25       | 0.08  |
| 338    | 3380   | 441.17        | 440.45       | 0.72  |
| 339    | 3381   | 438.30        | 440.08       | -1.78 |
| 340    | 3382   | 426.87        | 428.08       | -1.21 |
| 341    | 3383   | 428.29        | 429.09       | -0.80 |
| 342    | 3384   | 426.37        | 426.90       | -0.53 |
| 343    | 3385   | 418.98        | 422.29       | -3.31 |
| 344    | 3386   | 419.27        | 422.45       | -3.18 |
| 345    | 3387   | 419.20        | 420.24       | -1.04 |
| 346    | 3388   | 418.82        | 420.73       | -1.91 |
| 347    | 3389   | 418.53        | 418.18       | 0.35  |
| 348    | 3390   | 418.67        | 419.00       | -0.33 |
| 349    | 3391   | 420.38        | 420.18       | 0.20  |
| 350    | 3392   | 419.28        | 421.34       | -2.06 |
| 351    | 3393   | 419.92        | 421.03       | -1.11 |
| 352    | 3394   | 420.78        | 420.76       | 0.02  |
| 353    | 3395   | 420.76        | 423.53       | -2.77 |
| 354    | 3396   | 420.47        | 421.54       | -1.07 |
| 355    | 3397   | 420.17        | 420.61       | -0.44 |
| 356    | 3398   | 420.49        | 421.04       | -0.55 |
| 357    | 3399   | 417.18        | 419.11       | -1.93 |
| 358    | 3400   | 419.15        | 419.95       | -0.80 |
| 359    | 3401   | 416.31        | 415.85       | 0.46  |
| 360    | 3402   | 416.38        | 416.80       | -0.42 |
| 361    | 3403   | 402.97        | 406.89       | -3.92 |
| 362    | 3404   | 411.99        | 409.60       | 2.39  |
| 363    | 3405   | 403.74        | 402.77       | 0.97  |
| 364    | 3406   | 418.23        | 416.66       | 1.57  |
| 365    | 3407   | 402.21        | 403.31       | -1.10 |
| 366    | 3408   | 413.97        | 415.77       | -1.80 |
| 367    | 3409   | 410.58        | 408.38       | 2.20  |
| 368    | 3410   | 410.11        | 411.20       | -1.09 |
| 369    | 3411   | 410.46        | 406.83       | 3.63  |
| 370    | 3412   | 410.25        | 409.82       | 0.43  |
| 371    | 3413   | 413.25        | 415.08       | -1.83 |
| 372    | 3415   | 409.33        | 412.89       | -3.56 |
| 373    | 3416   | 414.49        | 416.38       | -1.89 |
| 374    | 3417   | 414.80        | 417.75       | -2.95 |
| 375    | 3418   | 418.39        | 420.23       | -1.84 |
| 376    | 3419   | 417.46        | 418.18       | -0.72 |
| 377    | 3420   | 415.16        | 416.06       | -0.90 |
| 378    | 3421   | 415.41        | 417.33       | -1.92 |
| 379    | 3422   | 417.91        | 418.19       | -0.28 |
| 380    | 3423   | 420.06        | 420.26       | -0.20 |
| 381    | 3424   | 420.49        | 418.79       | 1.70  |
| 382    | 3425   | 420.86        | 420.60       | 0.26  |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

79

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 383    | 3426   | 419.00        | 418.11       | 0.89  |
| 384    | 3427   | 419.31        | 420.05       | -0.74 |
| 385    | 3428   | 421.45        | 420.79       | 0.66  |
| 386    | 3429   | 419.26        | 421.93       | -2.67 |
| 387    | 3430   | 422.21        | 422.35       | -0.14 |
| 388    | 3431   | 422.64        | 424.74       | -2.10 |
| 389    | 3432   | 419.83        | 420.73       | -0.90 |
| 390    | 3433   | 421.58        | 420.96       | 0.62  |
| 391    | 3434   | 424.46        | 424.12       | 0.34  |
| 392    | 3435   | 425.55        | 426.60       | -1.05 |
| 393    | 3436   | 424.07        | 424.61       | -0.54 |
| 394    | 3437   | 424.77        | 427.30       | -2.53 |
| 395    | 3438   | 426.72        | 429.18       | -2.46 |
| 396    | 3439   | 426.22        | 426.93       | -0.71 |
| 397    | 3440   | 424.23        | 424.25       | -0.02 |
| 398    | 3441   | 422.86        | 423.00       | -0.14 |
| 399    | 3442   | 421.95        | 421.97       | -0.02 |
| 400    | 3443   | 422.00        | 421.08       | 0.92  |
| 401    | 3444   | 421.93        | 422.28       | -0.35 |
| 402    | 3445   | 422.81        | 423.35       | -0.54 |
| 403    | 3446   | 425.47        | 425.24       | 0.23  |
| 404    | 3447   | 426.21        | 425.85       | 0.36  |
| 405    | 3448   | 427.77        | 427.44       | 0.33  |
| 406    | 3450   | 427.25        | 428.00       | -0.75 |
| 407    | 3451   | 429.89        | 429.14       | 0.75  |
| 408    | 3452   | 429.85        | 429.78       | 0.07  |
| 409    | 3453   | 431.62        | 432.18       | -0.56 |
| 410    | 3454   | 436.16        | 433.47       | 2.69  |
| 411    | 3455   | 433.69        | 430.94       | 2.75  |
| 412    | 3456   | 431.39        | 430.23       | 1.16  |
| 413    | 3457   | 432.37        | 432.52       | -0.15 |
| 414    | 3458   | 433.68        | 434.03       | -0.35 |
| 415    | 3459   | 437.57        | 436.81       | 0.76  |
| 416    | 3460   | 438.93        | 438.30       | 0.63  |
| 417    | 3462   | 434.16        | 433.07       | 1.09  |
| 418    | 3463   | 437.52        | 437.36       | 0.16  |
| 419    | 3464   | 437.47        | 435.31       | 2.16  |
| 420    | 3465   | 435.14        | 433.68       | 1.46  |
| 421    | 3468   | 434.94        | 433.92       | 1.02  |
| 422    | 3469   | 437.57        | 434.85       | 2.72  |
| 423    | 3472   | 436.60        | 434.81       | 1.79  |
| 424    | 3473   | 433.65        | 432.85       | 0.80  |
| 425    | 3474   | 426.85        | 430.38       | -3.53 |
| 426    | 3475   | 423.49        | 424.25       | -0.76 |
| 427    | 3476   | 418.70        | 420.93       | -2.23 |
| 428    | 3477   | 433.42        | 433.53       | -0.11 |
| 429    | 3480   | 423.40        | 423.70       | -0.30 |
| 430    | 3481   | 436.61        | 436.24       | 0.37  |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

80

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 431    | 3482   | 436.09        | 435.36       | 0.73  |
| 432    | 3483   | 434.51        | 433.51       | 1.00  |
| 433    | 3484   | 433.06        | 433.02       | 0.04  |
| 434    | 3487   | 424.66        | 426.21       | -1.55 |
| 435    | 3488   | 422.56        | 422.00       | 0.56  |
| 436    | 3489   | 421.33        | 421.01       | 0.32  |
| 437    | 3490   | 424.34        | 424.50       | -0.16 |
| 438    | 3491   | 426.49        | 427.32       | -0.83 |
| 439    | 3492   | 426.02        | 428.24       | -2.22 |
| 440    | 3493   | 426.62        | 428.53       | -1.91 |
| 441    | 3494   | 432.33        | 431.75       | 0.58  |
| 442    | 3495   | 434.55        | 433.39       | 1.16  |
| 443    | 3496   | 436.93        | 434.78       | 2.15  |
| 444    | 3497   | 437.42        | 437.40       | 0.02  |
| 445    | 3498   | 436.68        | 436.72       | -0.04 |
| 446    | 3499   | 435.75        | 436.32       | -0.57 |
| 447    | 3500   | 436.82        | 434.09       | 2.73  |
| 448    | 3501   | 437.05        | 434.92       | 2.13  |
| 449    | 3502   | 432.74        | 431.35       | 1.39  |
| 450    | 3503   | 428.91        | 429.61       | -0.70 |
| 451    | 3506   | 424.70        | 426.15       | -1.45 |
| 452    | 3507   | 424.09        | 425.60       | -1.51 |
| 453    | 3508   | 425.26        | 427.30       | -2.04 |
| 454    | 3509   | 424.59        | 426.23       | -1.64 |
| 455    | 3510   | 424.26        | 424.34       | -0.08 |
| 456    | 3511   | 422.44        | 422.42       | 0.02  |
| 457    | 3512   | 422.01        | 421.16       | 0.85  |
| 458    | 3513   | 422.01        | 421.19       | 0.82  |
| 459    | 3514   | 419.29        | 420.94       | -1.65 |
| 460    | 3515   | 424.75        | 424.11       | 0.64  |
| 461    | 3516   | 421.61        | 422.74       | -1.13 |
| 462    | 3517   | 420.52        | 421.62       | -1.10 |
| 463    | 3518   | 418.79        | 420.06       | -1.27 |
| 464    | 3519   | 417.54        | 418.72       | -1.18 |
| 465    | 3520   | 414.63        | 416.94       | -2.31 |
| 466    | 3524   | 434.75        | 433.68       | 1.07  |
| 467    | 3525   | 430.83        | 429.45       | 1.38  |
| 468    | 3526   | 426.85        | 428.60       | -1.75 |
| 469    | 3527   | 421.16        | 423.45       | -2.29 |
| 470    | 3528   | 423.34        | 425.00       | -1.66 |
| 471    | 3529   | 421.93        | 424.03       | -2.10 |
| 472    | 3530   | 420.83        | 422.88       | -2.05 |
| 473    | 3531   | 420.18        | 421.55       | -1.37 |
| 474    | 3532   | 419.55        | 420.36       | -0.81 |
| 475    | 3533   | 435.07        | 434.51       | 0.56  |
| 476    | 3534   | 433.80        | 432.26       | 1.54  |
| 477    | 3535   | 426.96        | 428.52       | -1.56 |
| 478    | 3536   | 426.34        | 427.34       | -1.00 |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

81



| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 479    | 3537   | 422.54        | 423.54       | -1.00 |
| 480    | 3538   | 424.83        | 424.65       | 0.18  |
| 481    | 3539   | 422.24        | 423.87       | -1.63 |
| 482    | 3540   | 421.02        | 422.60       | -1.58 |
| 483    | 3541   | 420.60        | 421.49       | -0.89 |
| 484    | 3542   | 420.47        | 420.54       | -0.07 |
| 485    | 3543   | 419.78        | 420.11       | -0.33 |
| 486    | 3544   | 435.18        | 434.58       | 0.60  |
| 487    | 3546   | 431.45        | 432.94       | -1.49 |
| 488    | 3547   | 427.76        | 427.39       | 0.37  |
| 489    | 3548   | 424.79        | 426.73       | -1.94 |
| 490    | 3550   | 425.90        | 426.03       | -0.13 |
| 491    | 3551   | 428.82        | 427.28       | 1.54  |
| 492    | 3552   | 425.94        | 425.96       | -0.02 |
| 493    | 3553   | 424.72        | 425.18       | -0.46 |
| 494    | 3554   | 424.38        | 424.64       | -0.26 |
| 495    | 3556   | 421.94        | 423.69       | -1.75 |
| 496    | 3557   | 421.86        | 423.25       | -1.39 |
| 497    | 3558   | 421.70        | 422.52       | -0.82 |
| 498    | 3559   | 421.70        | 421.88       | -0.18 |
| 499    | 3560   | 420.18        | 421.43       | -1.25 |
| 500    | 3561   | 416.17        | 419.36       | -3.19 |
| 501    | 3562   | 416.84        | 417.67       | -0.83 |
| 502    | 3563   | 422.98        | 424.29       | -1.31 |
| 503    | 3564   | 420.74        | 422.99       | -2.25 |
| 504    | 3565   | 420.36        | 422.03       | -1.67 |
| 505    | 3566   | 419.94        | 420.96       | -1.02 |
| 506    | 3567   | 418.44        | 417.88       | 0.56  |
| 507    | 3568   | 417.75        | 418.16       | -0.41 |
| 508    | 3569   | 422.93        | 424.43       | -1.50 |
| 509    | 3570   | 421.90        | 423.43       | -1.53 |
| 510    | 3571   | 420.70        | 421.50       | -0.80 |
| 511    | 3572   | 420.80        | 420.48       | 0.32  |
| 512    | 3573   | 420.04        | 419.91       | 0.13  |
| 513    | 3574   | 418.37        | 419.06       | -0.69 |
| 514    | 3576   | 424.57        | 424.88       | -0.31 |
| 515    | 3577   | 432.09        | 431.97       | 0.12  |
| 516    | 3578   | 418.79        | 418.67       | 0.12  |
| 517    | 3579   | 439.81        | 439.51       | 0.30  |
| 518    | 3580   | 451.88        | 451.62       | 0.26  |
| 519    | 3581   | 422.25        | 422.99       | -0.74 |
| 520    | 3583   | 422.51        | 421.63       | 0.88  |
| 521    | 3584   | 422.52        | 421.80       | 0.72  |
| 522    | 11p    | 425.74        | 426.80       | -1.06 |
| 523    | 11p    | 426.30        | 426.83       | -0.53 |
| 524    | 12p    | 422.49        | 425.28       | -2.79 |
| 525    | 12p    | 426.30        | 426.15       | 0.15  |
| 526    | 12u    | 411.95        | 414.71       | -2.76 |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

82

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 527    | 13p    | 423.57        | 424.32       | -0.75 |
| 528    | 13p    | 426.30        | 427.21       | -0.91 |
| 529    | 13u    | 412.27        | 416.30       | -4.03 |
| 530    | 14p    | 423.91        | 424.85       | -0.94 |
| 531    | 14p    | 426.30        | 427.02       | -0.72 |
| 532    | 14u    | 418.58        | 420.31       | -1.73 |
| 533    | 15p    | 424.72        | 426.79       | -2.07 |
| 534    | 15p    | 425.80        | 426.28       | -0.48 |
| 535    | 15u    | 413.64        | 414.38       | -0.74 |
| 536    | 16p    | 424.22        | 428.64       | -4.42 |
| 537    | 16p    | 419.77        | 420.68       | -0.91 |
| 538    | 17p    | 419.37        | 421.04       | -1.67 |
| 539    | 18p    | 425.29        | 427.35       | -2.06 |
| 540    | 19p    | 424.88        | 425.72       | -0.84 |
| 541    | 1p     | -999.00       |              |       |
| 542    | 200u   | 423.36        | 424.35       | -0.99 |
| 543    | 201u   | 424.01        | 424.56       | -0.55 |
| 544    | 203u   | 425.29        | 425.09       | 0.20  |
| 545    | 204u   | 424.68        | 425.42       | -0.74 |
| 546    | 207u   | 424.74        | 424.57       | 0.17  |
| 547    | 208u   | 424.72        | 426.37       | -1.65 |
| 548    | 209u   | 423.95        | 424.73       | -0.78 |
| 549    | 20p    | 424.56        | 425.26       | -0.70 |
| 550    | 210u   | 427.20        | 427.27       | -0.07 |
| 551    | 211u   | 423.81        | 425.10       | -1.29 |
| 552    | 213u   | 423.75        | 425.17       | -1.42 |
| 553    | 214u   | 423.67        |              |       |
| 554    | 215u   | 427.62        | 428.36       | -0.74 |
| 555    | 216u   | 426.65        | 428.45       | -1.80 |
| 556    | 217u   | 427.13        | 427.42       | -0.29 |
| 557    | 218u   | 427.95        | 429.10       | -1.15 |
| 558    | 219u   | 426.56        | 428.32       | -1.76 |
| 559    | 21p    | 431.00        | 432.25       | -1.25 |
| 560    | 220u   | 426.20        | 428.08       | -1.88 |
| 561    | 221u   | 424.84        | 426.25       | -1.41 |
| 562    | 22p    | 426.84        | 429.26       | -2.42 |
| 563    | 22u    | 418.80        | 420.21       | -1.41 |
| 564    | 23p    | 430.57        | 430.58       | -0.01 |
| 565    | 24p    | 428.59        | 429.24       | -0.65 |
| 566    | 24u    | 403.80        | 405.32       | -1.52 |
| 567    | 25p    | 431.20        | 432.40       | -1.20 |
| 568    | 25u    | 414.10        | 413.05       | 1.05  |
| 569    | 26p    | 428.06        | 431.10       | -3.04 |
| 570    | 26u    | 406.51        | 408.26       | -1.75 |
| 571    | 29u    | 410.59        | 410.45       | 0.14  |
| 572    | 2p     | 443.91        | 443.44       | 0.47  |
| 573    | 300u   | 421.53        | 420.94       | 0.59  |
| 574    | 301u   | 421.71        | 420.93       | 0.78  |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

83

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 575    | 3219a  | 410.11        | 412.38       | -2.27 |
| 576    | 32u    | 413.41        | 416.75       | -3.34 |
| 577    | 33u    | 414.20        | 416.63       | -2.43 |
| 578    | 34u    | 401.71        | 402.17       | -0.46 |
| 579    | 3527-1 | 425.96        | 427.18       | -1.22 |
| 580    | 3527-2 | 426.92        | 428.85       | -1.93 |
| 581    | 3527-3 | 425.31        | 425.71       | -0.40 |
| 582    | 3549-2 | 425.42        | 425.67       | -0.25 |
| 583    | 3555-3 | 424.63        | 424.58       | 0.05  |
| 584    | 36u    | 454.63        | 452.66       | 1.97  |
| 585    | 3p     | 439.60        | 441.47       | -1.87 |
| 586    | 3p     | 427.38        | 427.00       | 0.38  |
| 587    | 41u    | 434.28        | 431.94       | 2.34  |
| 588    | 42k    | 425.90        | 424.21       | 1.69  |
| 589    | 43k    | 421.95        | 422.13       | -0.18 |
| 590    | 44k    | 418.16        | 420.79       | -2.63 |
| 591    | 45k    | 416.17        | 418.56       | -2.39 |
| 592    | 46k    | 415.26        | 415.89       | -0.63 |
| 593    | 45u    | 426.30        | 424.79       | 1.51  |
| 594    | 47k    | 413.00        | 413.42       | -0.42 |
| 595    | 48k    | 431.50        | 431.41       | 0.09  |
| 596    | 49k    | 434.81        | 433.41       | 1.40  |
| 597    | 4p     | 427.51        | 426.59       | 0.92  |
| 598    | 50k    | 434.12        | 433.40       | 0.72  |
| 599    | 51k    | 434.94        | 432.34       | 2.60  |
| 600    | 51u    | 422.50        | 421.04       | 1.46  |
| 601    | 52k    | 431.54        | 431.12       | 0.42  |
| 602    | 53k    | 428.78        | 428.87       | -0.09 |
| 603    | 57u    | 434.03        | 436.86       | -2.83 |
| 604    | 5p     | 433.75        | 430.88       | 2.87  |
| 605    | 5p     | 427.03        | 426.04       | 0.99  |
| 606    | 60u    | 450.93        | 451.07       | -0.14 |
| 607    | 63u    | 422.10        | 425.42       | -3.32 |
| 608    | 65u    | 419.75        | 420.92       | -1.17 |
| 609    | 68u    | 423.40        | 424.03       | -0.63 |
| 610    | 6p     | 433.05        | 432.52       | 0.53  |
| 611    | 6p     | 426.48        | 425.55       | 0.93  |
| 612    | 70u    | 419.70        | 422.23       | -2.53 |
| 613    | 7p     | 435.72        | 435.49       | 0.23  |
| 614    | 7u     | 436.37        | 434.95       | 1.42  |
| 615    | 8p     | 438.60        | 438.08       | 0.52  |
| 616    | 8p     | 426.30        | 427.79       | -1.49 |
| 617    | 9p     | 438.30        | 437.56       | 0.74  |
| 618    | 9p     | 426.30        | 427.39       | -1.09 |
| 619    | k1-2   | 426.04        | 424.93       | 1.11  |
| 620    | k-10n  | 410.05        | 412.94       | -2.89 |
| 621    | k-10c  | 410.05        | 412.72       | -2.67 |
| 622    | k-11n  | 425.80        | 425.65       | 0.15  |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

84

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 623    | k-11c  | 426.10        | 425.58       | 0.52  |
| 624    | k13-3  | 433.00        | 433.62       | -0.62 |
| 625    | k13-5  | 434.36        | 433.88       | 0.48  |
| 626    | k-13n  | 433.88        | 433.69       | 0.19  |
| 627    | k-13c  | 434.31        | 433.82       | 0.49  |
| 628    | k-3n   | 419.90        | 420.28       | -0.38 |
| 629    | k-3c   | 419.62        | 420.35       | -0.73 |
| 630    | k-5n   | 421.31        | 421.36       | -0.05 |
| 631    | k-5c   | 421.44        | 421.41       | 0.03  |
| 632    | 30u    | 412.55        | 415.39       | -2.84 |
| 633    | 37u    | 444.29        | 442.71       | 1.58  |
| 634    | 38u    | 447.16        | 446.49       | 0.67  |
| 635    | 42u    | 441.08        | 441.91       | -0.83 |
| 636    | 46u    | 430.28        | 431.25       | -0.97 |
| 637    | 49u    | 453.39        | 454.81       | -1.42 |
| 638    | 56u    | 431.81        | 432.76       | -0.95 |
| 639    | 58u    | 431.86        | 432.83       | -0.97 |
| 640    | 59u    | 440.35        | 440.18       | 0.17  |
| 641    | 223u   | 426.27        | 426.96       | -0.69 |
| 642    | 2u     | 417.28        | 419.26       | -1.98 |
| 643    | 8u     | 421.29        | 421.15       | 0.14  |
| 644    | 20u    | 418.19        | 418.31       | -0.12 |
| 645    | 27u    | 412.62        | 413.68       | -1.06 |
| 646    | 39u    | 429.71        | 429.47       | 0.24  |
| 647    | 43u    | 420.55        | 422.38       | -1.83 |
| 648    | 44u    | 420.18        | 421.89       | -1.71 |
| 649    | 47u    | 441.85        | 441.54       | 0.31  |
| 650    | 48u    | 457.03        | 456.28       | 0.75  |
| 651    | 61u    | 425.81        | 426.11       | -0.30 |
| 652    | 62u    | 427.14        | 428.09       | -0.95 |
| 653    | 64u    | 421.70        | 420.34       | 1.36  |
| 654    | 66u    | 427.74        | 427.62       | 0.12  |
| 655    | 67u    | 438.68        | 439.05       | -0.37 |
| 656    | 202u   | 422.30        | 425.01       | -2.71 |
| 657    | 205u   | 425.54        | 425.70       | -0.16 |
| 658    | 206u   | 425.57        | 425.80       | -0.23 |
| 659    | 212u   | 426.68        | 428.01       | -1.33 |
| 660    | 224u   | 427.05        | 427.31       | -0.26 |
| 661    | k2-3   | 417.26        | 418.30       | -1.04 |
| 662    | k2-4   | 416.31        | 417.96       | -1.65 |
| 663    | k2-5   | 416.36        | 418.89       | -2.53 |
| 666    | k10-3  | 411.25        | 412.56       | -1.31 |
| 667    | k10-4  | 409.03        | 411.64       | -2.61 |
| 668    | k10-5  | 412.81        | 413.09       | -0.28 |
| 669    | k13-4  | 434.10        | 433.76       | 0.34  |
| 670    | 19u    | 420.21        | 419.82       | 0.39  |
| 671    | k1-1   | 423.75        | 424.88       | -1.13 |
| 672    | 6u     | 427.44        | 431.30       | -3.86 |

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

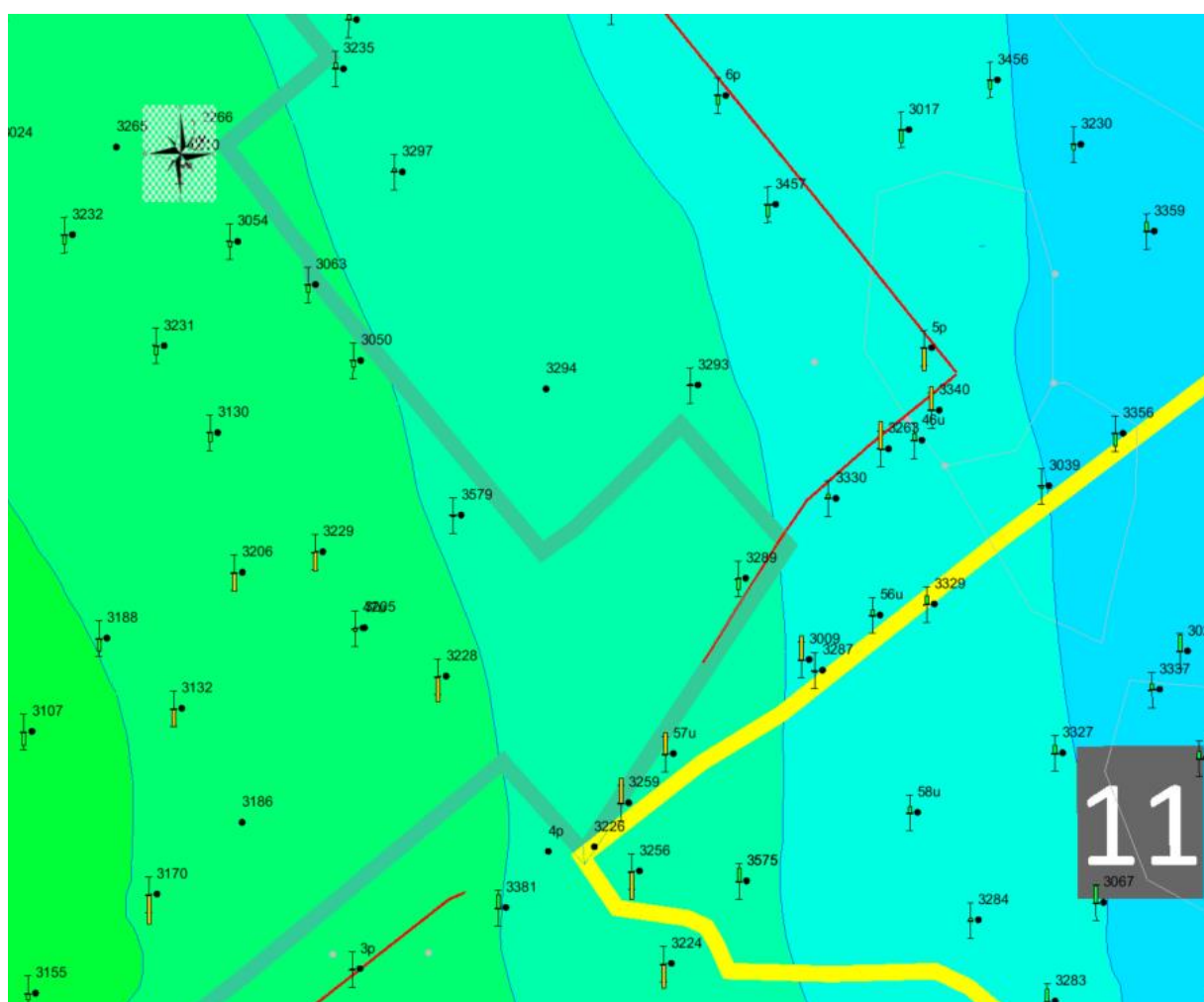
Лист

85

| № п.п. | № скв. | Нф, УПВ факт. | Нм, УПВ мод. | Нф-Нм |
|--------|--------|---------------|--------------|-------|
| 676    | 3090   | 457.98        | 456.76       | 1.22  |
| 677    | 3318   | 428.36        | 427.43       | 0.93  |
| 678    | 3575   | 436.06        | 435.80       | 0.26  |

Среднее квадратичное отклонение для представленных в таблице значений 1,4 м, что не превышает максимально допустимое  $\sigma = 2,3$  м.

Анализ представленной выше таблицы позволяет выделить наличие отдельных точек (порядка 5 % от общего числа) с отклонением более  $\sigma = 2,3$  м. Рассматривая подробнее один из участков с выявленными отклонениями (рис. 6.8). Можно отметить разнонаправленные тенденции наблюдаемых невязок. При этом в непосредственной близости от скважин, фиксирующих отклонения сверх максимального, отмечается наличие входящих в допустимый интервал точек определения. Всё это свидетельствует об отсутствии системных отклонений при решении обратной задачи.





## 7 РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ. АНАЛИЗ БАЛАНСА МОДЕЛИ

Основываясь на материалах инженерно-геологических изысканий и архивных данных выполнено геофильтрационное моделирование. По результатам моделирования воспроизведена существующая структура потока подземных вод, установлены источники питания и разгрузки, особенности вертикального водообмена.

Согласно карте естественных ресурсов подземных вод СССР (фрагмент см. рис. 7.1), модуль подземного стока для исследуемой территории составляет в диапазоне от 0,7 до 1,5 л/с с км<sup>2</sup>. При площади моделируемой области 149 км<sup>2</sup>, величина подземного стока в реки Ангару и Белую может находиться в диапазоне 75-150 л/с или 9,0-19,3 т.м<sup>3</sup>/сут.

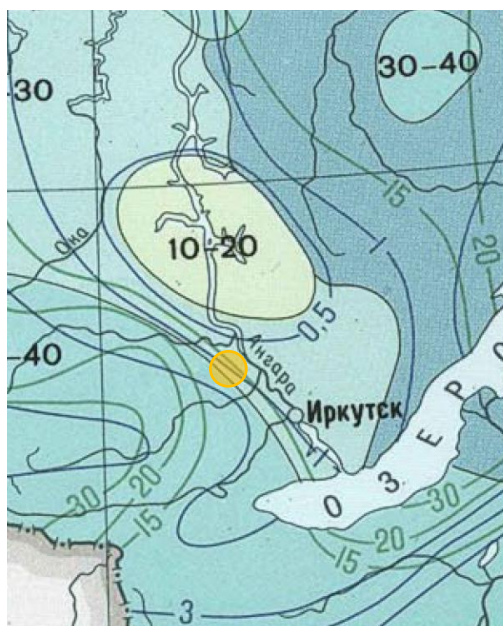


Рис. 7.1 Фрагмент карты естественных ресурсов подземных вод СССР (синии изолинии – среднемноголетний модуль подземного стока, л/с с км<sup>2</sup>)

Основными источниками питания подземных вод четвертичного водоносного горизонта являются фильтрация атмосферных осадков, фильтрация из поверхностных водотоков и водоемов, латеральный приток с границ и переток из нижележащих горизонтов; разгрузка преимущественно происходит в нижележащие горизонты, поверхностные водотоки и водоемы, а также за счет эвапотранспирации.

С учётом средней интенсивности инфильтрационного питания 61 мм/год (без техногенной составляющей), общее питание, формирующееся в пределах моделируемой области за счёт инфильтрации атмосферных осадков оценивается равным 25 т. м<sup>3</sup>/сут. Также определенная доля инфильтрационного питания может поступать в водоносный горизонт на бессточных участках с техногенно нарушенным рельефом, что не учитывается в представленной количественной оценке.

|              |      |      |       |       |      |  |
|--------------|------|------|-------|-------|------|--|
| Взаим. Инв.№ |      |      |       |       |      |  |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |  |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |  |

При средней глубине залегания подземных вод на территории 1,5 м, величина эвапотранспирации составляет в среднем 50-80 мм/год, что для площади 149 км<sup>2</sup> соответствует расходу  $Q_{et}=26,5 \text{ т. м}^3/\text{сут.}$

На рисунке 7.1 представлена балансовая схема геофильтрационной модели, отражающая распределение элементов баланса.

Баланс модели представлен в таблице 7.1.

Таблица 7.1

| Основные балансовые показатели геофильтрационной модели |  |                               | По результатам предварительной аналитической оценки |
|---|--|-------------------------------|---|
| № п.п.  | Статья баланса                               | Расход, т м <sup>3</sup> /сут | Расход, м <sup>3</sup> /сут                         |
| 1   | Инфильтрационное питание                     | 32.62                         | 25.0 (без учёта техногенного питания)               |
| 2   | Испарение                                    | -24.60                        | -26.50  |
| 3   | Отток в р. Белая                             | -5.60                         | 9.0-19.3  |
| 4   | Отток в р. Ангара                            | -8.80                         |   |
| 5   | Отток в водотоки на территории моделирования | -5.90                         | -   |
| 6   | Высачивание на поверхность земли             | -0.79                         | -   |
| 7   | Приток на территорию с юго-запада            | 12.70                         | -   |

Объем дополнительного питания подземных вод, формирующегося на территории шламохранилища (объекты №№ 5 и 6 на схеме) за счёт инфильтрации атмосферных осадков по результатам моделирования составляет 1,2 т.м<sup>3</sup>/сут.

Избыточная доля техногенного инфильтрационного питания формирующегося на территории за счёт неблагоприятных условий поверхностного стока оценивается равной в более чем 5 т. м<sup>3</sup>/сут. В основном данные участки приурочены к территориям шламонакопителя (№5, 6), золоотвала (№4), участков рассолопромысла (№№ 11, 12) и прочих зон с затруднёнными условиями поверхностного стока.

|              |              |              |      |      |      |      |       |      |      |    |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|------|-------|------|------|----|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |      |      |      |      |       |      | Лист |    |
|              |              |              |      |      |      |      |       |      |      | 88 |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | №док | Подп. | Дата |      |    |

Выводы по результатам моделирования существующих условий:

- С точки зрения влияния промплощадки химического производства на гидрогеологические условия выполнено воспроизведение существующих условий на математической гидрогеологической модели. Для рассматриваемого объекта моделирование выполнялось с помощью программного комплекса «Visual MODFLOW».

- Для достоверной оценки всех источников формирования питания и разгрузки подземных вод в пределах области моделирования, размеры модели приняты превосходящими минимально необходимые размеры и составили порядка 10х17 км, что в несколько раз превышает размеры промплощадки. Учитывая размеры техногенных объектов, сооружений и необходимость детализации расчетов, была создана концептуальная модель без привязки параметров к размерам блоков модели. При решении прогнозных задач на исследуемых участках, были созданы отдельные детальные сетки, подробно покрывающие область интереса. Максимальный размер ячеек при решении общих прогнозных задач миграции – 40х40 м, минимальный размер ячеек до 5 м при решении задач в районе ВЗУ Ангара, до 10 м – на территории шламонакопителя и остальных участках, требующих детализации.

- Всего на модели задано 6 слоев, 4 из которых соответствуют относительно водоносным пластам и 2 - слабопроницаемым. Также учтены параметры зоны аэрации и поверхностные воды.

- На созданной исходной геофильтрационной модели в первую очередь решалась обратная задача, то есть на модели воспроизводились существующие гидрогеологические условия. Данные о положении уровней четвертичного водоносного горизонта получены по 650 инженерно-геологическим скважинам. Основным показателем достоверности решения обратной задачи является среднеквадратичное отклонение результатов моделирования от фактических условий, а также соответствие модельных статей баланса результатам предварительной оценки. Полученная в результате калибровки исходной модели фильтрационная схема в основном соответствует отметкам фактических уровней. Расхождение модели с фактическими данными не превышает величины амплитуды сезонных изменений уровней грунтовых вод.

- Основными источниками питания подземных вод четвертичного водоносного горизонта являются фильтрация атмосферных осадков, фильтрация из поверхностных водотоков и водоемов, латеральный приток с границ и переток из нижележащих горизонтов; разгрузка преимущественно происходит в нижележащие горизонты, поверхностные водотоки и водоемы, а также за счет эвапотранспирации.

- По результатам моделирования существующих техногенно нарушенных условий выполнена верификация баланса модели. По результатам верификации в целом можно подтвердить соответствие основных водно-балансовых показателей геофильтрационной модели.

Далее рассмотрим гидрогеохимические условия, сформировавшиеся на территории к 2022 году.

|             |              |  |      |      |       |       |      |                 |      |
|-------------|--------------|--|------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Взам. Инв.№ | Подп. и дата | <p>- Основными источниками питания вод четвертичного водоносного горизонта являются фильтрация атмосферных осадков, фильтрация из поверхностных водотоков и водоемов, латеральный приток с границ и переток из нижележащих горизонтов; разгрузка преимущественно происходит в нижележащие горизонты, поверхностные водотоки и водоемы, а также за счет эвапотранспирации.</p> <p>- По результатам моделирования существующих техногенно нарушенных условий выполнена верификация баланса модели. По результатам верификации в целом можно подтвердить соответствие основных водно-балансовых показателей геофильтрационной модели.</p> <p>Далее рассмотрим гидрогеохимические условия, сформировавшиеся на территории к 2022 году.</p> |      |      |       |       |      |                 |      |
|             |              |  |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|             |              | Изм.   | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |                 | 89   |

## 8. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Источники загрязнения подземных вод на рассматриваемой территории сложны и многообразны.

Согласно заданию Заказчика в настоящем отчете рассмотрены прогнозные сценарии распределения по следующим основным компонентам и их соединениям:

1. Ртуть
2. Мышьяк
3. Кадмий
4. Никель
5. Свинец
6. Нефтепродукты

Для идентификации основных источников загрязнения по рассматриваемым компонентам также построены карты распределения ЗВ в подземных водах и грунтах для существующих условий.

В таблице 8.1 представлен перечень рассматриваемых ЗВ I и II класса опасности, в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 3.13 СанПиН).

| Показатель    |                     | Ед. изм.            | ПДК СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 3.13) | Класс опасности | Количество проб с превышением от общего числа (%) | Ср. значение с превышением ПДК | Ср. значение общее | Ср. геометрическое |
|---------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|---|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| Обозначение   | Наименование        |                     |                                     |                 |   |                                |                    |                    |
| Hg            | Ртуть               | мкг/дм <sup>3</sup> | 0.5                                 | 1               | 5 %   | 11.9213                        | 0.6706             | 0.0475             |
| As            | Мышьяк              | мг/дм <sup>3</sup>  | 0.01                                | 1               | 54.1 %  | 0.2489                         | 0.1368             | -                  |
| Cd            | Кадмий              | мг/дм <sup>3</sup>  | 0.001                               | 2               | 10 %  | 0.0100                         | 0.0013             | 0.0002             |
| Ni            | Никель              | мг/дм <sup>3</sup>  | 0.02                                | 2               | 39.8 %  | 0.0715                         | 0.0330             | 0.0121             |
| Pb            | Свинец              | мг/дм <sup>3</sup>  | 0.01                                | 2               | 46.6 %  | 0.3590                         | 0.1681             | 0.0115             |
| Сухой остаток | Общая минерализация | мг/дм <sup>3</sup>  | 1500                                | -               |   | 11014.0                        | 6900.8             | 2836.6             |
| -             | Нефтепродукты       | мг/дм <sup>3</sup>  | 0.3                                 | -               | 34.2 %  | 3.0                            | 1.1                | 0.2                |

Таблица 8.1 Перечень основных ЗВ и I и II класса опасности в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 3.13). Красная заливка – превышающие ПДК значения.

|              |              |      |      |       |       |      |
|--------------|--------------|------|------|-------|-------|------|
| Взаим. Инв.№ |              |      |      |       |       |      |
|              | Подп. и дата |      |      |       |       |      |
|              |              |      |      |       |       |      |
| Инв. № подл. |              |      |      |       |       |      |
|              |              |      |      |       |       |      |
|              | Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

**5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ**

|      |  |
|------|--|
| Лист |  |
| 90   |  |

### 8.1 Ртуть (Hg)

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 ртуть (Hg) относится к первому классу опасности, а превышение ПДК ртути в подземных водах зафиксировано в 5 % от общего количества скважин.

На рисунке 8.1.1 представлена карта распространения ртути в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по состоянию на 2021 год. На карте выделены только значения превышающие ПДК  $C \geq 0,0005$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21).

Как видно из карты, наиболее загрязненные ртутью участки закономерно приурочены к территории промплощадки (№2). Также по отдельным скважинам отмечается превышение ПДК вблизи городского полигона ТБО (№9).

|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|-----------------|------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |  |
|              |              |              |       |       |      |                 | 91   |  |



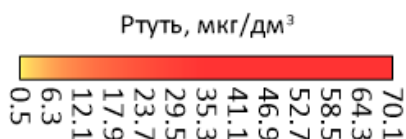
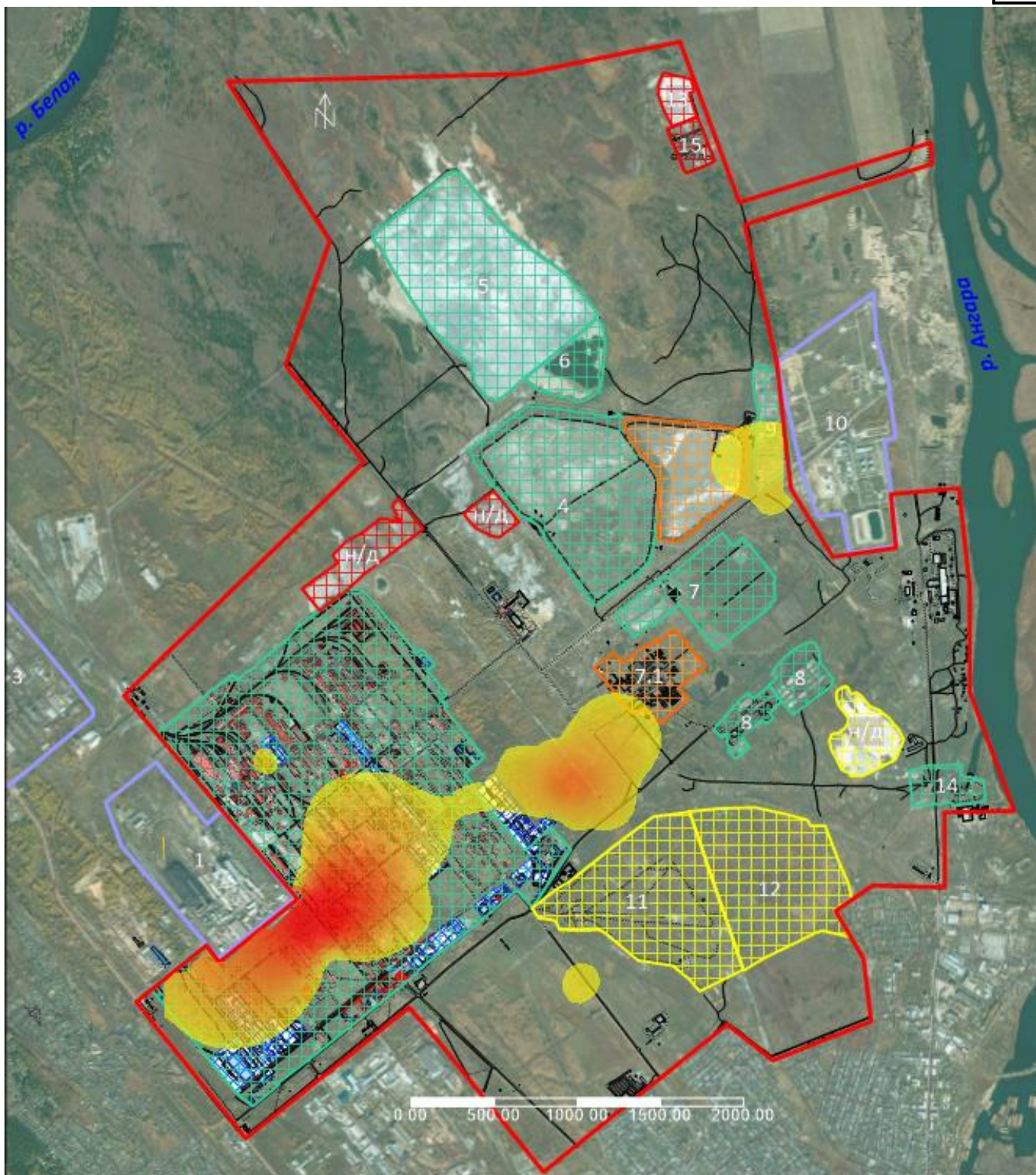


Рис.8.1.1 Карта распространения ртути (Hg) в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по состоянию на 2021 год. На карте выделены только значения превышающие ПДК  $C \geq 0,0005$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21). Условные обозначения к подложке представлены на рис. 8.1.2.

|              |              |              |       |       |      |  |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|--|--|--|--|--|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |       |       |      |  |  |  |  |  | Лист |
|              |              |              |       |       |      |  |  |  |  |  | 92   |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата |  |  |  |  |  |      |

## Условные обозначения

### Экспликация объектов

- 1 Промплощадка ТЭФ-11
- 2 Промплощадка ООО «Усольехимпром»
- 3 Промплощадка ОАО «Усолье-Сибирская Химфармзавод»
- 4 Золоотвал ТЭЦ-11
- 5 Шламонакопитель ООО «Усольехимпром»
- 6 Шламонакопитель ОАО «Усолье-Сибирский Химфармзавод»
- 7 Станция нейтрализации кислотно-щелочных сточных вод  
ООО «Усольехимпром»
- 7.1 Очистные сооружения
- 8 Очистные сооружения сточных вод г. Усолье-Сибирского
- 9 Городской полигон ТБО
- 10 Комбинат «Прибайкалье»
- 11 Участок соляного рассолопромысла ООО «Сольсиб»
- 12 Площадка рассолопромысла к-та «Сибсоль»
- 13 Склад химических отходов 445 (полигон захоронения  
отходов ООО «Усольехимпром»)
- 14 Нефтяная линза в зоне ВЗУ
- 15 Склад химических отходов 450

Границы участка изысканий

Рис. 8.1.2 Условные обозначения к картам

Далее, для идентификации повторных источников загрязнения подземных вод выполним анализ распределения ртути в грунтах.

Поинтервальные карты распределения ртути в грунтах представлены ниже.

|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|--------------|--------------|---------------|-------|-------|------|-----------------|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  | Лист |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  | 93   |



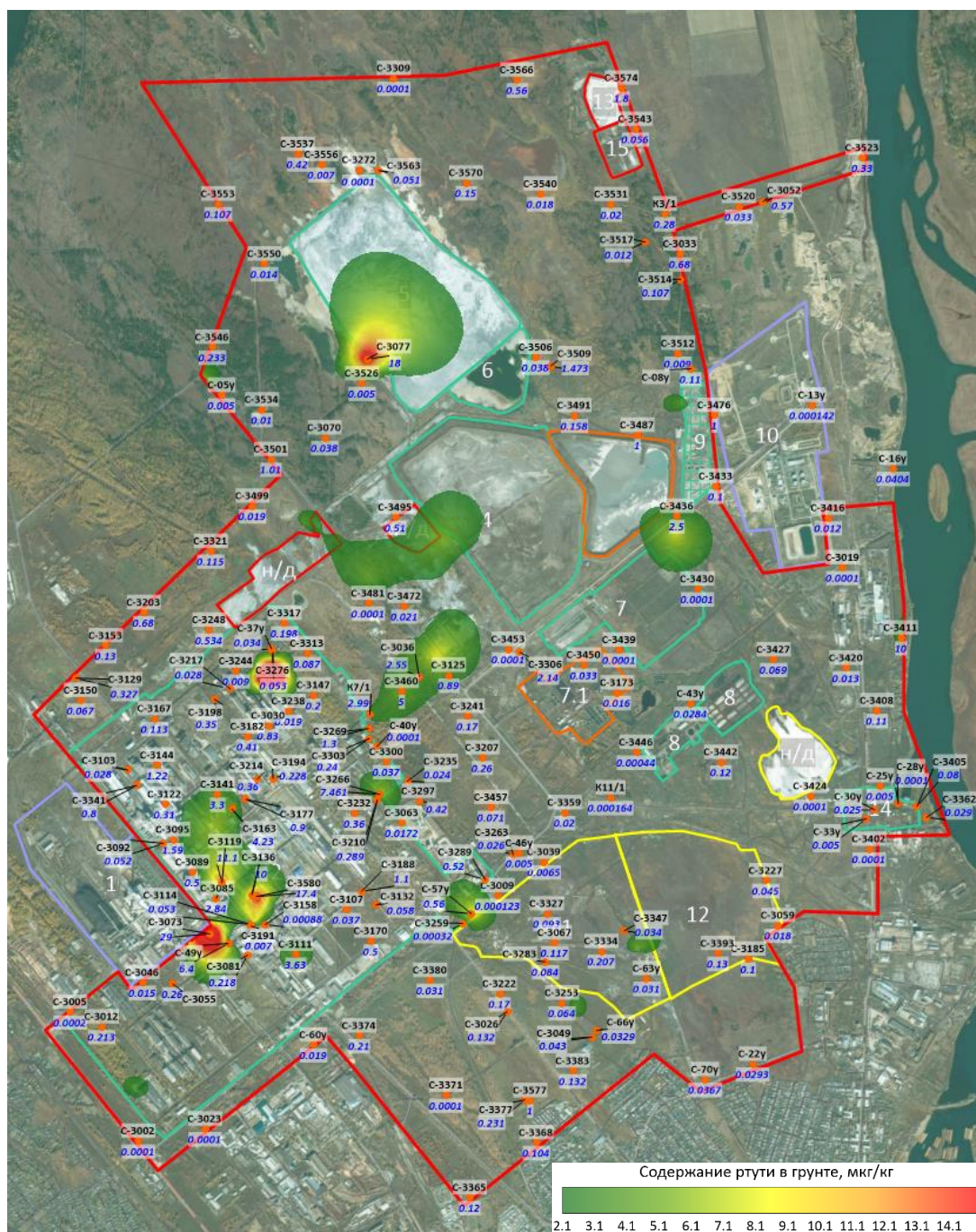


Рис. 8.1.3. Схема распространения ртути в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 0,0–0,5 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация ртути в мкг/кг

|              |              |               |   |       |      |                 |      |  |
|--------------|--------------|---------------|---|-------|------|-----------------|------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № | <p>определения, в знаменателе концентрация ртути в мкг/кг</p> |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |   |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |   |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |   |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |   |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |  |
|              |              |               |   |       |      |                 | 94   |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док   | Подп. | Дата |                 |      |  |



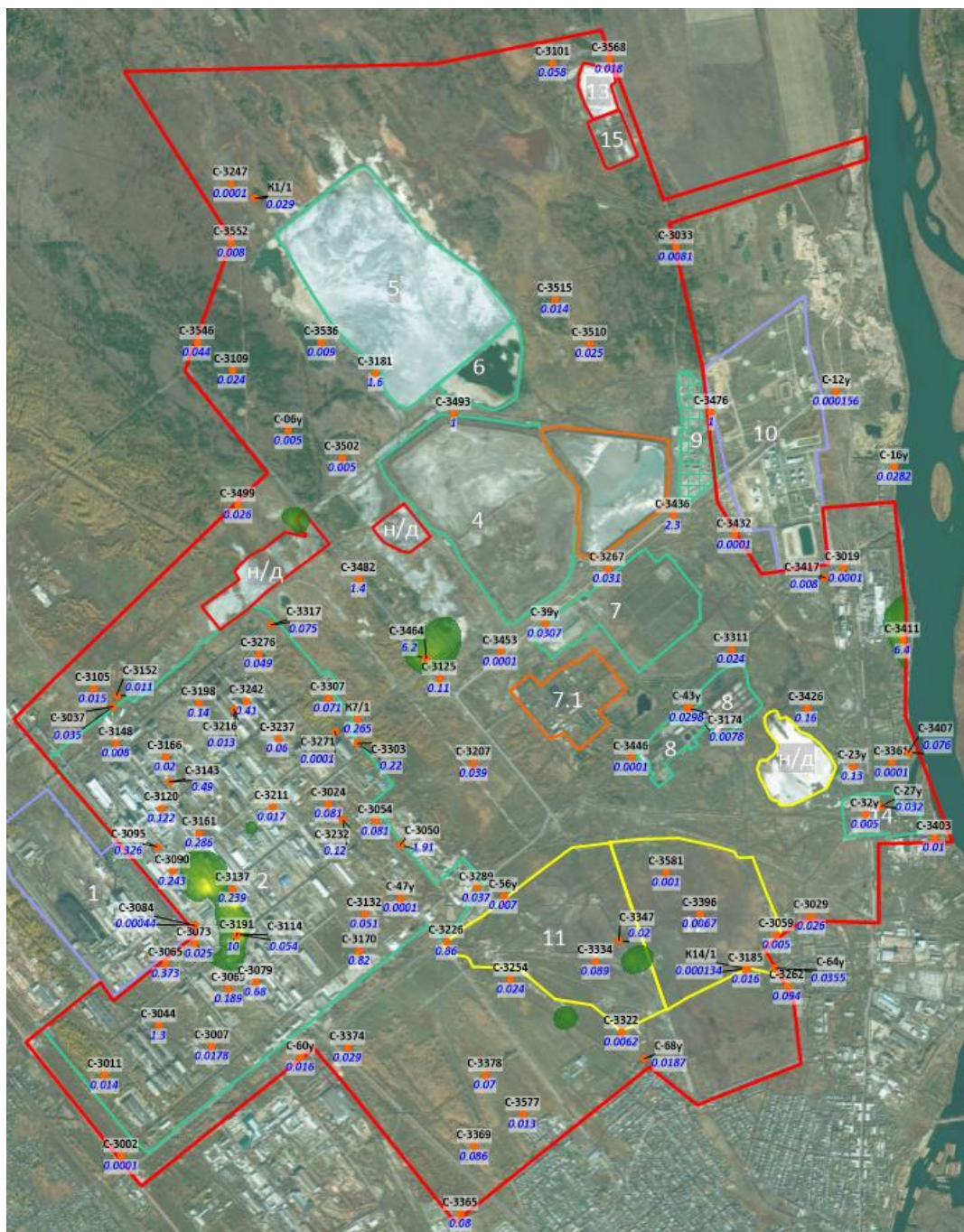


Рис. 8.1.4 Схема распространения ртути в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 0,5–1,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация ртути в мкг/кг

|              |               |      |       |       |      |                 |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      | Лист            |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      |                 |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |               |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      | 95              |





Рис. 8.1.5. Схема распространения ртути в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 1,0–2,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация ртути в мг/кг

|              |               |      |       |       |      |                 |    |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|----|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      | Лист            |    |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |    |
|              |               |      |       |       |      |                 |    |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | 96 |
|              |               |      |       |       |      |                 |    |





Рис. 8.1.6. Схема распространения ртути в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 2,0–3,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация ртути в мкг/кг

|                 |               |      |       |       |      |      |
|-----------------|---------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата  |      |       |       |      |      |
|                 |               |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист |
|                 |               |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |               |      |       |       |      | 97   |





Рис. 8.1.7. Схема распространения ртути в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 3,0–4,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация ртути в мг/кг

|                 |               |      |       |       |      |      |
|-----------------|---------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата  |      |       |       |      |      |
|                 |               |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист |
|                 |               |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |               |      |       |       |      | 98   |













Рис. 8.1.10 Схема распространения ртути в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 7,0–9,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация ртути в мкг/кг

|              |               |      |       |       |      |                 |     |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|-----|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      | Лист            |     |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |     |
|              |               |      |       |       |      |                 |     |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | 101 |





Рис. 8.1.11 Схема распространения ртути в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 10,0–16,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация ртути в мкг/кг

На исследуемой территории выявлено несколько областей, в которых содержание ртути в грунте превышает ПДК (ПДК = 2,1 мкг/кг). Загрязнение выявлено:

1. Вблизи шламонакопителя ООО «Усольехимпром» (5). Загрязнение приурочено к интервалам 0,0-1,0, содержание ртути изменяется в пределах 2,1-18 мкг/кг.
2. Вблизи золоотвала ТЭЦ-11 (4). Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 1,0 м двумя шлейфами, протягивающимися на запад, содержание ртути изменяется в пределах 2,1-5,0 мкг/кг.

|               |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Взаим. Инв. № |  |  |  |  |  |  |  |
| Подп. и дата  |  | <p>На исследуемой территории выявлено несколько областей, в которых содержание ртути в грунте превышает ПДК (ПДК = 2,1 мкг/кг). Загрязнение выявлено:</p> <p>1. Вблизи шламонакопителя ООО «Усольехимпром» (5). Загрязнение приурочено к интервалам 0,0-1,0, содержание ртути изменяется в пределах 2,1-18 мкг/кг.</p> <p>2. Вблизи золоотвала ТЭЦ-11 (4). Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 1,0 м двумя шлейфами, протягивающимися на запад, содержание ртути изменяется в пределах 2,1-5,0 мкг/кг.</p> |  |  |  |  |  |
| Инв. № подл.  |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  |  |  |  |  |  |  |
|               |  | </   |  |  |  |  |  |

3. На территории завода «Усольехимпром» (2). Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 7,0 м, наибольшая концентрация ртути в интервале 0,0-0,5 м равная 36,0 мкг/кг.
4. На участках рассолопромысла (11-12). Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 3,0 м, наибольшая концентрация ртути в интервале 2,0-3,0 м равная 8,4 мкг/кг.
5. Городской полигон ТБО (9). Загрязнение распространено на глубину от 7,0 м до 16,0 м, наибольшая концентрация ртути в интервале 9,0-16,0 м равная 24,0 мкг/кг.

Выполним оценку распределения массы ртути в границе выполненных инженерно-геологических изысканий.

В основе выполненной оценки лежат результаты поинтервального определения химических компонентов в почвах исследуемой территории. Полные результаты лабораторных исследований представлены в томе 5-2020ЕИ-ИЭИ4.2.2 по инженерно-экологическим изысканиям.

Методически оценка выполнена следующим образом.

На основании массива лабораторных определений были выделены расчетные интервалы определений содержания ртути по глубине. В итоге для расчёта принято 9 основных интервалов.

Каждый интервал был покрыт картограммой с размерами ячеек 10x10 м и соответственно, площадью ячеек по 100 м<sup>2</sup>. Масса грунта в интервале определялась произведением объема интервала и плотности грунта. Расчетные параметры выделенных интервалов представлены в таблице 8.1.1.

Общая площадь в границах подсчета  $S=22,2$  млн.м<sup>2</sup>.

| № пп     | Интервал глубин, м |      | мощность слоя, м | блок х, м | блок у, м | Объём блока V, м <sup>3</sup> | Плотность грунта ρ, кг/м <sup>3</sup> | Масса грунта в блоке, кг |
|----------|--------------------|------|------------------|-----------|-----------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1        | 0.0                | 0.5  | 0.5              | 10        | 10        | 50                            | 1900                                  | 95000                    |
| 2        | 0.5                | 1.0  | 0.5              | 10        | 10        | 50                            | 1900                                  | 95000                    |
| 3        | 1.0                | 2.0  | 1                | 10        | 10        | 100                           | 1900                                  | 190000                   |
| 4        | 2.0                | 3.0  | 1                | 10        | 10        | 100                           | 1900                                  | 190000                   |
| 5        | 3.0                | 4.0  | 1                | 10        | 10        | 100                           | 1900                                  | 190000                   |
| 6        | 4.0                | 5.0  | 1                | 10        | 10        | 100                           | 1900                                  | 190000                   |
| 7        | 5.0                | 7.0  | 2                | 10        | 10        | 200                           | 1900                                  | 380000                   |
| 8        | 7.0                | 9.0  | 2                | 10        | 10        | 200                           | 1900                                  | 380000                   |
| 9        | 9.0                | 16.0 | 7                | 10        | 10        | 700                           | 1900                                  | 1330000                  |
| Итого, м |                    |      | 16               |           |           |                               |                                       | 3040000                  |

Таблица 8.1.1. Расчётные параметры выделенных интервалов

Далее были построены поинтервальные карты распределения массовой доли ртути из расчета на один выделенный блок. Карты построены путем перемножения картограмм с массой грунта в блоке на картограмму распределения концентраций ртути в грунтах для соответствующего блока. Затем для каждого интервала определено суммарное значение по картограмме на каждом интервале.

|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|--------------|------|------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Взаим. Инв.№ |      |      |      |       |       |      | Лист            |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
| Подп. и дата |      |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
| Инв. № подл. | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | 103             |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |

В таблице 8.1.2 представлены сводные результаты определений массы ртути в грунтах на исследуемой площади.

Общий расчётный вес ртути в грунтах, определенный методом послойного суммирования оценивается равным в 115 тонн.

| № пп | Интервал глубин,<br>м |      | Общая сумма<br>по<br>картограмме,<br>мг | Сумма по<br>картограмме.<br>Ртуть (Hg), тонн |
|------|-----------------------|------|---|--|
| 1    | 0.0                   | 0.5  | 8244758399                              | 8.24   |
| 2    | 0.5                   | 1.0  | 10209177230                             | 10.21  |
| 3    | 1.0                   | 2.0  | 8201472447                              | 8.20   |
| 4    | 2.0                   | 3.0  | 5168923780                              | 5.17   |
| 5    | 3.0                   | 4.0  | 4808318745                              | 4.81   |
| 6    | 4.0                   | 5.0  | 4838640771                              | 4.84   |
| 7    | 5.0                   | 7.0  | 43525297759                             | 43.53  |
| 8    | 7.0                   | 9.0  | 14737188484                             | 14.74  |
| 9    | 9.0                   | 16.0 | 14875399544                             | 14.88  |
|      | Итого, м              |      |   | <b>114.61</b>                                |

Таблица 8.1.2. Результаты расчетов массы ртути (Hg) в грунтах

Для верификации результатов расчетов выполним укрупненную аналитическую оценку массы ртути. Среднее значение содержания ртути по всему объему выборки представленной в томе ИЭИ составляет  $C=0.24$  мг/кг.

Тогда массы ртути в грунте до глубины 16 м оценивается равной:

$$M = \rho_{гр} [кг/м^3] * V_{гр} [м^3] * C [мг/кг] / 1000^2 = 1900 * (22\,200\,000 * 16) * 0,24 / 1000^2 = 162000 \text{ кг} = 162 \text{ Т.}$$

Результаты укрупненных аналитических расчётов подтверждаются расчётами методом послойного суммирования.

Представленная выше оценка выполнена для всей территории и включает фоновые значения, которые могут быть ограничены ПДК.

В таблице 8.1.3 представлены сводные результаты определений массы ртути в грунтах только на территории завода «Усольехимпром». Сумма Hg дана за вычетом значения ПДК, равного 2,1 мг/кг (СанПиН 1.2.3685-21).

Общая расчётная масса ртути в грунте, определенная методом послойного суммирования в этом случае оценивается равной в 1,7 Тонн.

|              |              |               |      |      |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|---------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |      |      |      |       |       |      | Лист |
|              |              |               |      |      |      |       |       |      |      |
|              |              |               | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |



| № пп  | Интервал глубин, м |      | Общая сумма по картограмме, мг | Сумма по картограмме. Ртуть (Hg), тонн |
|-------|--------------------|------|--------------------------------|--|
| 1     | 0.0                | 0.5  | 979.70                         | 0.98                                   |
| 2     | 0.5                | 1.0  | 335.22                         | 0.34                                   |
| 3     | 1.0                | 2.0  | 111.55                         | 0.11                                   |
| 4     | 2.0                | 3.0  | 85.40                          | 0.09                                   |
| 5     | 3.0                | 4.0  | 32.42                          | 0.03                                   |
| 6     | 4.0                | 5.0  | 46.85                          | 0.05                                   |
| 7     | 5.0                | 7.0  | 111.25                         | 0.11                                   |
| 8     | 7.0                | 9.0  | 1.28                           | 0.00                                   |
| 9     | 9.0                | 16.0 | 0.00                           | 0.00                                   |
| ИТОГО |                    |      | 1702.39                        | 1.70                                   |

Таблица 8.1.3. Результаты расчетов содержания ртути (Hg) в грунтах на территории промплощадки и за вычетом ПДК

Далее выполним оценку массы ртути выносимой потоком подземных вод с территории промплощадки за контур ПМЗ-1. Расчётное сечение представлено на рисунке 8.1.12.

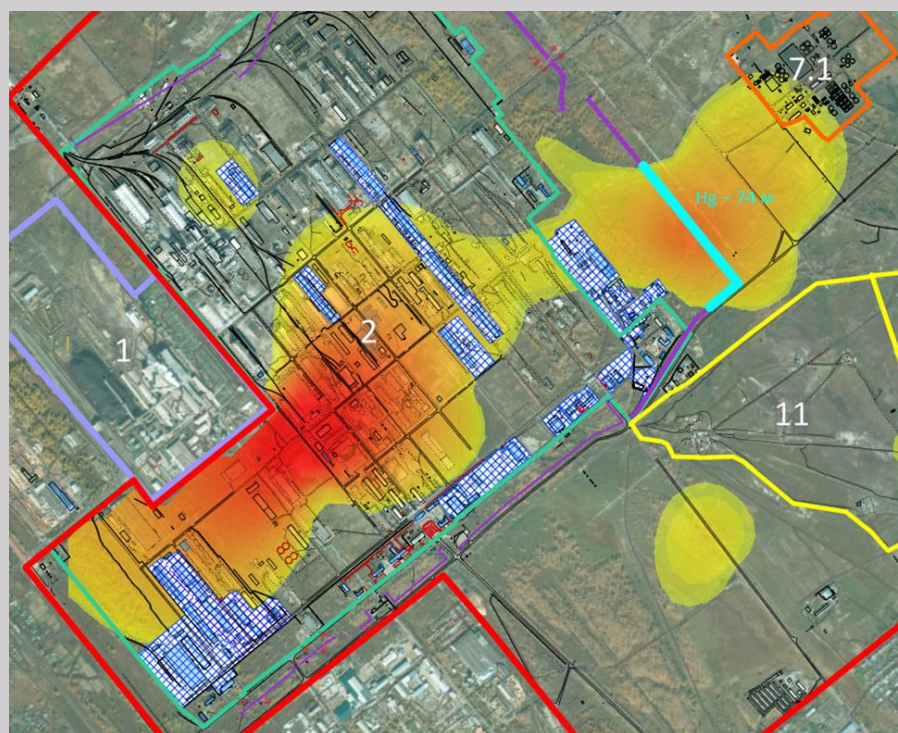


Рис. 8.1.12 Схема с положением расчётного участка. Длина участка завесы, через которую фильтруется загрязняющее вещество – 74,0 м, средняя концентрация Hg – 4,9 мкг/дм³.

Согласно фильтрационным расчётам, на выделенном участке расход подземных вод в четвертичной толще и верхней части юрского водоносного комплекса составляет 300 м³/сут. Тогда за 100 лет при сохранении концентрации через сечение с потоком подземных вод пройдет масса ртути равная  $M_{100} = Q [м³/сут] \cdot C [мкг/дм³] \cdot 100 [лет] = 300 \cdot [4,9/1000] \cdot 100 = 147 \text{ кг}$ .

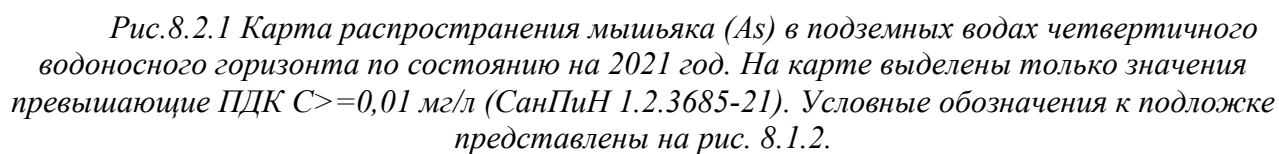
Таким образом, за расчётный период 100 лет масса ртути выносимая потоком подземных вод составит менее 10% от массы ртути расположенной в грунтах площадки более ПДК (1,7 Т).

|              |      |      |       |       |      |  |
|--------------|------|------|-------|-------|------|--|
| Взаим. Инв.№ |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |



|              |              |               |
|--------------|--------------|---------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |
|              |              |               |

Основные очаги загрязнения подземных вод мышьяком расположены на территории промплощадки (№ 2). Также многократные превышения ПДК отмечаются на участках рассолопромысла (№ 11, 12) и в районе шламонакопителей (№5, 6).





|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

ЛИНИИ



1

|      |
|------|
| Лист |
| 107  |



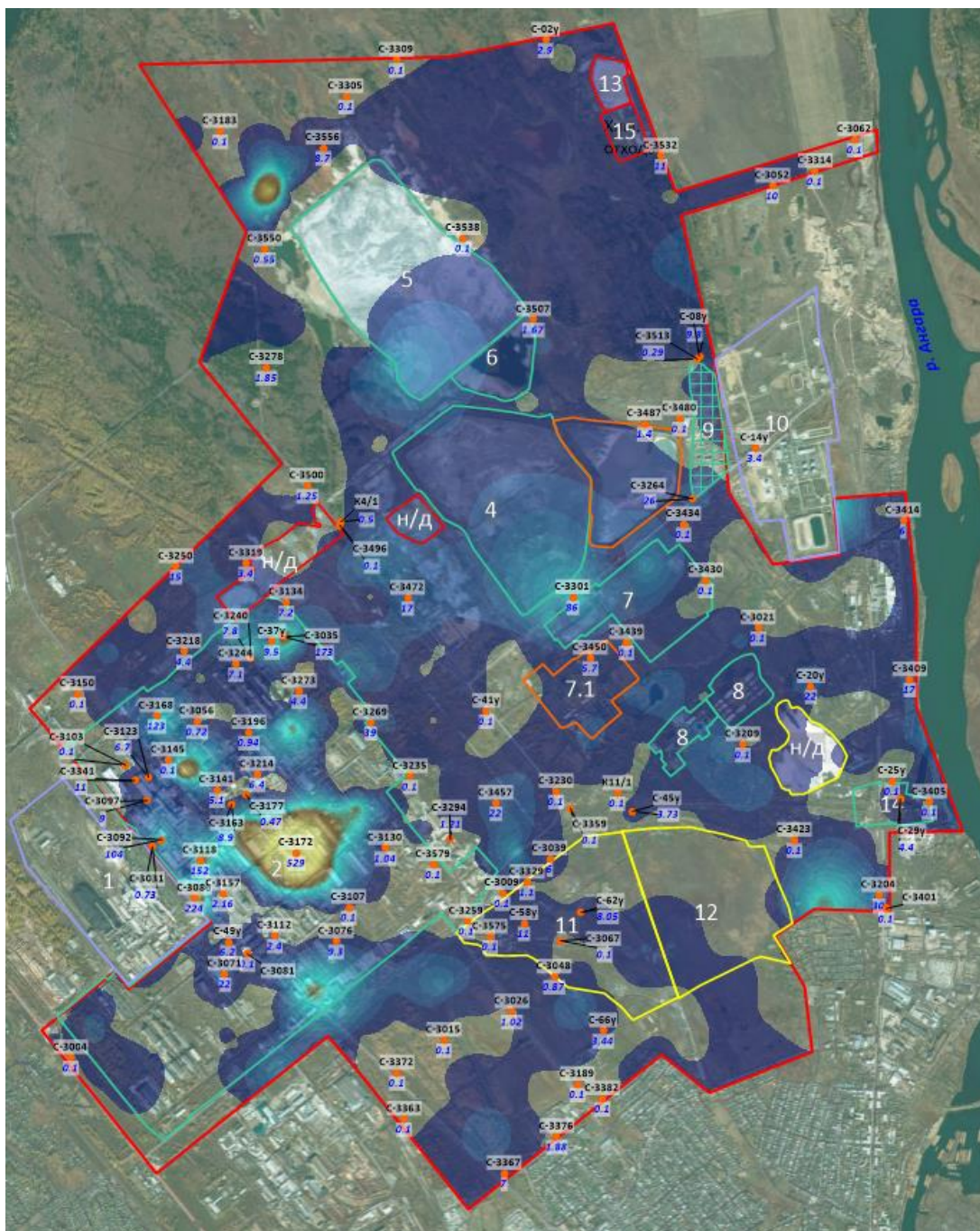


Рис. 8.2.3 Схема распространения мышьяка в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 0,5–1,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация мышьяка в мг/кг

|              |              |               |  |       |      |                 |      |  |
|--------------|--------------|---------------|--|-------|------|-----------------|------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № | <p>Гис. 6.2.5 Схема распространения мышьяка в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 0,5–1,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация мышьяка в мг/кг</p> |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |  |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |  |       |      |                 |      |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док  | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |  |
|              |              |               |  |       |      |                 | 108  |  |











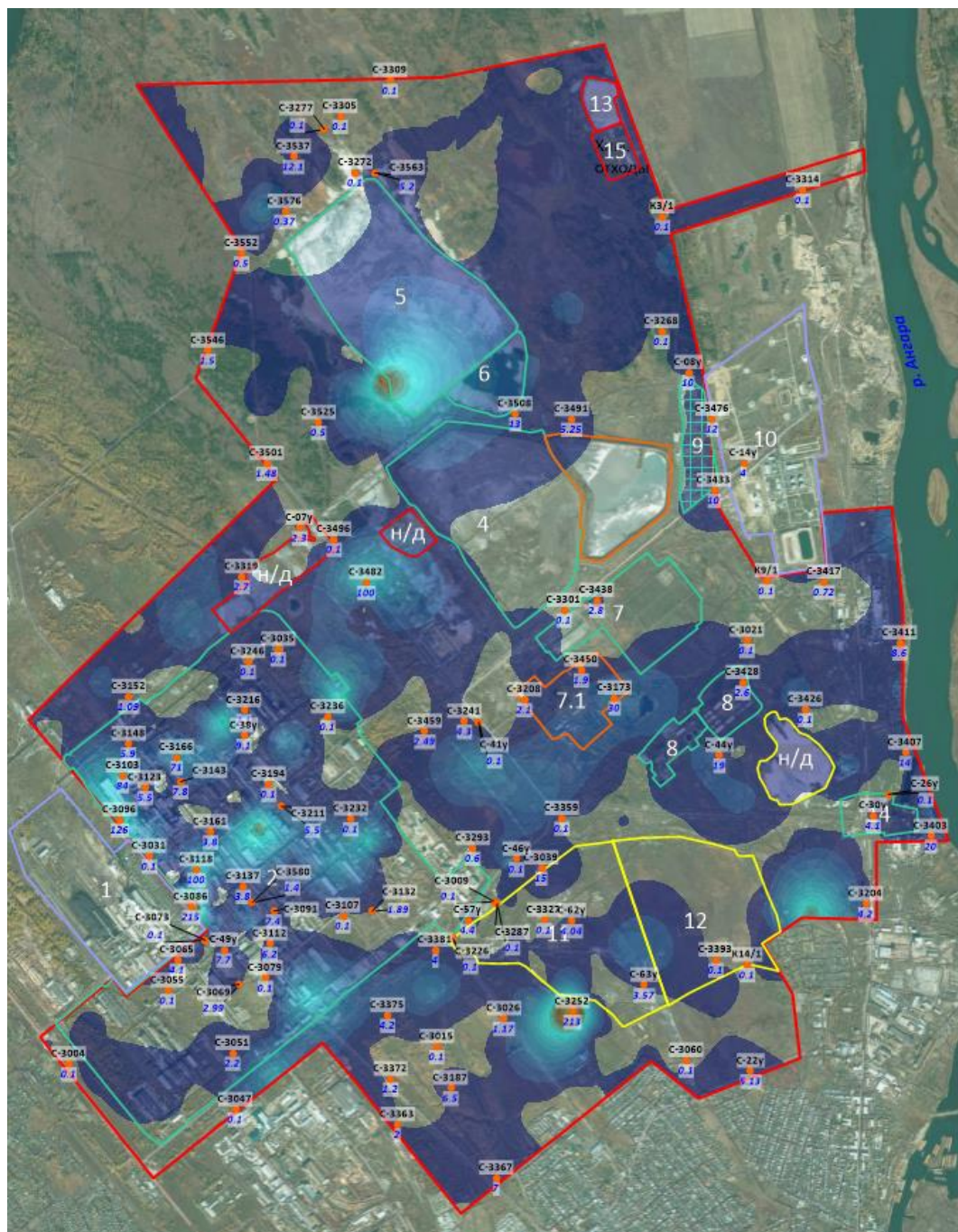


Рис. 8.2.6. Схема распространения мышьяка в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 3,0–4,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация мышьяка в мг/кг

|              |              |              |  |       |      |                 |  |     |      |
|--------------|--------------|--------------|--|-------|------|-----------------|--|-----|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № | <p>1 ис. 8.2.6. Схема распространения мышьяка в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 3,0–4,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация мышьяка в мг/кг</p> |       |      |                 |  |     | Лист |
|              |              |              |  |       |      |                 |  |     |      |
|              |              |              |  |       |      |                 |  |     |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док  | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | 111 |      |











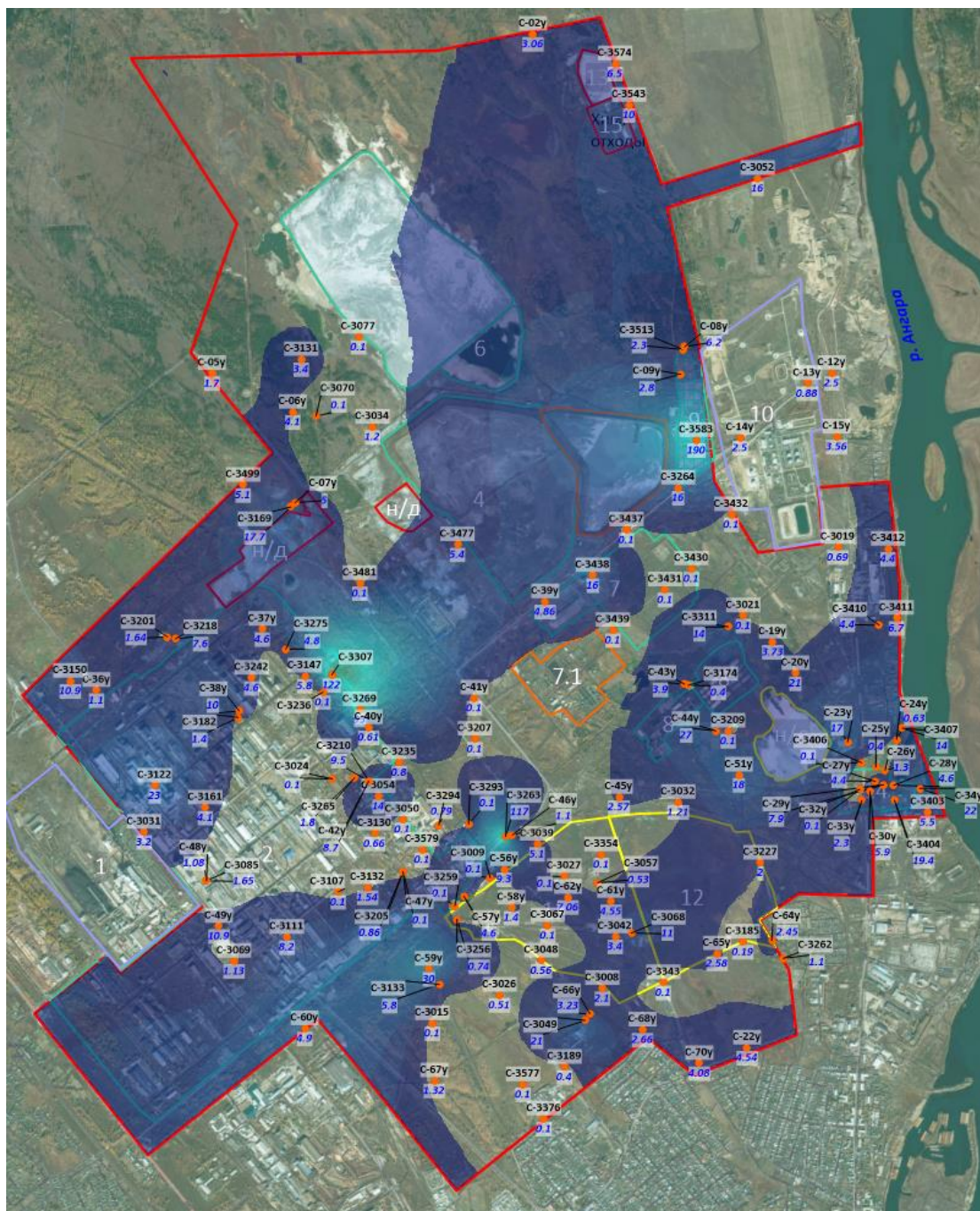


Рис. 8.2.9 Схема распространения мышьяка в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 7,0–9,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация мышьяка в мг/кг

|                 |              |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | Лист |
|                 |              |      |       |       |      | 114  |



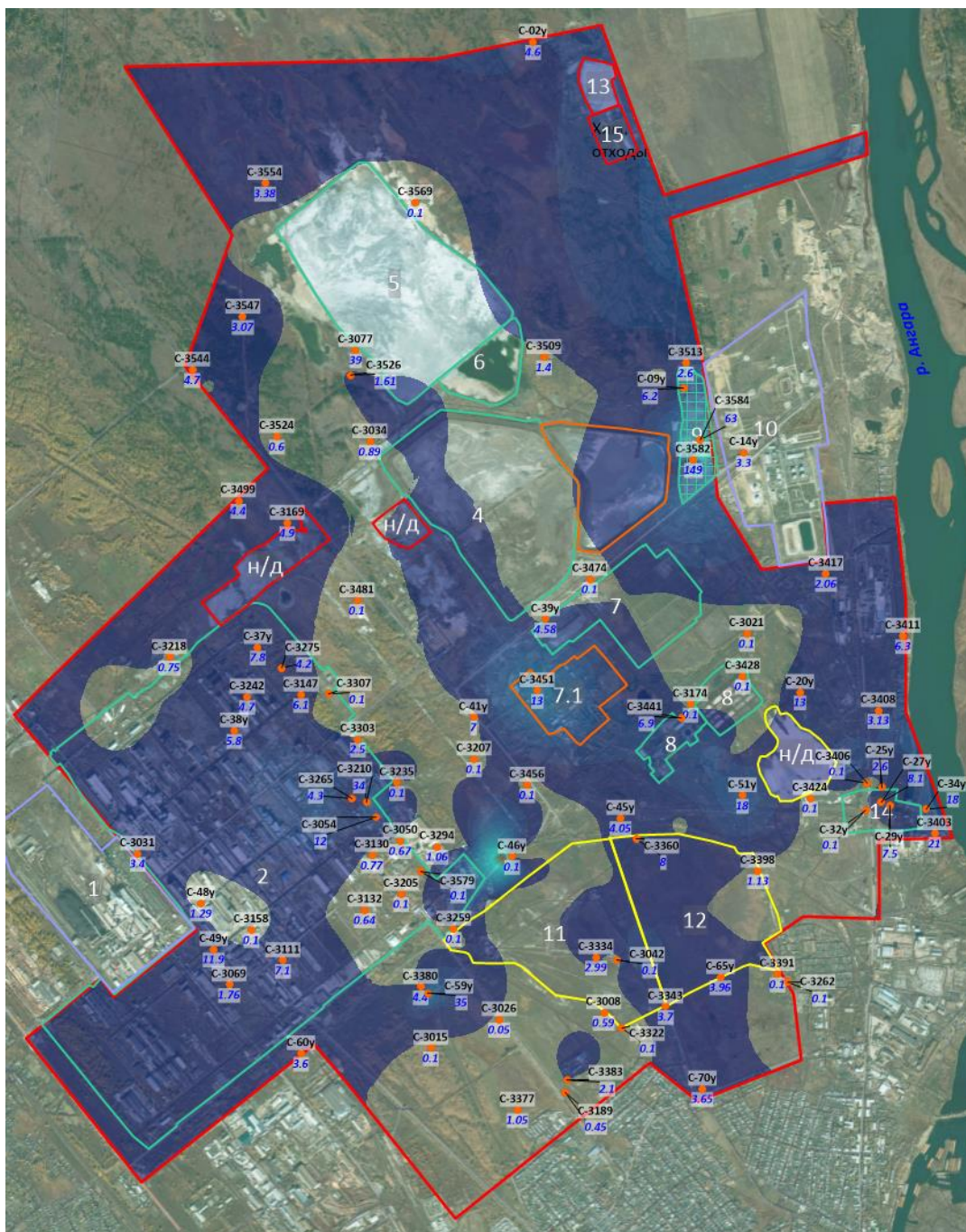


Рис. 8.2.10 Схема распространения мышьяка в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 9,0–16,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация мышьяка в мг/кг

|                 |               |      |       |       |      |
|-----------------|---------------|------|-------|-------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |
|                 | Подп. и дата  |      |       |       |      |
|                 |               |      |       |       |      |
| Изм.            | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата |
|                 |               |      |       |       |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |               |      |       |       |      |
|                 |               |      |       |       | Лист |
|                 |               |      |       |       | 115  |



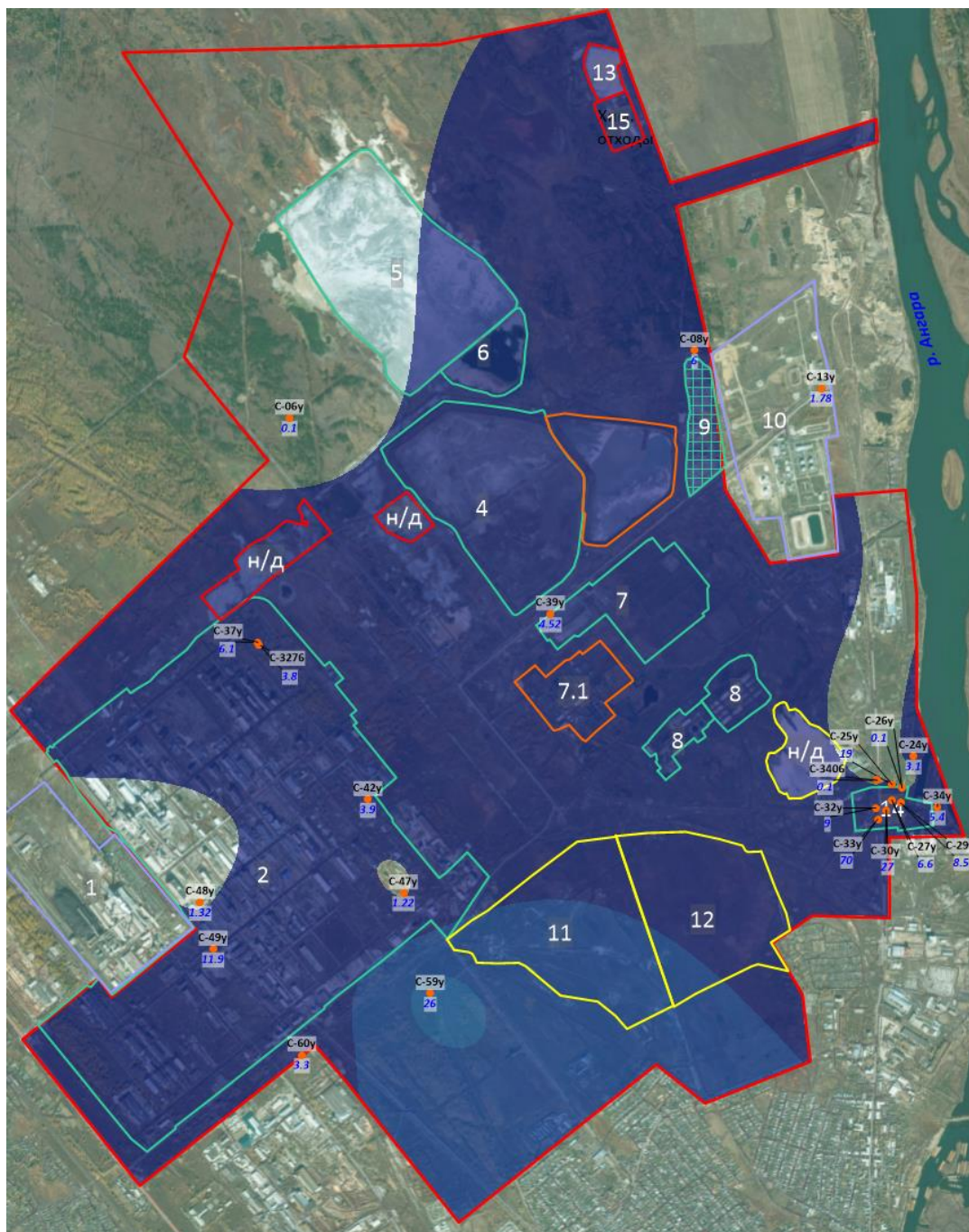


Рис. 8.2.11 Схема распространения мышьяка в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 16,0–25,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация мышьяка в мг/кг

На исследуемой территории области, в которых содержание мышьяка в грунте превышает ПДК (ПДК = 2 мг/кг), занимают более 50 % от общей площади. Загрязнение выявлено до максимальной глубины бурения – 25,0 м.

В основном загрязнение распространено на промышленных площадках. Области наибольшего загрязнения приурочены к:

1. Территории вокруг шламонакопителя «Усольехимпром» (5). Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 16,0 м, наибольшая концентрация мышьяка в

|                 |              |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | Лист |
|                 |              |      |       |       |      | 116  |

интервале 0,0-2,0 м равная 176,0-195,0 мг/кг, в интервале 2,0-3,0 концентрация составила 218,0 мг/кг.

2. На территории завода «Усольехимпром». Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 25,0 м, максимальные концентрации наблюдаются в интервалах от 0,0 до 7,0 м равные 179-289 мг/кг.

|              |              |              |      |      |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |      |      |      |       |       |      | Лист |
|              |              |              |      |      |      |       |       |      |      |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |



### 8.3 Свинец (Pb)

В значительной части отобранных проб подземных вод (более 45 %) выявлены превышения ПДК (ПДК = 0,01 мг/кг) по свинцу. Наиболее загрязненными являются следующие области:

1. Территория шламонакопителя ООО «Усольехимпром». Наибольшая концентрация свинца в подземных водах составила 1,03 мг/дм<sup>3</sup>.

2. Вблизи и на территории завода «Усольехимпром». Наибольшая концентрация свинца на территории завода в подземных водах составила 0,35 мг/дм<sup>3</sup>, вблизи завода – 2,0 мг/дм<sup>3</sup>.

3. Площадки рассолопромысла. Наибольшая концентрация свинца в подземных водах составила 1,5-6,9 мг/дм<sup>3</sup>.

4. Севернее ВЗУ Ангара. Наибольшая концентрация свинца в подземных водах составила 0,21-0,7 мг/дм<sup>3</sup>.

|              |              |      |       |       |      |                 |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      | Лист            |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |                 |
|              |              |      |       |       |      |                 |
|              |              |      |       |       |      |                 |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |              |      |       |       |      |                 |
|              |              |      |       |       |      | 118             |

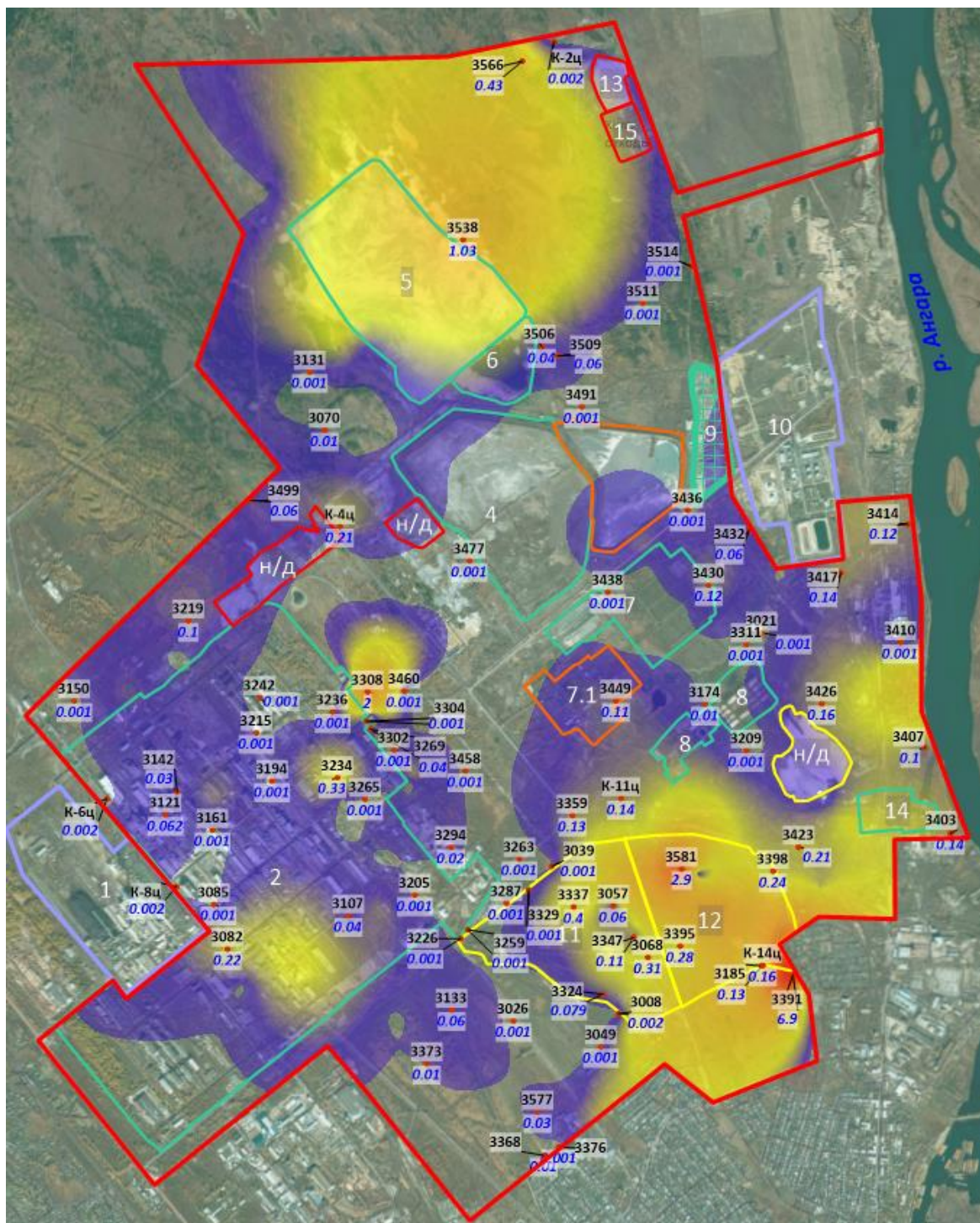


Рис.8.3.1 Карта распространения свинца в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по состоянию на 2021 год. На карте выделены только значения превышающие ПДК  $C \geq 0,01$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21). Условные обозначения к подложке представлены на рис. 8.1.2.

Далее, для идентификации повторных источников загрязнения подземных вод выполним анализ распределения свинца в грунтах.

Поинтервальные карты распределения соединений свинца в грунтах представлены ниже.

|                 |              |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | Лист |
|                 |              |      |       |       |      | 119  |











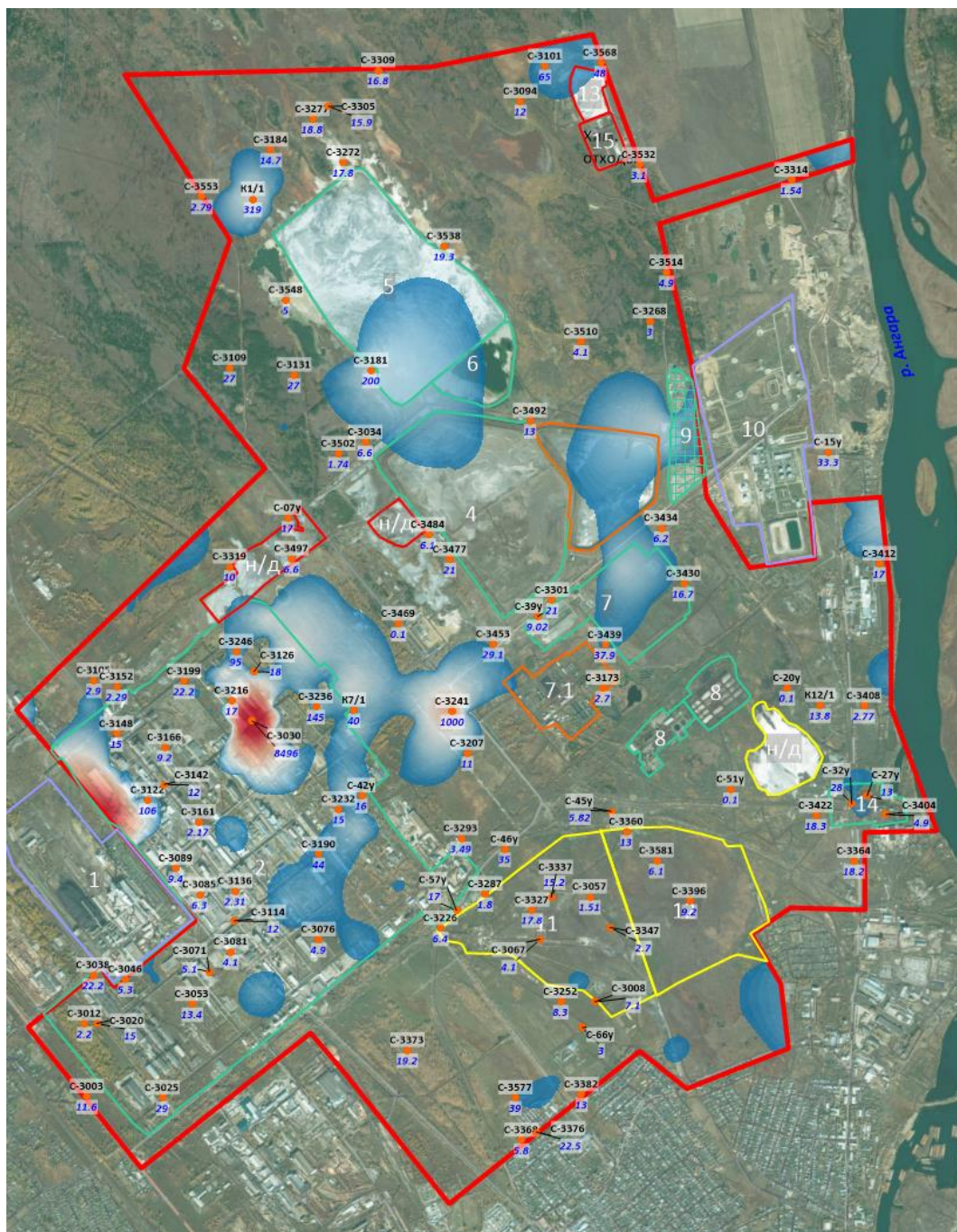


Рис. 8.3.4. Схема распространения свинца в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 1,0–2,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг

|   |               |      |       |       |      |                 |      |
|---|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| <div>определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг</div> |               |      |       |       |      |                 |      |
| Инв. № подл.  | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |                 |      |
|   | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |      |
|   |               |      |       |       |      |                 |      |
|   |               |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|   |               |      |       |       |      |                 | 122  |
| Изм.  | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата |                 |      |



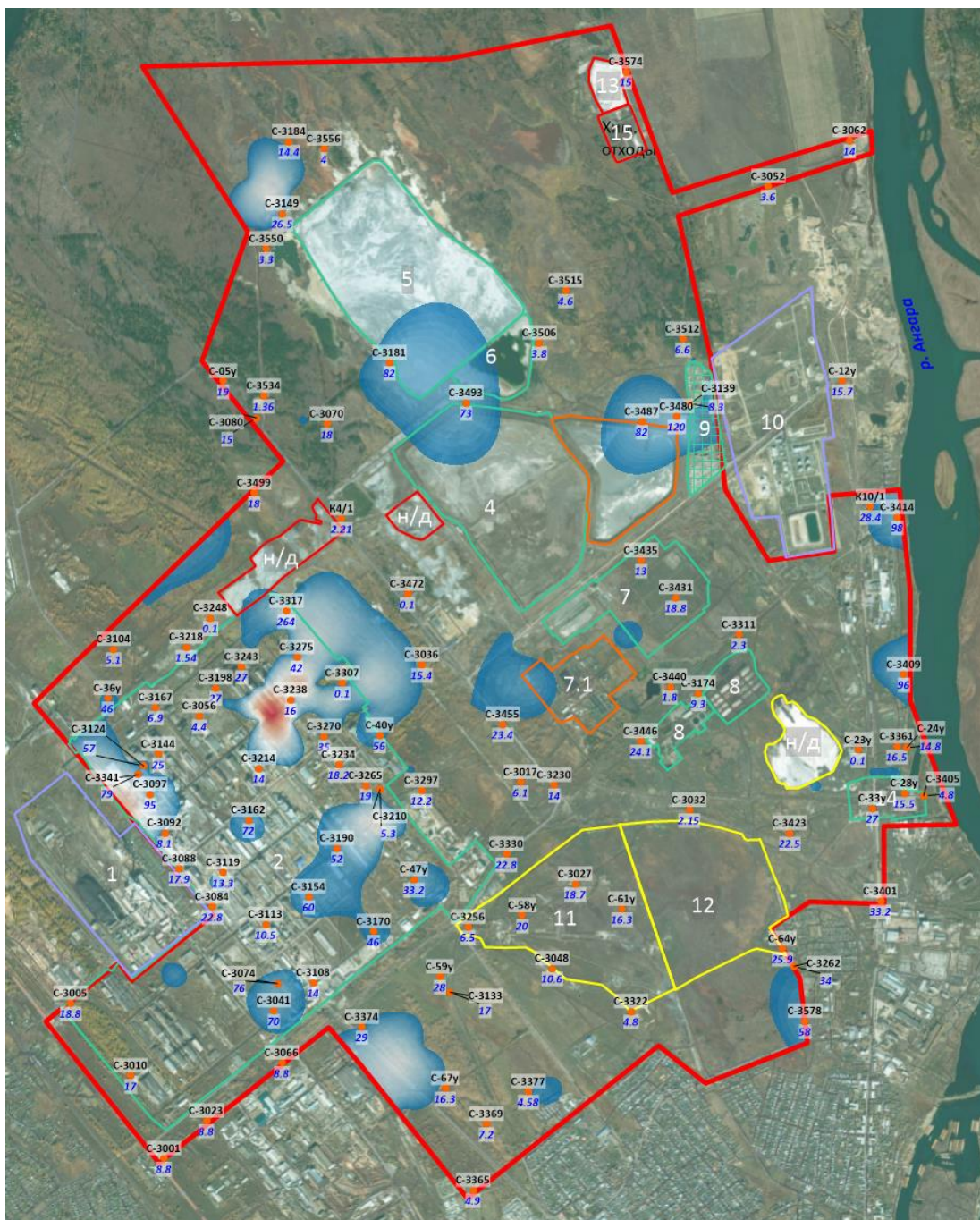


Рис. 8.3.5 Схема распространения свинца в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 2,0–3,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг

|                 |              |      |       |       |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |
|                 |              |      |       |       |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |
|                 |              |      |       |       |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      |
|                 |              |      |       |       | Лист |
|                 |              |      |       |       | 123  |











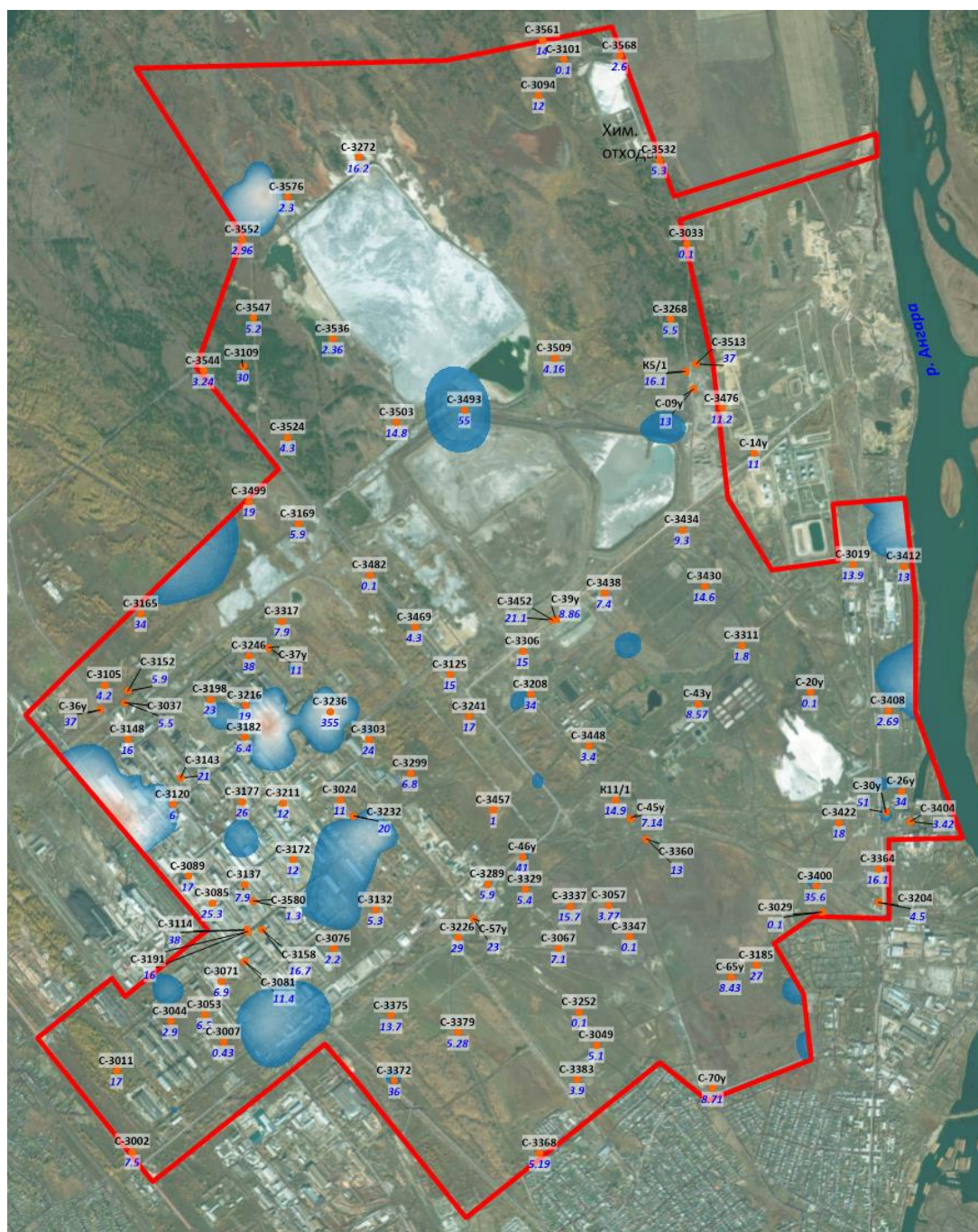


Рис. 8.3.8 Схема распространения свинца в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 5,0–7,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг

|              |      |      |       |       |      |  |               |      |
|--------------|------|------|-------|-------|------|--|---------------|------|
|              |      |      |       |       |      | определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг |               |      |
|              |      |      |       |       |      |  |               |      |
|              |      |      |       |       |      |  |               |      |
|              |      |      |       |       |      |  |               |      |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      | Подп. и дата   | Взаим. Инв. № |      |
|              |      |      |       |       |      |  |               |      |
|              |      |      |       |       |      |  |               |      |
|              |      |      |       |       |      |  |               |      |
|              |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ  |               | Лист |
|              |      |      |       |       |      |  |               | 126  |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |  |               |      |





Рис. 8.3.9 Схема распространения свинца в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 7,0–9,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг

|                 |               |      |       |       |      |      |
|-----------------|---------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата  |      |       |       |      |      |
|                 |               |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист |
|                 |               |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |               |      |       |       |      | 127  |





Рис. 8.3.10 Схема распространения свинца в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 9,0–16,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг

|   |               |      |       |       |      |                 |      |
|---|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| <div>определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг</div> |               |      |       |       |      |                 |      |
| Инв. № подл.  | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |                 |      |
|   | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |      |
|   |               |      |       |       |      |                 |      |
|   |               |      |       |       |      |                 |      |
| Изм.  | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|   |               |      |       |       |      |                 | 128  |





Рис 8.3.11 Схема распространения свинца в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 16,0–25,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация свинца в мг/кг

На исследуемой территории области, в которых содержание свинца в грунте превышает ПДК (ПДК = 32 мг/кг), занимают около 50 % от общей площади. Загрязнение выявлено до максимальной глубины бурения – 25,0 м.

В основном загрязнение распространено на промышленных площадках. Области наибольшего загрязнения приурочены к:

|                 |      |      |       |       |      |      |
|-----------------|------|------|-------|-------|------|------|
| Взаим. Инв.№    |      |      |       |       |      |      |
| Подп. и дата    |      |      |       |       |      |      |
| Инв. № подл.    |      |      |       |       |      |      |
|                 |      |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      |      |       |       |      | Лист |
|                 |      |      |       |       |      | 129  |

1. Территории вокруг шламонакопителя «Усольехимпром» (5). Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 25,0 м, наибольшая концентрация свинца в интервале 1,0-2,0 м равная 200,0 мг/кг.
2. Территория городского полигона ТБО (9). Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 25,0 м, максимальная концентрация наблюдается в интервале от 7,0 до 9,0 м равная 274,0 мг/кг.
3. Территории завода «Усольехимпром» (2). Загрязнение распространено на глубину от 0,0 м до 16,0 м, максимальная концентрация наблюдается в интервале от 0,0 до 0,5 м равная 40460,0 мг/кг.

|              |              |              |      |      |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |      |      |      |       |       |      | Лист |
|              |              |              |      |      |      |       |       |      |      |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |

**5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ**

**130**

#### 8.4 Никель (Ni)

В примерно 50% отобранных проб выявлены превышения ПДК (ПДК = 0,02 мг/кг) по никелю в подземных водах. Наиболее загрязненными являются следующие области:

1. Территория завода «Усольехимпром». Наибольшая концентрация никеля в подземных водах составила 0,56 мг/дм<sup>3</sup>.
2. Восточная часть площадки рассолопромысла. Наибольшая концентрация никеля в подземных водах составила 1,04 мг/дм<sup>3</sup>.

Карта распространения никеля в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по состоянию на 2021 год представлена на рисунке 8.4.1.

|              |               |      |       |       |      |                 |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      | Лист            |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      |                 |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |               |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      | 131             |



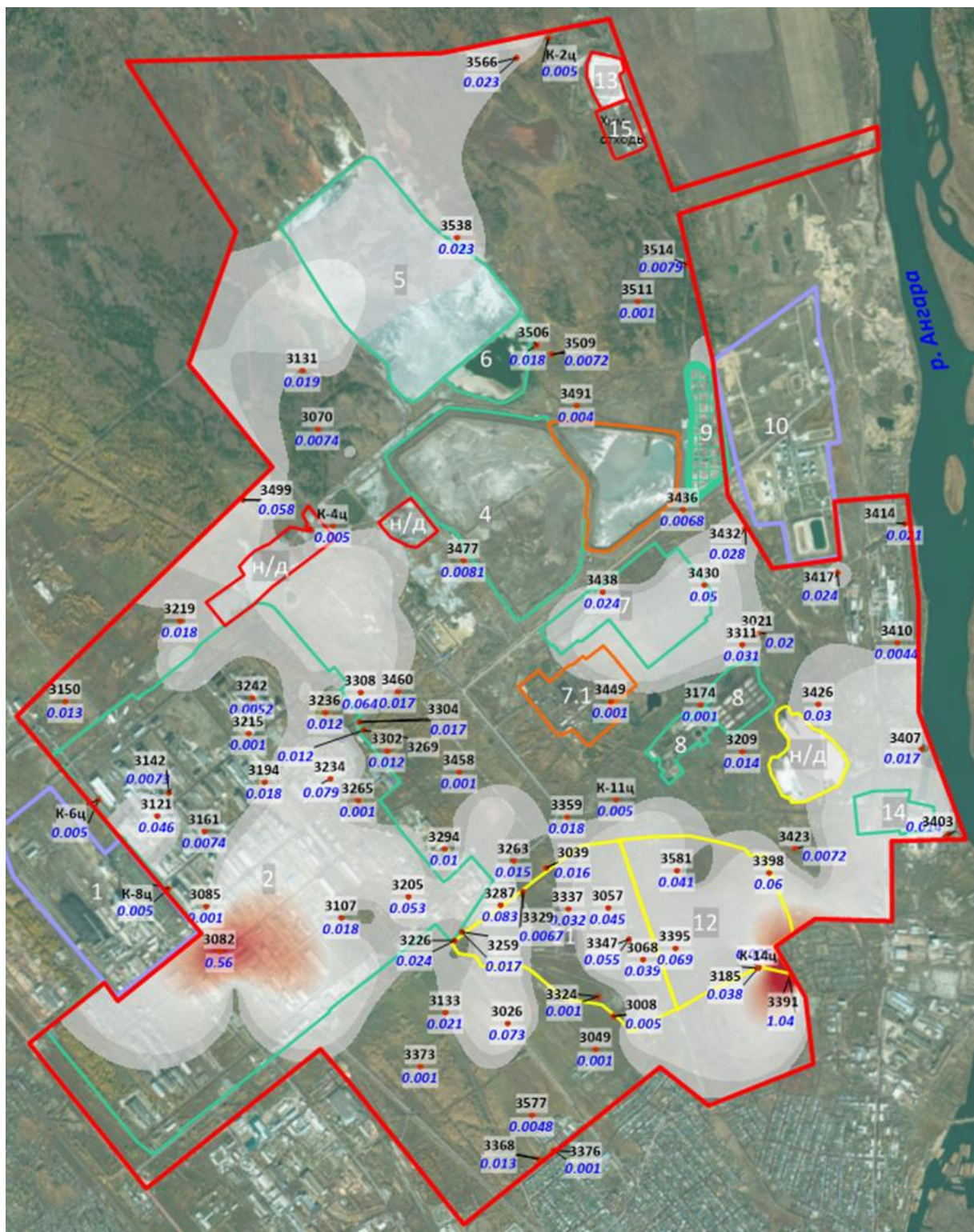


Рис.8.4.1 Карта распространения никеля в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по состоянию на 2021 год. На карте выделены только значения превышающие ПДК  $C \geq 0,02$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21).

|              |               |      |       |       |      |      |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |      |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |      |
|              |               |      |       |       |      |      |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист |
|              |               |      |       |       |      | 132  |

### 8.5 Кадмий (Cd)

Зоны превышения ПДК (ПДК = 0,001 мг/кг) по кадмию в подземных водах распространены локально. Загрязненными являются следующие области:

1. Вблизи шламонакопителя. Концентрация кадмия в подземных водах составила 0,001-0,0018 мг/дм<sup>3</sup>.
2. Территория завода «Усольехимпром». Концентрация кадмия в подземных водах составила 0,0018 мг/дм<sup>3</sup>.
3. Площадки рассолопромысла. Концентрация кадмия в подземных водах составила 0,001-0,021 мг/дм<sup>3</sup>.
4. Севернее и на ВЗУ Ангара. Концентрация кадмия в подземных водах составила 0,001-0,11 мг/дм<sup>3</sup>.

Карта распространения кадмия в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по состоянию на 2021 год представлена на рисунке 8.5.1.

|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |     |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|-----------------|--|--|------|-----|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |       |       |      |                 |  |  | Лист |     |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |     |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |     |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |      | 133 |



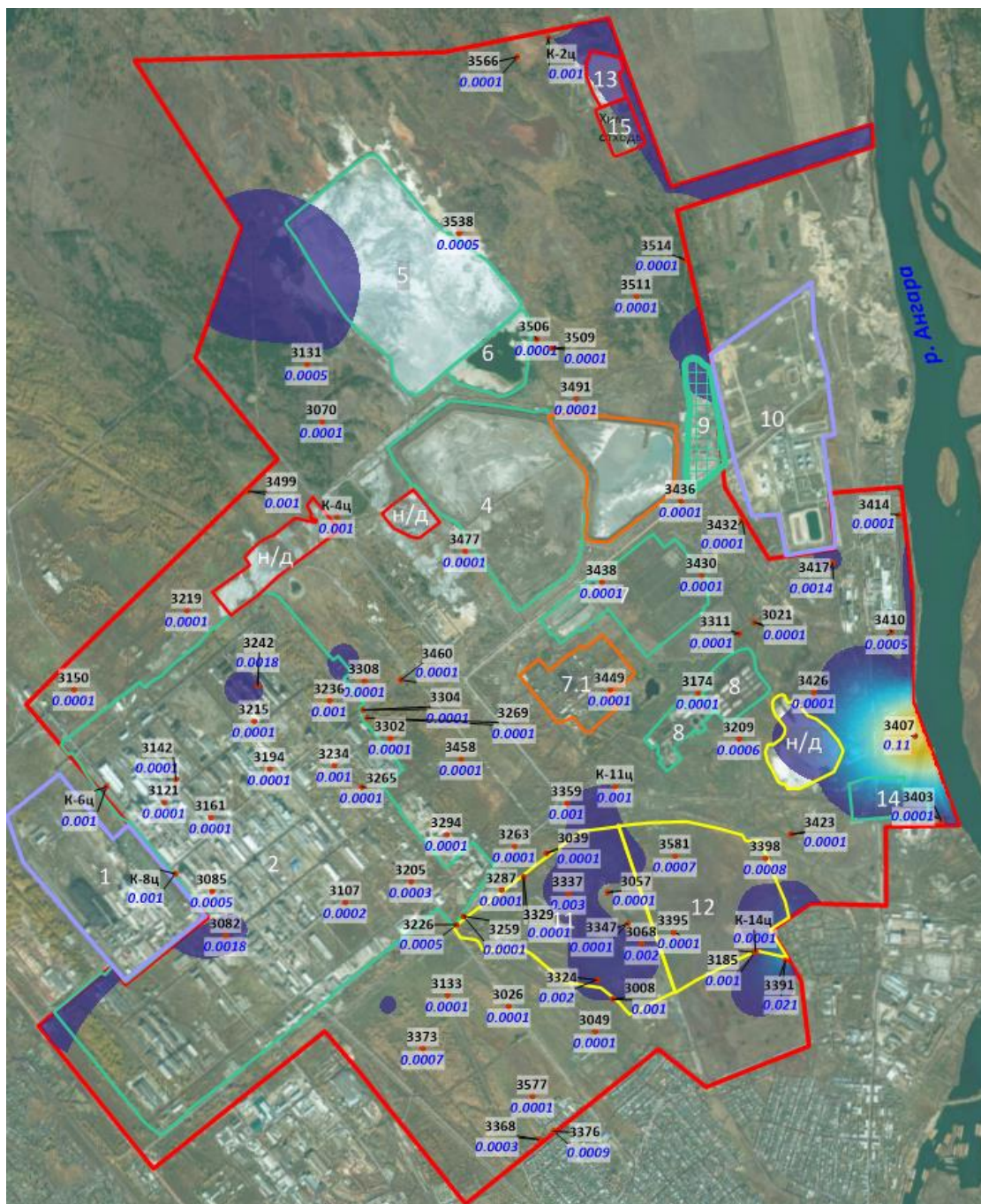


Рис.8.5.1 Карта распространения кадмия в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по состоянию на 2021 год. На карте выделены только значения превышающие ПДК  $C \geq 0,001$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21)

|                 |              |      |       |       |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |
|                 |              |      |       |       |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |
|                 |              |      |       |       |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      |
| Лист            |              |      |       |       |      |
| 134             |              |      |       |       |      |



|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

Анализ карты распределения нефтепродуктов в подземных водах свидетельствует о значительном загрязнении исследуемого участка с крупными очагами на территории промплощадки, а также в районе ВЗУ “Ангара”.

На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/дм<sup>3</sup>. На карте выделены только значения, превышающие ПДК  $C_{\text{г}} = 0,3$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21). Условные обозначения к подложке представлены на рис. 8.1.2.

|              |              |               |   |       |      |                 |  |             |
|--------------|--------------|---------------|---|-------|------|-----------------|--|-------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № | На карте отмечены номера точки определений. В числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/дм3. На карте выделены только значения, превышающие ПДК $C \geq 0,3$ мг/л (СанПиН 1.2.3685-21). Условные обозначения к подложке представлены на рис. 8.1.2. |       |      |                 |  |             |
|              |              |               |   |       |      |                 |  |             |
|              |              |               |   |       |      |                 |  |             |
|              |              |               |   |       |      |                 |  |             |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док   | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист<br>135 |



## 8.7 Сухой остаток

Превышения ПДК (ПДК = 1500 мг/дм<sup>3</sup>) по сухому остатку выявлены в порядка 50 % отобранных проб подземных вод. Загрязнение охватывает всю северную часть территории – максимальные значения достигают свыше 30000 мг/дм<sup>3</sup> в районе шламонакопителя ООО "Усольехимпром". Также превышения свыше 30000 мг/дм<sup>3</sup> локализованы в восточной части территории на площадках рассолопромысла и ВЗУ Ангара. Среднее значение на всей территории – 6900 мг/дм<sup>3</sup>. Анализ карты распределения сухого остатка позволяет отметить основные пути миграции загрязняющих веществ (конвективный перенос), которые закономерно согласуются с основным направлением движения подземных вод.

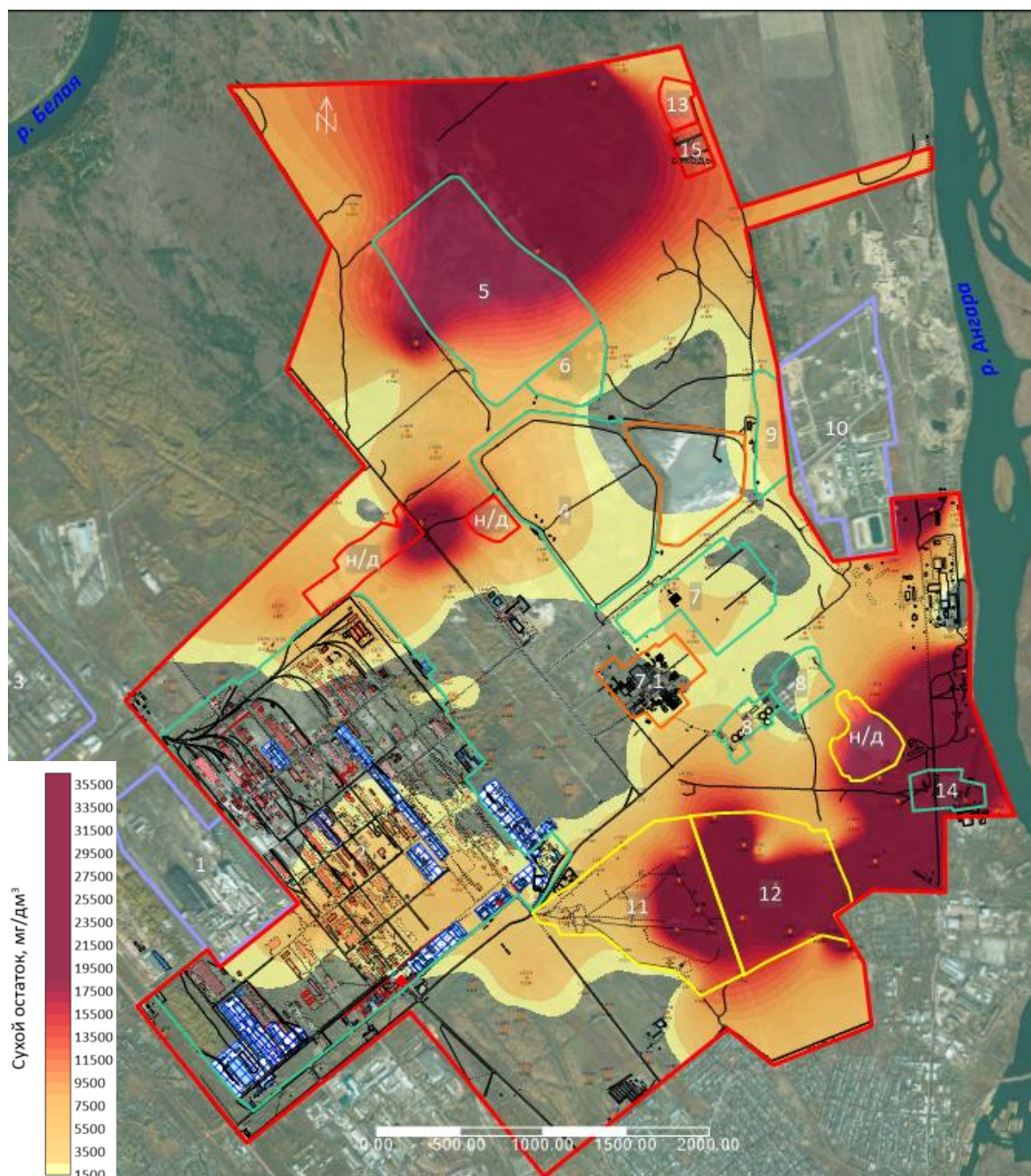


Рис.8.7.1 Карта распределения сухого остатка в подземных водах четвертичного водоносного горизонта по состоянию на 2021 год. На карте выделены только значения, превышающие ПДК  $C \geq 1500$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21). Условные обозначения к подложке представлены на рис. 8.1.2.

|              |              |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|              |              |      |       |       |      |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|              |              |      |       |       |      | Лист |
|              |              |      |       |       |      | 136  |

## 8.8 Анализ гидрогеохимического режима подземных вод

Наблюдения за химическим составом подземных вод на исследуемой территории проводились в период с 2002 по 2013 гг. силами ООО «Ангарская геологическая экспедиция». По результатам мониторинга были выпущены отчеты [11], [12].

Наблюдательные скважины, выполненные в ходе режимных наблюдений распределены относительно равномерно в пределах изучаемой территории.

Схема с положением скважин сети мониторинга представлена на рис. 8.8.1

Определение качественного состава подземных вод выполнялось с 2002 по 2013 года в лаборатории ООО «Усольехимпром». Фильтры скважин были обустроены как на четвертичный, так и на юрский водоносные горизонты, при этом в материалах отчета [11] на основании режима уровня подземных вод отмечалась их тесная гидравлическая связь. Также несколько скважин имеют фильтры в пределах кембрийского водоносного горизонта, который, считается относительно изолированным слабопроницаемыми разностями в толще юрских отложений.

|              |               |      |       |       |      |                 |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      | Лист            |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      |                 |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |               |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      | 137             |





Рис. 8.8.1. Общий вид скважин сети мониторинга, расположенных на участке

#### Экспликация объектов

- 1 Промплощадка ТЭФ-11
- 2 Промплощадка ООО «Усольехимпром»
- 3 Промплощадка ОАО «Усолье-Сибирская Химфармзавод»
- 4 Золотоотвал ТЭЦ-11
- 5 Шламонакопитель ООО «Усольехимпром»
- 6 Шламонакопитель ОАО «Усолье-Сибирский Химфармзавод»
- 7 Станция нейтрализации кислотнo-щелочных сточных вод ООО «Усольехимпром»
- 7.1 Очистные сооружения
- 8 Очистные сооружения сточных вод г. Усолье-Сибирского
- 9 Городской полигон ТБО
- 10 Комбинат «Прибайкалье»
- 11 Участок соляного рассолопромысла ООО «Сольсб»
- 12 Площадка рассолопромысла к-та «Сибсоль»
- 13 Склад химических отходов 445 (полигон захоронения отходов ООО «Усольехимпром»)
- 14 Нефтяная линза в зоне ВЗУ
- 15 Склад химических отходов 450

c.1003



архивная скважина

c.3481



скважина, выполненная в ходе ИГИ 2020 г.

1

номер объекта согласно экспликации

— граница участка

Рис. 8.8.2. Условные обозначения к рис. главы 8.8

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ





1. Промплощадка ООО «Усольехимпром» (№2 на экспликации);
2. Участок соляного рассолопромысла ООО «СольСиб» (№ 11 на экспликации) расположенный восточнее промплощадки;
3. Участок шламонакопителя (№5);
4. Городской полигон ТБО (№9);
5. Участок станции нейтрализации (№7).

### 8.8.1 Территория промплощадки

[illegible]

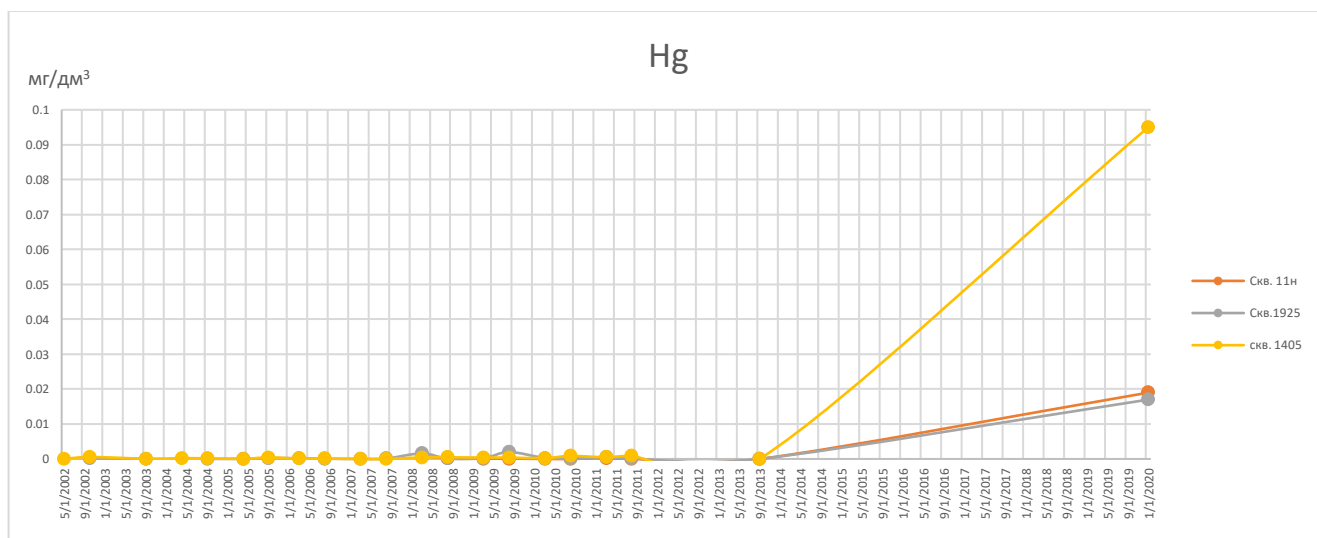
|              |              |   |      |       |       |      |             |
|--------------|--------------|---|------|-------|-------|------|-------------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата |   |      |       |       |      |             |
|              |              | Рис. 8.8.1.1. Схема с положением наблюдательных скважин на территории участка промплощадки. Условные обозначения приведены на рис. 8.8.2. |      |       |       |      |             |
| Инв. № подл. |              |   |      |       |       |      | Лист<br>139 |
|              |              |   |      |       |       |      |             |
|              | Изм.         | Кол.  | Лист | № док | Подп. | Дата |             |

На данном участке сеть мониторинга достаточно плотная. Ранее выполненные наблюдения актуализированы результатами замеров по четырем скважинам 2021 года. Сопоставление скважин, используемых для дополнения архивного массива режимных наблюдений представлено в таблице 8.8.1.1.

Таблица 8.8.1.1. Сопоставление скважин, используемых при дополнении архивного массива режимных наблюдений

| Скважина режимной сети 2005–2013 гг. | Водоносный горизонт скважин режимной сети 2002–2013 гг. | Скважина, выполненная в ходе ИГИ 2021 г. | Водоносный горизонт скважин, выполненных в ходе ИГИ 2021 г. | Приблизительное расстояние между скважинами, м |
|--------------------------------------|---|--|---|--|
| 1925                                 | aQ <sub>II-III</sub>                                    | 3239                                     | aQ <sub>II-III</sub>  | 20   |
| 1405                                 | aQ <sub>II-III</sub>                                    | 3132                                     | aQ <sub>II-III</sub>  | 100  |
| 31у                                  | aQ <sub>II-III</sub>                                    | 3085                                     | aQ <sub>II-III</sub>  | 80   |
| 11н                                  | aQ <sub>II-III</sub>                                    | 3093                                     | aQ <sub>II-III</sub>  | 100  |

Далее представлены графики изменения концентрации основных компонентов (мг/л) в скважинах на участке рассматриваемом участке.



|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|-----------------|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |       |       |      |                 |  |  | Лист |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  | 140  |



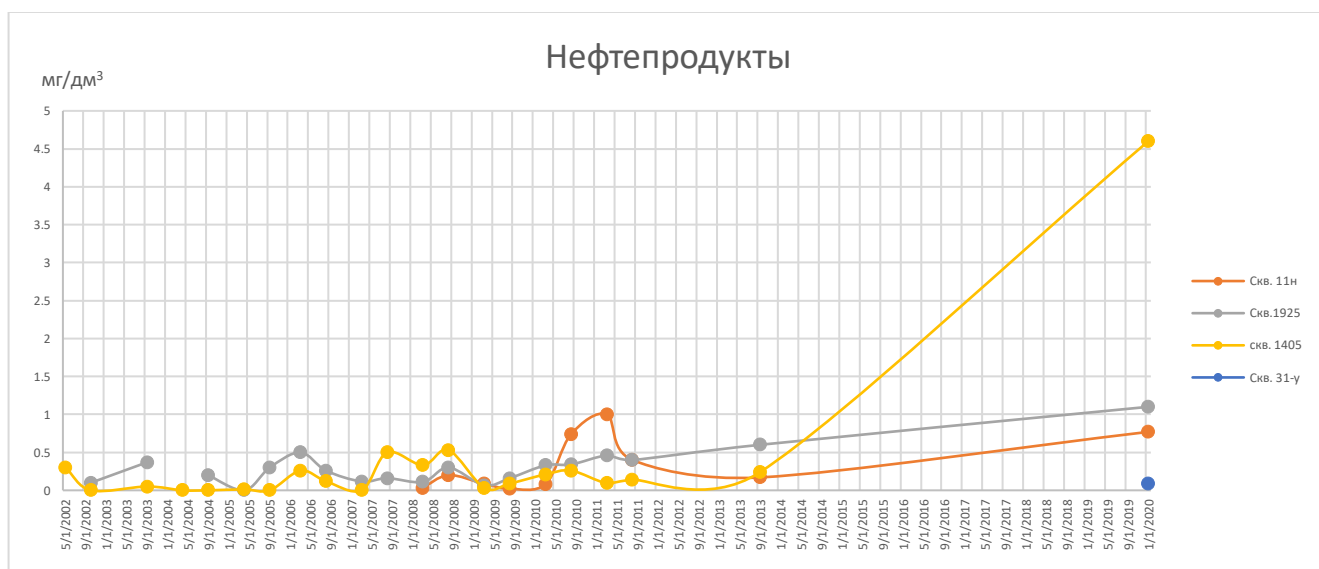
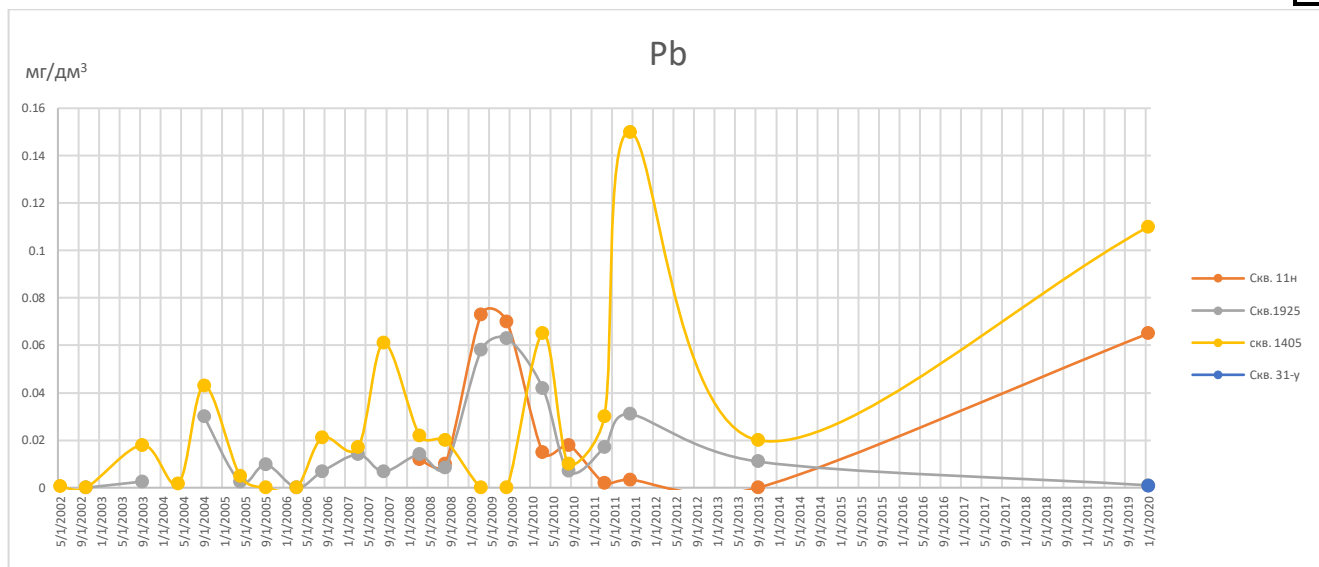


Рис. 8.8.1.2. Изменения концентраций различных компонентов в скважинах 11н, 1925, 1405 и 31-у

Все скважины на рассматриваемом участке оборудованы на четвертичный водоносный горизонт. На графиках по скважине 31-у выделяется значительное, во много раз превышающее ПДК, повышение концентраций макрокомпонентов в 2008–2011 гг., которое не коррелируется с измерениями по скважинам на том же участке, поэтому графики изменения концентраций  $SO_4$ ,  $Cl$ ,  $Na+K$ ,  $Ca$  приведены для без 31-у. В целом на этом участке практически повсеместно отмечается рост концентраций к 2020 году.

### 8.8.2 Участок соляного рассолопромысла

Рассматриваемый участок расположен ниже по потоку подземных вод, направленному с территории промплощадки, примыкая к ее восточной границе (рис. 8.8.2.1)

|              |              |              |       |       |      |  |      |  |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|--|------|--|
| Взаим. Инв.№ | Подл. и дата | Инв. № подл. |       |       |      |  |      |  |
|              |              |              |       |       |      |  |      |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата |  |      |  |
|              |              |              |       |       |      |  | Лист |  |
|              |              |              |       |       |      |  | 141  |  |

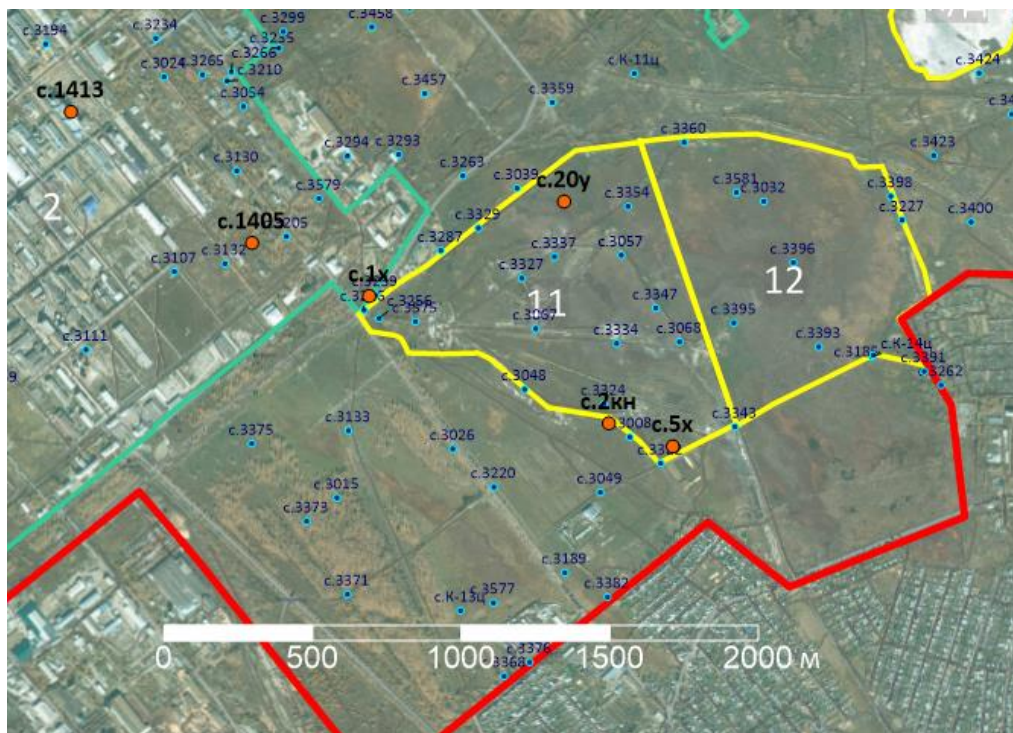


Рис. 8.8.2.1. Схема с положением архивных скважин на территории участка соляного рассолопромысла. Условные обозначения приведены на рис. 8.8.2.

Здесь количество наблюдательных скважин позволило провести наиболее детальное сопоставление. Большинство из них расположены на расстоянии не более 80 м от скважин режимной сети 2005-2013 гг. Исключение составляет скважина 20у, которая находится на некотором удалении (140-210 м) от трех скважин 2021 г. (3039, 3354 и 3337), поэтому для сопоставления была выбрана последняя из перечисленных, имеющая близкую по значению глубину. В случае скважин 5х, 3ф и 2кн к мониторингу добавлены скважины 2021 г. №№ 3322, 3259 и 3008 соответственно, которые оборудованы на соседние горизонты (табл. 8.8.2.1).

Таблица. 8.8.2.1. Сопоставление архивных скважин и скважин, выполненных в 2020 г на территории соляного рассолопромысла

| Скважина<br>режимной сети<br>2005–2013 гг. | Водоносный<br>горизонт<br>скважин<br>режимной сети<br>2002–2013 гг. | Скважина,<br>выполненная в<br>ходе ИГИ 2021 г. | Водоносный<br>горизонт скважин,<br>выполненных в<br>ходе ИГИ 2021 г. | Приблизительное<br>расстояние между<br>скважинами, м |
|--|---|--|--|--|
| 1х   | аQ <sub>II-III</sub>  | 3259   | аQ <sub>II-III</sub>   | 15   |
| 29с  | аQ <sub>II-III</sub>  | 3256   | аQ <sub>II-III</sub>   | 40   |
| 20у  | аQ <sub>II-III</sub>  | 3039   | J <sub>Icr</sub>   | 160  |
|  |   | 3354   | J <sub>Icr</sub>   | 210  |
|  |   | 3337   | аQ <sub>II-III</sub>   | 140  |
| 5х   | аQ <sub>II-III</sub>  | 3322   | J <sub>Icr</sub>   | 60   |
| 3ф   | J <sub>Icr</sub>  | 3259   | аQ <sub>II-III</sub>   | 30   |

|              |      |      |       |       |      |                            |      |
|--------------|------|------|-------|-------|------|----------------------------|------|
| Взаим. Инв.№ |      |      |       |       |      |                            |      |
|              |      |      |       |       |      |                            |      |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |                            |      |
|              |      |      |       |       |      |                            |      |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |                            |      |
|              |      |      |       |       |      |                            |      |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | <div>5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ</div> | Лист |
|              |      |      |       |       |      |                            | 142  |

|     |                  |      |                      |    |
|-----|------------------|------|----------------------|----|
| 1кн | J <sub>1cr</sub> | 3324 | aQ <sub>II-III</sub> | 65 |
|     |                  | 3008 | J <sub>1cr</sub>     | 75 |
| 2кн | Є <sub>an</sub>  | 3324 | aQ <sub>II-III</sub> | 65 |
|     |                  | 3008 | J <sub>1cr</sub>     | 75 |

Ниже представлены графики изменения концентраций основных наблюдаемых компонентов (рис. 8.11.2.2).

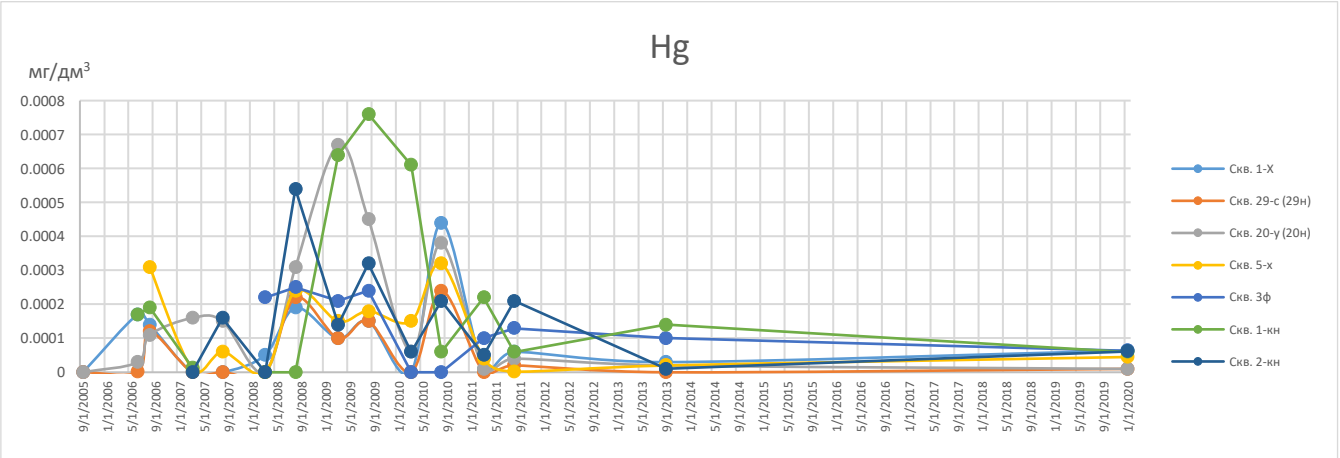
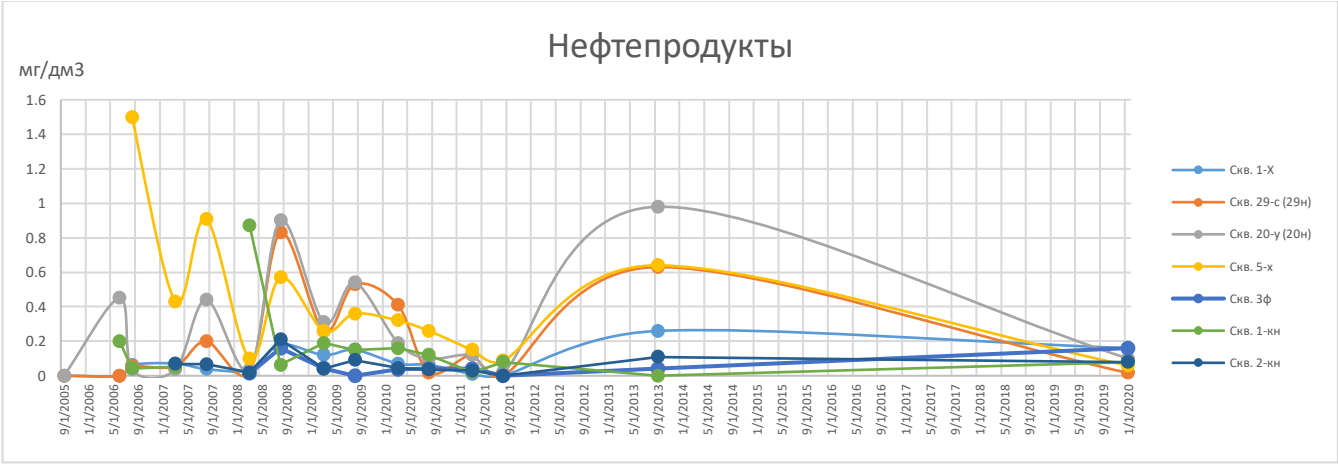


Рис. 8.8.2.2. Изменения концентраций различных компонентов в скважинах участка соляного расслоупромысла

Отмечается значительное снижение (год к году) концентраций нефтепродуктов в скважинах 20у, 5х, 29с, оборудованных на четвертичный водоносный горизонт, в остальных скважинах такая закономерность не прослеживается. Также концентрации нефтепродуктов в четвертичном водоносном горизонте значительно выше, чем в более глубоких. Для остальных компонентов тенденция в основном обратная.

Ход кривых концентрации ртути в скважинах 20у и 1кн значительно отличается от остальных, которые имеют схожий характер: в них наблюдается подъем с 2008 по 2010 год, в то время как остальные скважины показывают ход гармонического вида. Тем не менее, можно отметить среднее



увеличение концентраций обоих компонентов с 2008 по 2010 гг. В рассматриваемый период после 2013 г. концентрации ртути практически во всех скважинах незначительно снизились.

На примере скважины 20у (рис. 8.8.2.3) видно, что у подавляющего большинства компонентов есть небольшая тенденция к снижению, кроме Al и Pb.

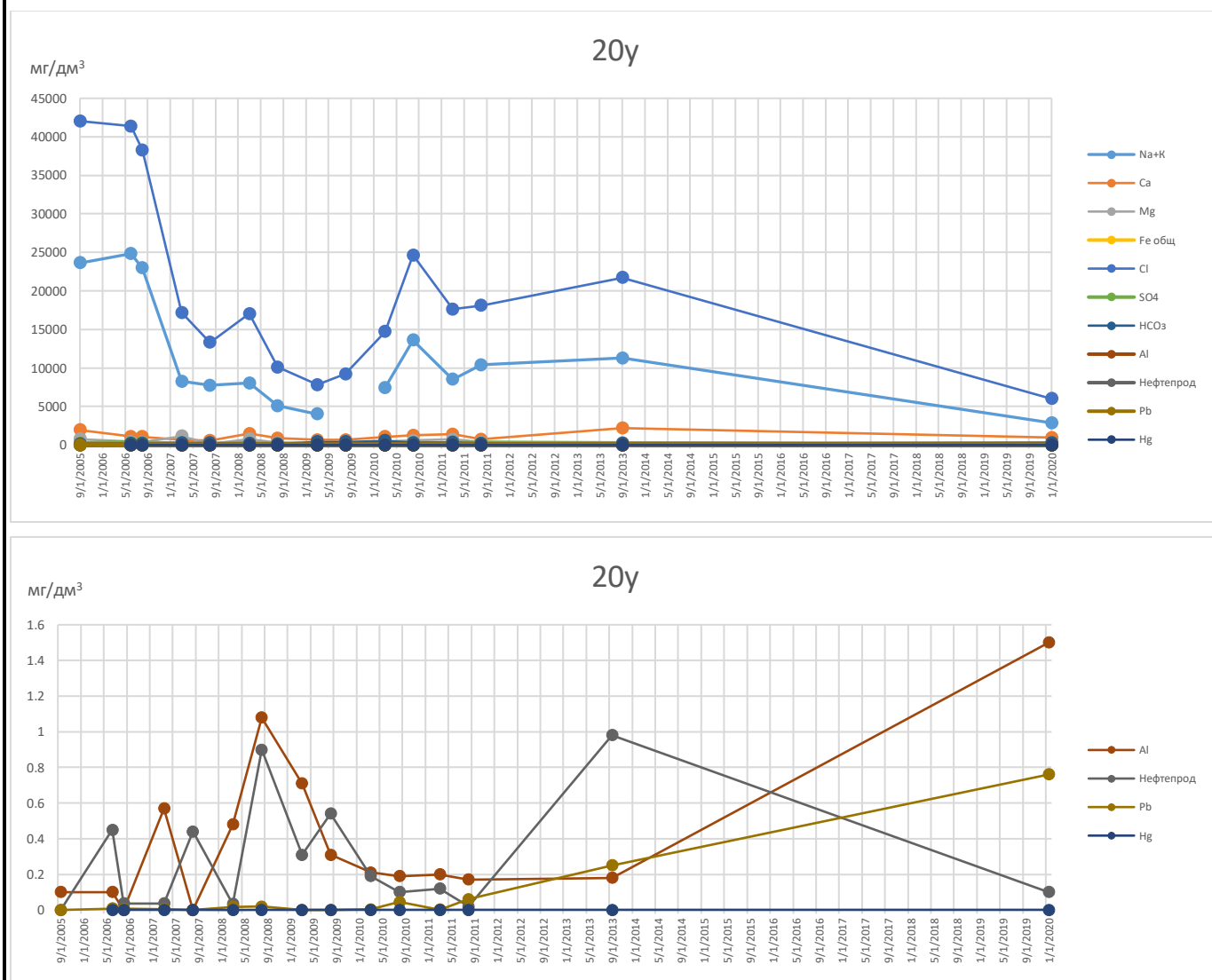


Рис. 8.8.2.3. Изменения концентраций различных компонентов в скважине 20у

Схожая картина наблюдается в скважине 1х (рис. 8.11.2.4). Концентрации макрокомпонентов снижаются, однако увеличивается содержание Al. Также в обеих скважинах в 2008–2010 гг. выделяется значительный подъем концентраций Al и нефтепродуктов.

|              |              |              |      |      |      |       |                 |      |      |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-----------------|------|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |      |      |      |       | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      | Лист |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп.           | Дата | 144  |



### 8.8.3 Участок шламонакопителя

Участок находится в северной части изучаемой территории (рис. 8.8.3.1).

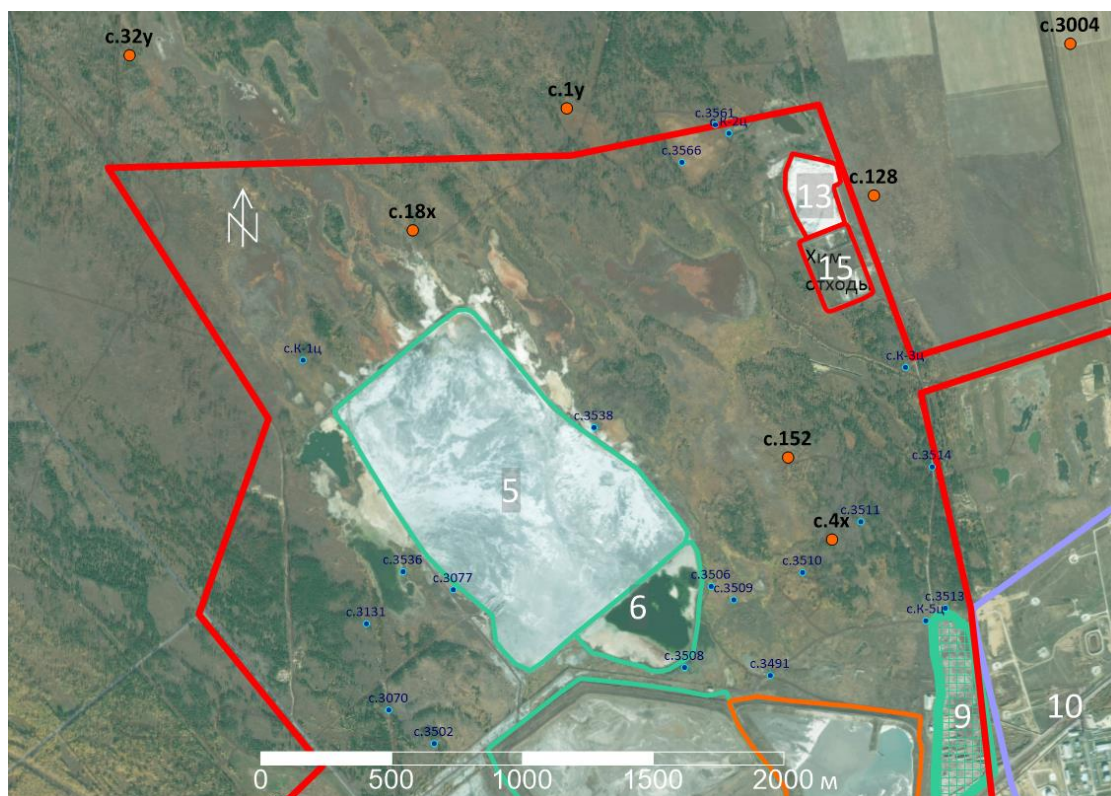


Рис. 8.8.3.1. Схема с положением архивных скважин наблюдательной сети на территории шламонакопителя. Условные обозначения приведены на рис. 8.8.2

Несмотря на то, что режимные наблюдения велись в 8 архивных скважинах, на рассматриваемом участке низкая плотность скважин 2020 г, поэтому поиск смежных скважин, приемлемых для продления наблюдательного ряда ограничен двумя – 3510 и 3511, расположенными около архивной скважины 4х. Для дополнения ряда наблюдений была выбрана первая из них, так как оборудована на тот же водоносный горизонт.

Отдельно рассматривались скважины 4у и 128, расположенные вблизи склада химических отходов. Около них в 2020 году не было пробурено скважин, ближайшие находятся на расстоянии 600 м. Скважины 4у и 128 были сопоставлены с со скважинами 3561 и К2-ц соответственно.

Таблица 8.8.3.1. Сопоставление архивных скважин и скважин, выполненных в 2020 г на территории шламонакопителя

| Скважина режимной сети 2005 - 2013 гг. | Водоносный горизонт скважин режимной сети 2002 – 2013 гг. | Скважина, выполненная в ходе ИГИ 2021 г. | Водоносный горизонт скважин, выполненных в ходе ИГИ 2021 г. | Приблизительное расстояние между скважинами, м |
|--|---|--|---|--|
| 4х                                     | аQ <sub>II-III</sub>                                      | 3510                                     | аQ <sub>II-III</sub>  | 150  |
|  |   | 3511                                     | Єan   | 150  |
| 4у                                     | аQ <sub>II-III</sub>                                      | 3561                                     | аQ <sub>II-III</sub>  | 600  |
|  |   | К2-ц                                     | Єan   | 600  |
| 128                                    | Єan   | 3561                                     | аQ <sub>II-III</sub>  | 600  |
|  |   | К2-ц                                     | Єan   | 600  |

|              |              |              |       |       |      |  |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|--|--|--|--|--|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |       |       |      |  |  |  |  |  | Лист |
|              |              |              |       |       |      |  |  |  |  |  | 146  |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата |  |  |  |  |  |      |



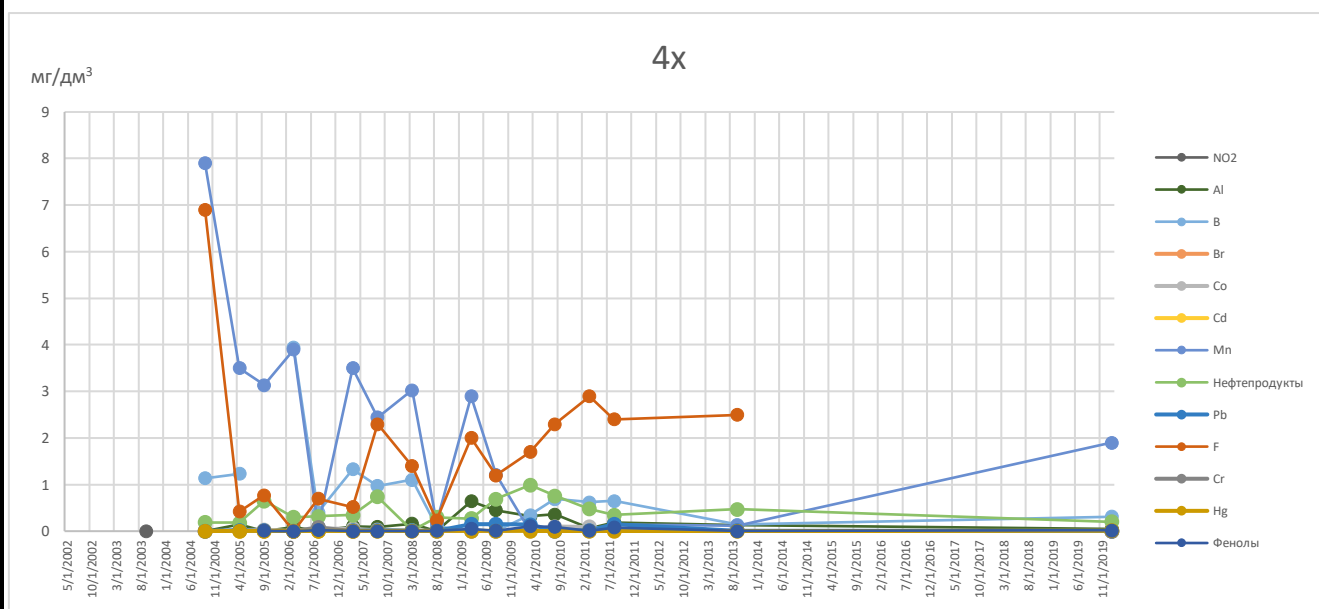
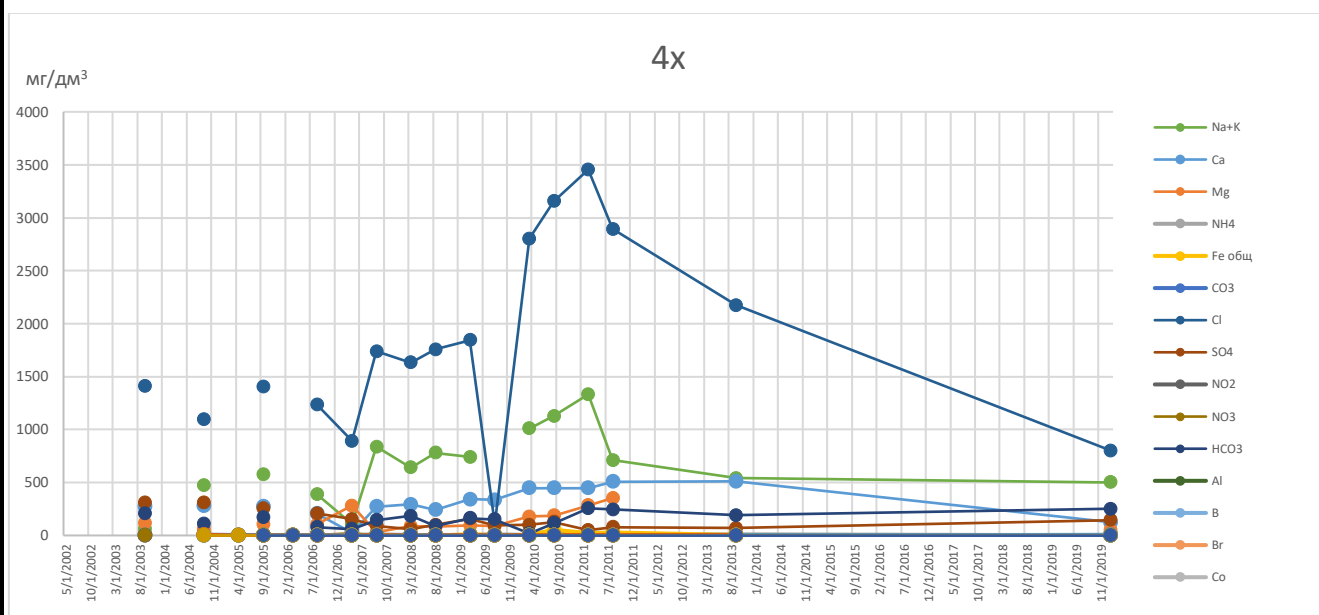


Рис. 8.8.3.2. Графики изменения концентраций различных компонентов по данным архивной скважины 4х и скважины 3510 выполненной в 2021 г.

По результатам анализа материалов на участке шламонакопителя в целом наблюдается стабилизация концентраций большинства компонентов, за исключением Mn, концентрации которого возросли к 2020 году. Также значительно снизились концентрации Cl и Ca.

Далее приведены графики изменения концентраций различных компонентов в скважинах 4у и 128.

|               |              |               |  |      |      |       |       |      |                 |      |
|---------------|--------------|---------------|--|------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Изнв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Изнв.№ | По результатам анализа материалов на участке шламонакопителя в целом наблюдается стабилизация концентраций большинства компонентов, за исключением Mn, концентрации которого возросли к 2020 году. Также значительно снизились концентрации Cl и Ca. |      |      |       |       |      |                 |      |
|               |              |               | Далее приведены графики изменения концентраций различных компонентов в скважинах 4у и 128.   |      |      |       |       |      |                 |      |
|               |              |               |  |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|               |              |               | Изм.   | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |                 | 147  |

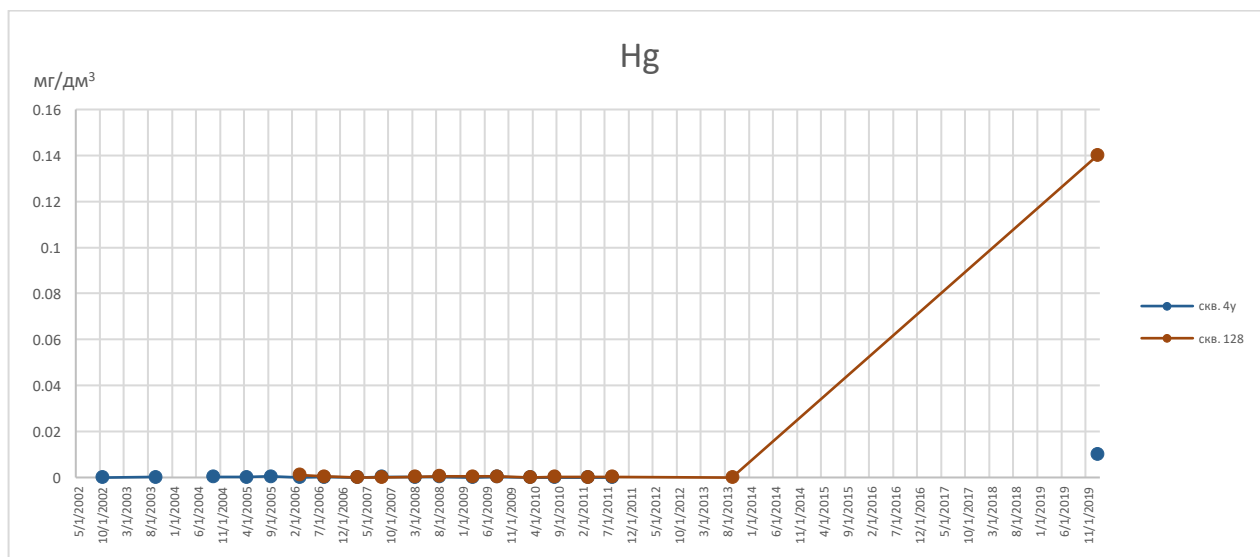
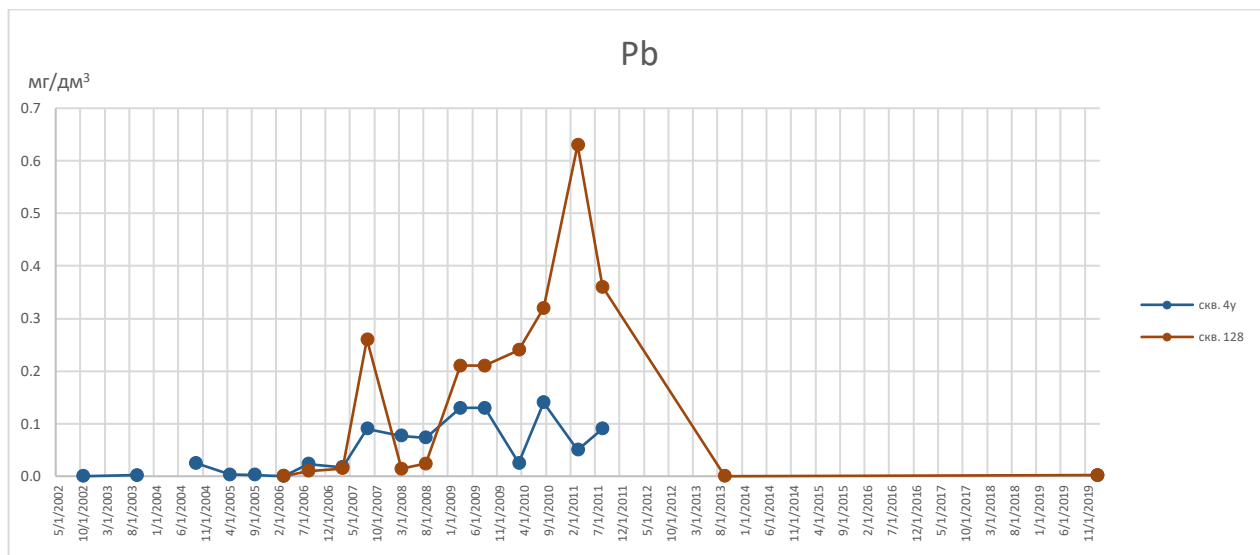


Рис. 8.8.3.3. График изменения концентраций различных компонентов в архивных скважинах 4у и 128

В скважине 128 отмечается значительный рост концентраций сульфат-иона и ртути, однако концентрации остальных компонентов скорее стабильны. В скважине 4у практически отсутствуют

фат-  
инах,  
ии и

1

1). К  
акты  
8.3.



при

ГОНА,

1

ажин

|      |
|------|
| Лист |
| 149  |



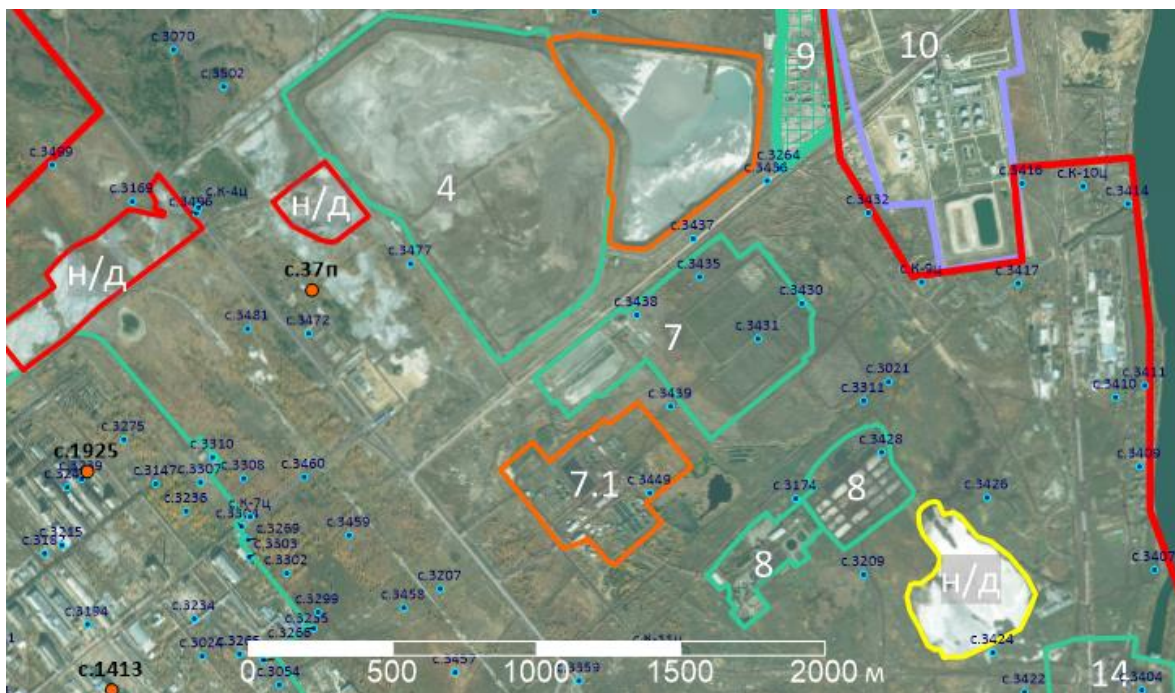


Рис. 8.8.5.1. Схема с положением архивных скважин наблюдательной сети на территории станции нейтрализации. Условные обозначения приведены на рис. 8.8.2

Таблица 8.8.5.1. Сопоставление скважин

| Скважина<br>режимной сети<br>2005 - 2013 гг. | Водоносный<br>горизонт<br>скважин<br>режимной сети<br>2002 – 2013 гг. | Скважина,<br>выполненная в<br>ходе ИГИ 2021 г. | Водоносный<br>горизонт скважин,<br>выполненных в<br>ходе ИГИ 2021 г. | Приблизительное<br>расстояние между<br>скважинами, м |
|--|---|--|--|--|
| 37п  | аQ <sub>II-III</sub>  | 3472   | аQ <sub>II-III</sub>   | 120  |
| 3008   | аQ <sub>II-III</sub>  | 3439   | Є <sub>ан</sub>  | <100   |

Далее приведены графики измерения концентраций различных компонентов в скважинах участка.



|               |              |      |      |      |       |       |      |      |
|---------------|--------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Взаим. Инв.№  | Подп. и дата | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист |
|               |              |      |      |      |       |       |      | 150  |
| Инва. № подл. |              |      |      |      |       |       |      |      |

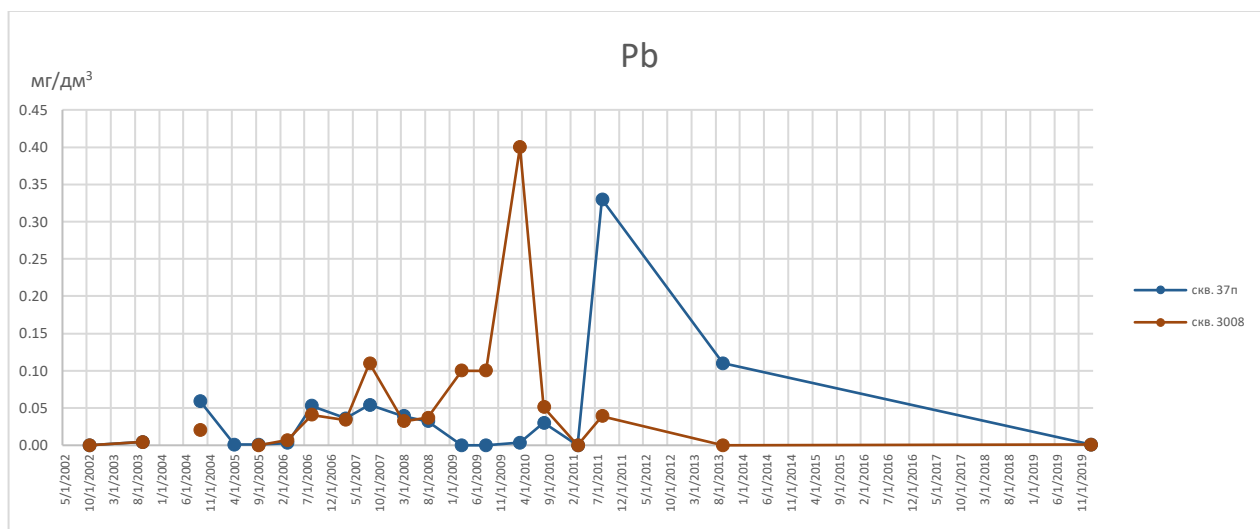
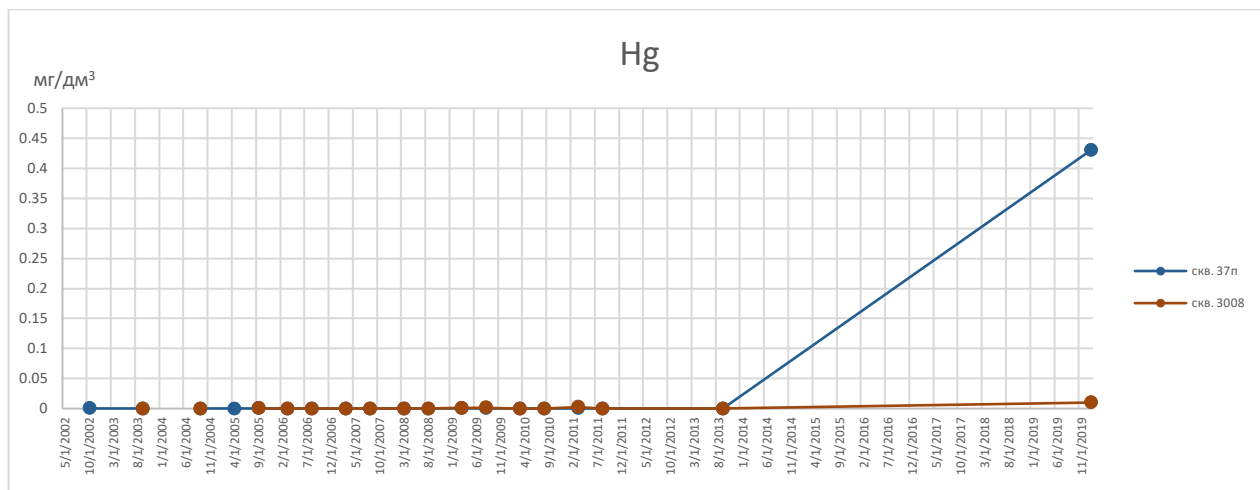


Рис. 8.8.5.1. Графики изменения концентраций различных компонентов по данным архивных скважин и скважин выполненных в 2021 г.

Выделяется значительное увеличение концентраций в скважине 3008, однако следует отметить, что он обусловлен добавлением к ряду наблюдений значения из скважины 3439, оборудованной на кембрийский водоносный горизонт, связь с которым у четвертичного считается слабой, поэтому не может считаться достоверным. В то же время скважина 37п показывает снижение концентраций всех компонентов, кроме сульфат-иона, ртути и нефтепродуктов, которые, наоборот, возросли в несколько раз.

На участке рассолопромысла прослеживаются снижения концентраций большинства компонентов, однако и там наблюдается рост таких компонентов как Рb. Территория промплощадки, наоборот, практически повсеместно характеризуется общим ростом концентраций.

На вышеперечисленных участках, несмотря на малое количество наблюдений, густота сети наблюдательных скважин позволяет сделать более полный анализ. На других участках расположено меньше скважин, в которых было возможно проследить изменения в сравнении с 2021 г. На участке шламонакопителя – три скважины (4х, 4у, 128), на участке станции нейтрализации – только одна, которую можно считать достоверной (37х), на участке полигона ТБО – вообще полное отсутствие.

Таким образом, обобщая результаты мониторинга можно заключить:

- 1) на территории промлощадки наблюдается общий рост концентраций;
- 2) на участке соляного рассолопромысла – общее снижение;
- 3) на участках шламонакопителя и станции нейтрализации – снижение большинства компонентов, кроме ртути, марганца, сульфатов и нефтепродуктов;

4) Имеющийся ограниченный по периоду наблюдения массив данных фиксирует разнонаправленные тенденции и не позволяют провести калибровку геомиграционной модели.

В рамках предстоящих работ по ликвидации объекта накопленного вреда рекомендуется расширить сеть гидрогеологического мониторинга и возобновить проведение режимных наблюдений на исследуемой территории с последующим обобщением накопленного объема с учетом существующих материалов.

|              |              |              |       |       |      |                 |      |     |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|-----------------|------|-----|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |       |       |      |                 | Лист |     |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |     |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |     |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      | 152 |



## 9 Прогнозный период. Первый этап, постановка задачи

Для ликвидации накопленного вреда окружающей среде на территории планируется ряд инженерных мероприятий.

Так как территория на протяжении длительного времени подвергалась широкому спектру техногенного воздействия, виды и степень загрязнения не позволяют ограничиться только одним решением для ликвидации и изоляции накопленного вреда.

Опираясь на общие принципы по рекультивации площадок, рекомендуется следующая концепция, включающая группу мероприятий по ликвидации накопленного вреда:

### 1. Ликвидация источников загрязнения

### 2. Изоляция источников загрязнения

### 3. Очищение подземных вод сорбирующими завесами

### 4. Ограничение движения подземных вод противодиффузионными завесами

### 5. Вертикальная планировка для снижения инфильтрации и повторного загрязнения подземных вод через зону аэрации

### 6. Благоустройство территории и посадка влаголюбивых растений.

Согласно проектным решениям ООО «Геотехпроект» мероприятия по ликвидации предусматриваются в два этапа. На первом этапе предусматривается пообъектный подход и выполняются мероприятия по изоляции и ликвидации для локальных объектов, таких как шламонакопитель, полигон отходов, станция нейтрализации, территория промплощадки. На втором этапе предусматриваются мероприятия по общему ограничению миграции ЗВ с всей территории в рассматриваемых границах.

В рамках первого этапа в отчете рассмотрены следующие основные мероприятия по ликвидации ЗВ предлагаемые проектной документацией и влияющие на гидрогеологические и гидрогеохимические условия:

1. Изоляция шламонакопителя (№5 и 6 на карте-схеме, рис. 9.1). Для изоляции шламонакопителя по его периметру выполняется непроницаемое ограждение, а поверхность шламонакопителя укрывается непроницаемым многослойным экраном. Поверхностный сток после изоляции шламонакопителя планируется к отведению на его восточную часть.
2. Строительство проницаемой сорбирующей завесы первого этапа (ПМЗ-1) глубиной до 24 м на участках размыва слабopроницаемых отложений в подошве четвертичной толщи по периметру промплощадки (№2 на карте-схеме, рис. 9.1);
3. Ликвидация источников загрязнения (зданий и сооружения) на станции нейтрализации кислотно-щелочных сточных вод ООО «Усольехимпром» (№7, 7.1 на карте-схеме, рис. 9.1);
4. Рекультивация городского полигона ТКО (№9 на карте-схеме, рис. 9.1).

|   |              |             |   |       |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |      |  |
|---|--------------|-------------|---|-------|------|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|--|------|--|
| Инв. № подл.  | Подп. и дата | Взам. Инв.№ | шламонакопителя укрывается непроницаемым многослойным экраном. Поверхностный сток после изоляции шламонакопителя планируется к отведению на его восточную часть.  |       |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |      |  |
|   |              |             | 2. Строительство проницаемой сорбирующей завесы первого этапа (ПМЗ-1) глубиной до 24 м на участках размыва слабопроницаемых отложений в подошве четвертичной толщи по периметру промплощадки (№2 на карте-схеме, рис. 9.1); |       |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |      |  |
|   |              |             | 3. Ликвидация источников загрязнения (зданий и сооружения) на станции нейтрализации кислотно-щелочных сточных вод ООО «Усольехимпром» (№7, 7.1 на карте-схеме, рис. 9.1);   |       |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |      |  |
| 4. Рекультивация городского полигона ТКО (№9 на карте-схеме, рис. 9.1). |              |             |   |       |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |      |  |
|   |              |             |   |       |      |  |  |  | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  |  |  | Лист |  |
|   |              |             |   |       |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |  | 153  |  |
|   |              |             |   |       |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |      |  |
| Изм.  | Кол.         | Лист        | № док   | Подп. | Дата |  |  |  |                 |  |  |  |  |  |      |  |

Для второго этапа проектными решениями предусматривается строительство противомиграционной завесы ПМЗ-2 на участке между основными объектами негативного воздействия и реками Ангара и Белая. Задачей ПМЗ-2 является частичное сорбирование дополнительного объема ЗВ мигрирующих с потоком подземных вод в сторону водоёмов.

Положение рассматриваемых мероприятий по ликвидации объектов накопленного вреда представлено на схеме рис. 9.1.



Рис.9.1 Карта с положением основных мероприятий, предполагаемых проектными решениями (ООО “Геотехпроект”) для ликвидации накопленного вреда. Условные обозначения к подложке представлены на рис. 8.2.

|              |              |      |       |       |      |             |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |             |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |             |
|              |              |      |       |       |      |             |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист<br>154 |
|              |              |      |       |       |      |             |

В главе 9.1 представлен анализ инженерно-геологических условий по основным участкам и характеристика предполагаемого техногенного воздействия.

|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
|--------------|--------------|---------------|-------|-------|------|-----------------|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |       |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
|              |              |               |       |       |      |                 |  | 155  |



## 9.1 Анализ инженерно-геологических условий на участках предполагаемого техногенного воздействия, параметрическое обоснование прогнозного этапа

С точки зрения гидродинамического воздействия проектируемых мероприятий можно выделить несколько источников. Перечень основных источников влияния, а также параметрическое обоснования прогнозного этапа представлено в таблице 9.1.1.

|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |
|--------------|--------------|---------------|-------|-------|------|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|------|-----|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |       |       |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  | Лист |     |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  | 156  |     |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  |  |  |  |  |  |      | 156 |

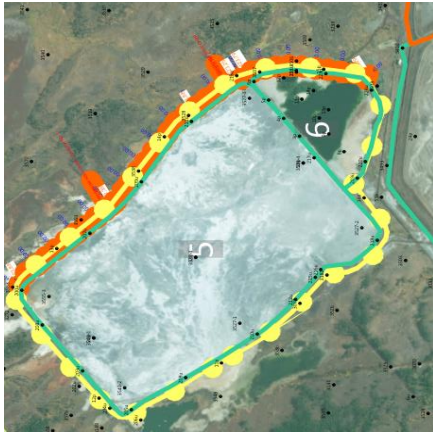
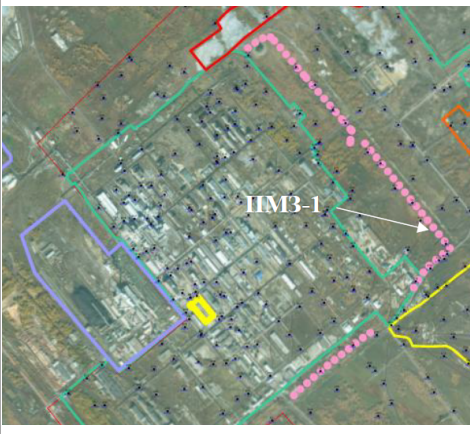
| № п.п. | № объекта на карте | Наименование объекта             | Предполагаемые мероприятия   | Существующие параметры заданные на геофилтрационной модели   | Параметры заданные на геофилтрационной модели в прогнозные период   | Ожидаемое влияние на гидрогеологические условия  | Схема с положением   |
|--------|--------------------|----------------------------------|--|--|---|--|--|
| 1      | 5, 6               | Шламонакопитель                  | Изоляция: выполнение непроницаемого ограждения по периметру (сорбирующая непроницаемая завеса), покрытие шламохранилища многослойным непроницаемым экраном). | Повышенное инфильтрационное питание. Для учета затрудненных условий поверхностного стока из чаши шламохранилища инфильтрационное питание задано равным $W=250-300$ мм/год. | Для учета устройства верхнего непроницаемого экрана задано сокращение инфильтрационного питания до 10 % от фоновых значений. Для оценки влияния непроницаемой сорбирующей завесы, во всех блоках соответствующих ее положению отношение коэффициента фильтрации грунтоцементного материала к толщине ограждения задано $K_f/m_0=0,01$ сут <sup>-1</sup> . Учетывая размеры разбивки модели на участках проектируемого строительства $\Delta x$ и $\Delta y$ , толщину ПМЗ $t=1-2$ м, коэффициент фильтрации в расчетных блоках, где расположена «стена в грунте», определен программой при конвертировании концептуальной модели. Повышенное инфильтрационное питание на востоке территории (за счет сброса ЛК)   | Снижение уровня подземных вод за счет сокращения $W$ . Формирование "барражного эффекта" в результате устройства непроницаемого ограждения - подпор УПВ на западе и юго-западе от контура шламохранилища, снижение УПВ на востоке. За счёт распределения поверхностного стока на восточную часть шламонакопителя возможен дополнительный подпор на востоке |   |
| 2      | 2                  | Промплощадка ООО «Усольехимпром» | Устройство вертикальной планировки, проницаемой сорбирующей завесы по периметру в верхней части разреза (на глубину до 24 м).                                | Инфильтрационное питание на территории промплощадки $W=80-120$ мм/год.<br>Эвапотранспирация $E=150$ мм/год при $Z_0=1-3$ м.  | После устройства вертикальной планировки задано 30-40% сокращение инфильтрационного питания, $W=50-80$ мм/год. Так как изменение грунтового покрытия на твердое не предполагается, то эвапотранспирация также не изменялась. Устройство проницаемой сорбирующей завесы учитывалось с точки зрения влияния на поток с помощью задания среднего значения коэффициента фильтрации для соответствующих ее положению блоков. Кд завесы задан бесконечно большим, что позволяет дать массовую характеристику накопленного загрязнения. Для корректного учета низа завесы, в юрском водоносном комплексе выделен доп. слой с отметкой подошвы соответствующей низу ПМЗ. Согласно технологии производства работ ПМЗ выполняется из грунтов песчаного состава, поэтому по трассе ПМЗ коэффициент фильтрации принят равным до 5 м/сут, что условно соответствует песку мелкосернистому. | Снижение уровня подземных вод за счет сокращения $W$ в результате вертикальной планировки. Возможно перераспределение уровней по трассе сорбирующей завесы в результате замещения слабопроницаемых глинистых отложений в интервале четвертичного водоносного горизонта на проницаемые грунты слагающие тело завесы   |  |

Таблица 9.1.1. Перечень основных источников влияния, а также параметрическое обоснование прогнозного этапа (гидродинамическое воздействие)


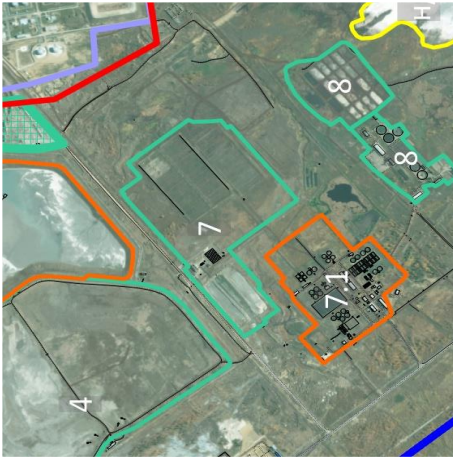
| № п.п. | № объекта на карте | Наименование объекта на территории  | Предполагаемые мероприятия  | Существующие параметры заданные на геофильтрационной модели   | Параметры заданные на геофильтрационной модели в прогнозные период  | Ожидаемое влияние на гидрогеологические условия  | Схема с положением   |
|--------|--------------------|---|---|---|---|--|--|
| 3      | 9                  | Городской полигон ТБО   | Перемещение свалочного тела на непроницаемую гидроизоляционную мембрану. Устройство по поверхности полигона непроницаемого экрана. Таким образом достигается полная изоляция свалочного тела. В основании под перемещенным телом над слоем гидроизоляции устраивается дренаж для сбора фильтрата. | Инфильтрационное питание на территории полигона W=70-100 мм/год.<br>Эвапотранспирация E=200 мм/год при Z <sub>св</sub> =1-3 м.                                  | Учет устройства по площади полигона гидроизоляционной мембраны выполнен путем сокращения инфильтрационного питания и эвапотранспирации до значений близких к нулевым.<br>Устройство по всей площади свалки водонепроницаемой мембраны приведет к практически полному сокращению фильтрации осадков через свалочное тело. Любые возможные притоки к дренажу будут связаны с образованием фильтрата за счет процессов разложения свалочного тела, а также повреждения слоя гидроизоляции или нарушением технологии монтажа мембраны, т.е. не обусловлены гидрогеологическими условиями. | Снижение уровня подземных вод за счет практически полного сокращения W в результате устройства непроницаемой мембраны  |   |
| 4      | 7                  | Станция нейтрализации кислотных сточных вод ООО «Усолехимпром», очистные сооружения | Ликвидация источников загрязнения (зданий и сооружений), планировка территории  | Обусловленное затрудненными условиями поверхностного стока повышенное инфильтрационное питание на полях фильтрации и на участках резервуаров. W=250-300 мм/год. | После ликвидации объекта и устройства вертикальной планировки произойдет сокращение инфильтрационного питания, W=60-90 мм/год.  | За счет ликвидации бессточных зон и сокращения инфильтрационного питания ожидается снижение уровня подземных вод. Ликвидация загрязненных грунтов позволит исключить повторного загрязнения подземных вод на замещенном чистыми грунтами участке |  |

Таблица 9.1.1. (продолжение) Перечень основных источников влияния, а также параметрическое обоснование прогнозного этапа (гидродинамическое воздействие)



Особенности инженерно-геологического строения на участках выделенных объектов представлены ниже.

Характерный поперечный инженерно-геологический разрез через шламохранилище (№5,6) представлен на рис. 9.1.1.

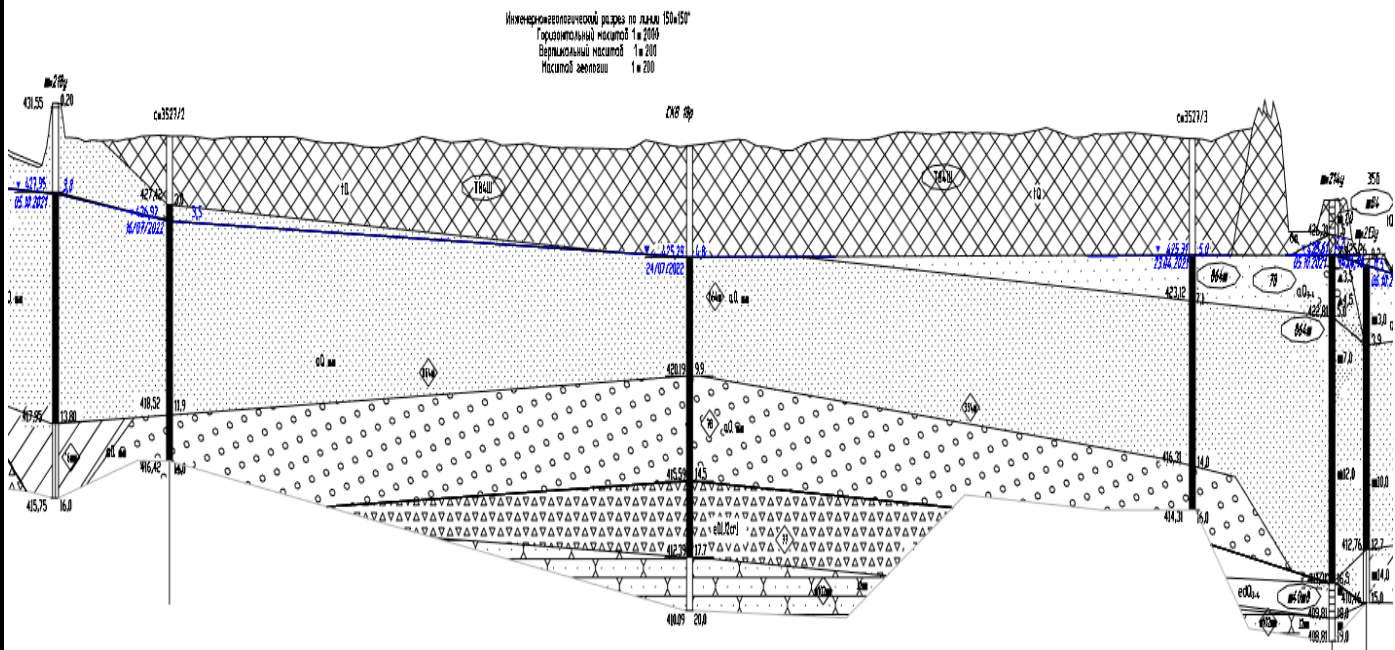


Рис. 9.1.1 характерный поперечный инженерно-геологический разрез (фрагмент разреза 150 ИГИ) в южной части шламохранилища (№5,6 на карте)

Анализируя материалы инженерно-геологических изысканий можно отметить наличие в основании аллювиальной песчаной толщи слабопроницаемого 3-5 метрового слоя  $eQ(J_2cr)$ , за исключением западной части, где в районе скважин 11п и 12п песчаные водовмещающие грунты залегают непосредственно на песчаниках черемховской свиты. Данное обстоятельство снижает эффективность мероприятий по изоляции объекта противофильтрационной завесой.

Абсолютные отметки ложа шламонакопителя составляют от 423,8 (с-3555/3) до 428,0 м. Уровень подземных вод – от 425,0 м на востоке территории до 428,0 м на юго-западе.

Далее рассмотрим территорию промплощадки. Характерный инженерно-геологический разрез через восточную часть промплощадки (№ 2) представлен на рис. 9.1.2.

|                 |               |      |       |       |      |      |
|-----------------|---------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата  |      |       |       |      |      |
|                 |               |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|                 |               |      |       |       |      |      |
|                 |               |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |               |      |       |       |      | Лист |
|                 |               |      |       |       |      | 159  |

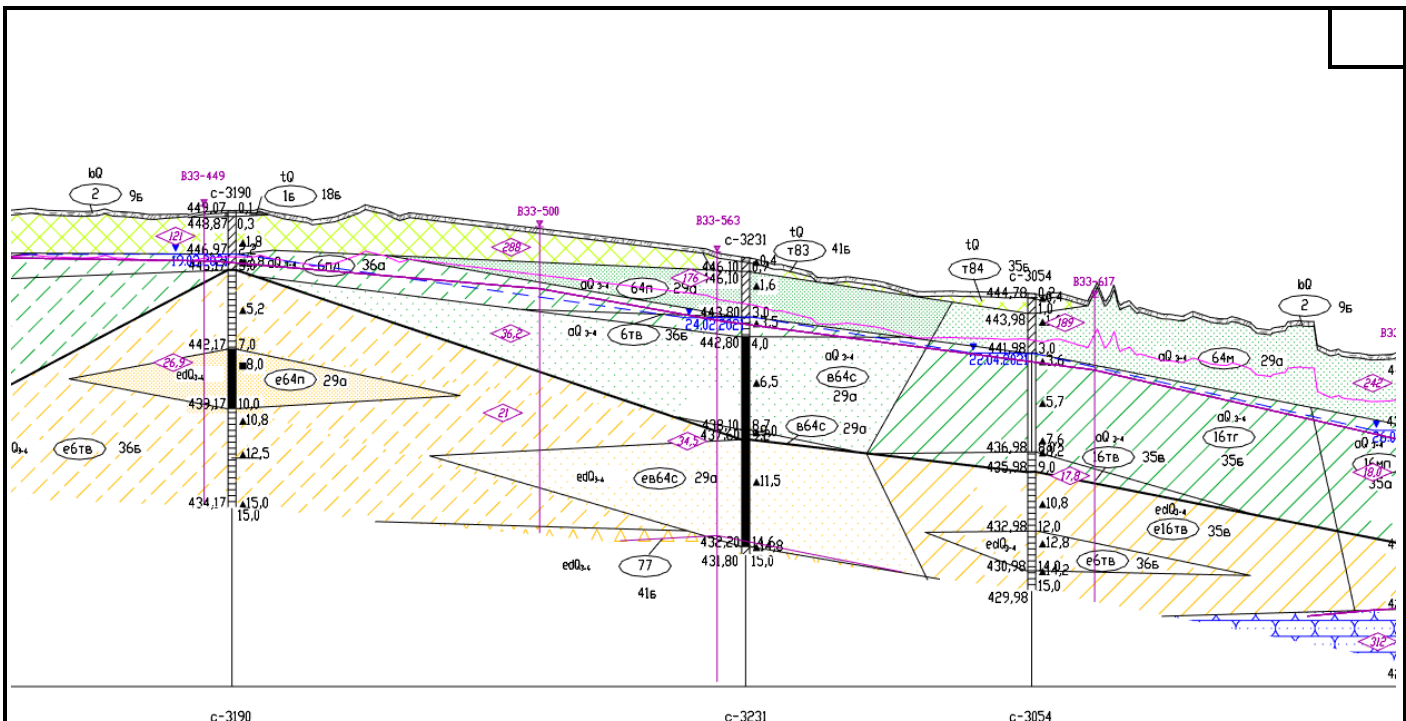


Рис. 9.1.2 характерный инженерно-геологический разрез (фрагмент разреза 127 ИГИ) через восточную часть промплощадки (№ 2 на карте)

Инженерно-геологическое строение промплощадки характеризуется резкой изменчивостью литологического состава – области распространения песков сменяются участками преимущественного развития суглинков и супесей (см. рис. 9.1.3), что в конечном счёте определяет резкую изменчивость фильтрационных свойств и основные пути миграции ЗВ.

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

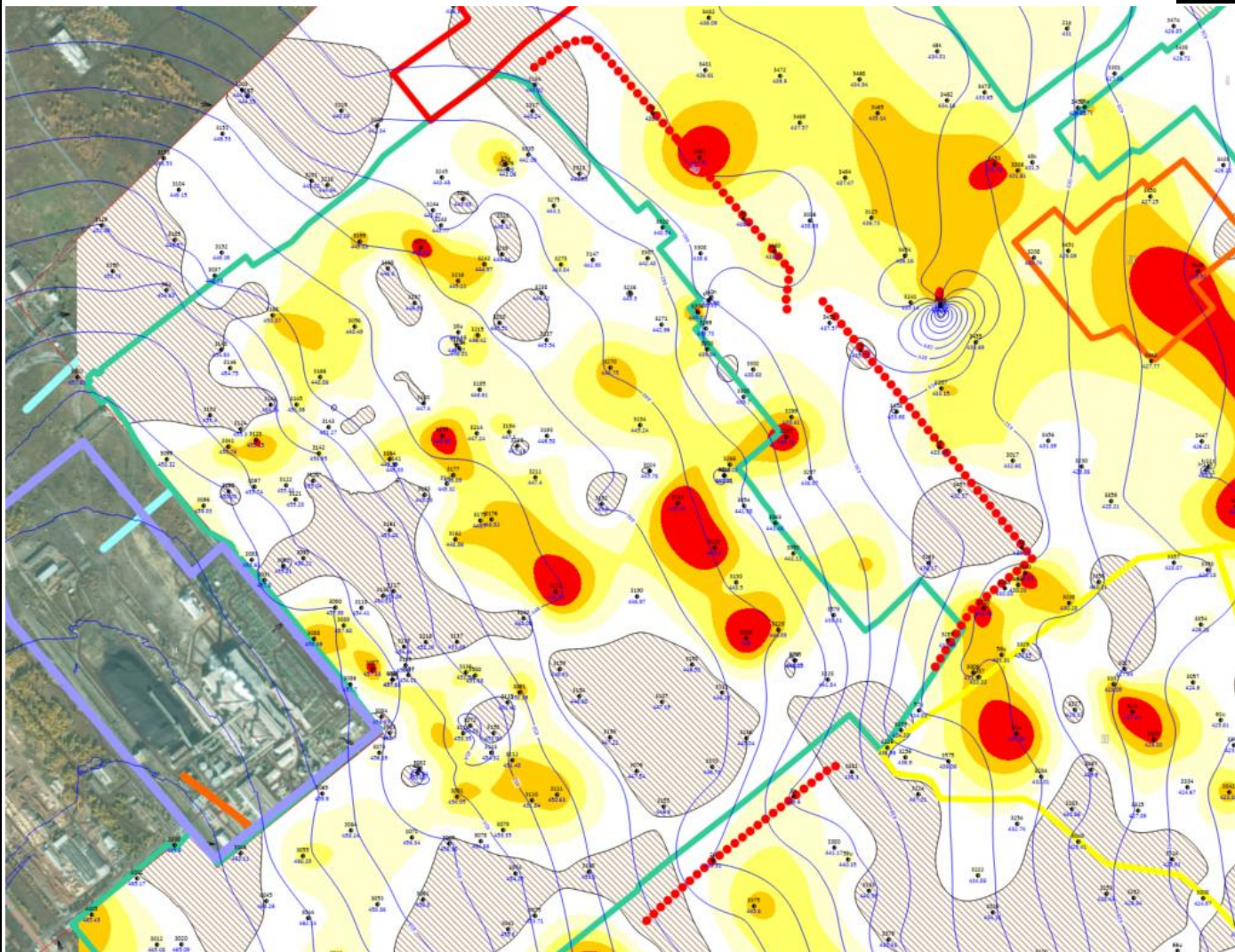


Рис. 9.1.3 Схема общей мощности песчаной толщи на территории промплощадки, м,

|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взам. Инв.№     |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|              |              |      |       |       |      | Лист            |  |
|              |              |      |       |       |      | 161             |  |



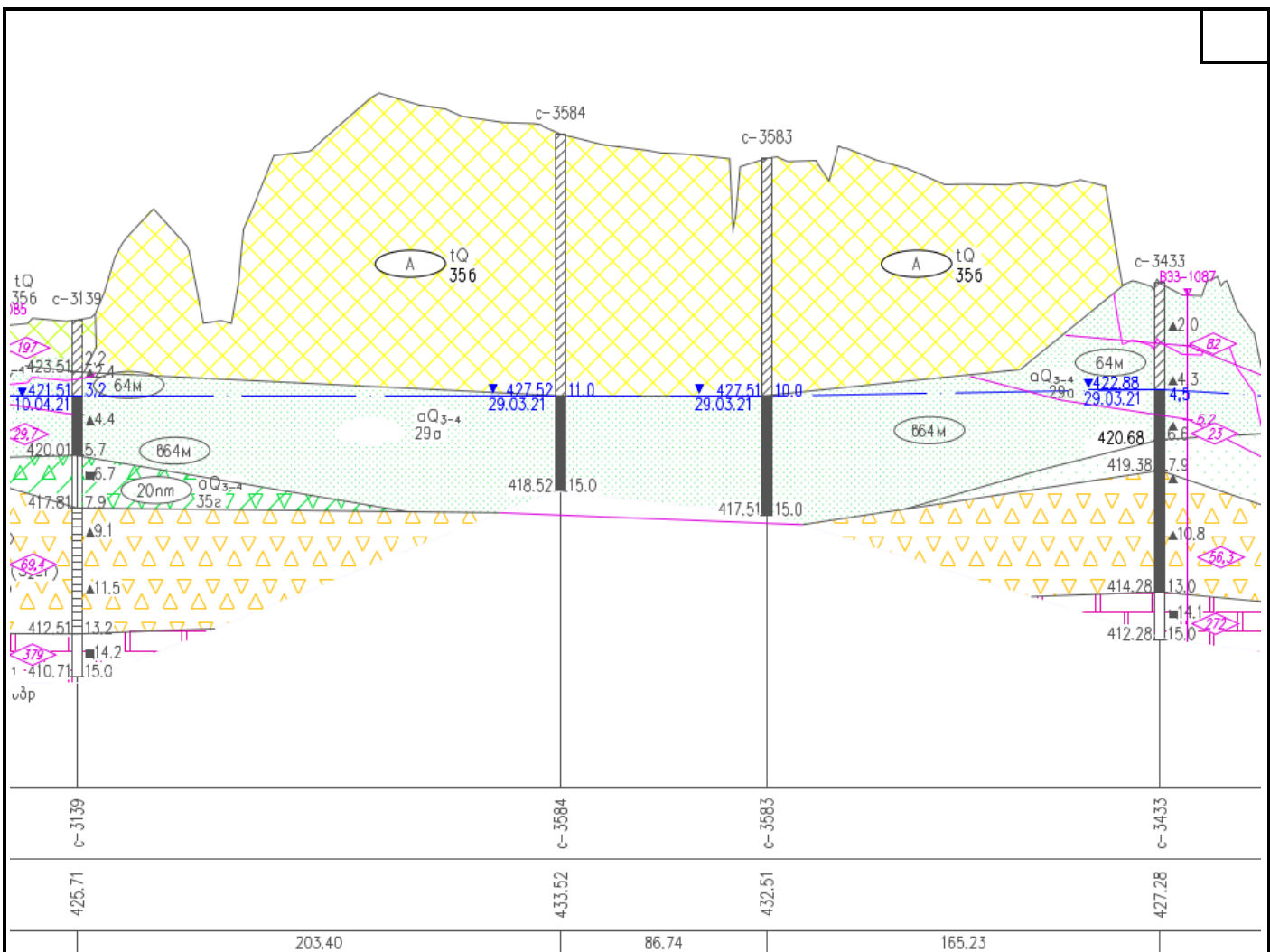


Рис. 9.1.4 характерный поперечный инженерно-геологический разрез (фрагмент разреза 4бушл ИГИ) через полигон ТБО (№ 9 на карте)

Согласно материалам инженерно-геологических изысканий, ложе полигона ТБО заглубляется до абсолютных отметок 422,50 м при уровне подземных вод от 424,0 м на западе от полигона до 421,5 м вдоль его восточной границы.

Как видно из представленных материалов, основные объекты техногенного воздействия расположены на участках, характеризующихся дефицитом и ограниченным распространением природных геохимических барьеров. Глубина проникновения ЗВ с потоком подземных вод не ограничивается четвертичной толщей и достигает песчаников юрского водоносного горизонта, что подтверждается результатами лабораторных определений.

Далее охарактеризуем основные мероприятия, предусмотренные на объектах, предполагаемых к изоляции или ликвидации.

#### Шламонакопитель.

Для учета устройства верхнего непроницаемого экрана задано сокращение инфильтрационного питания до 10 % от фоновое значения. Для оценки влияния непроницаемой сорбирующей завесы, во всех блоках соответствующих ее положению отношение коэффициента фильтрации грунтоцементного материала к толщине ограждения задано  $k_o/m_0=0,005 \text{ сут}^{-1}$ . Учитывая размеры

|              |      |      |       |       |      |  |
|--------------|------|------|-------|-------|------|--|
| Взам. Инв.№  |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |

разбивки модели на участках проектируемого строительства  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , толщину ПФЗ  $t=1-2$  м, коэффициент фильтрации в расчетных блоках, где расположена «стена в грунте», определен программным комплексом при конвертировании концептуальной модели. Повышенное инфильтрационное питание на востоке территории (за счёт сброса ЛК) задано повышенным.

Также для территории шламонакопителя рассмотрен вариант устройства непроницаемой сорбирующей и не сорбирующей завесы, выполнена оценка миграции ЗВ и без завесы.

Выполнение непроницаемого ограждения по периметру шламонакопителя (сорбирующая непроницаемая завеса) с замыканием на относительно водоупорные грунты в подошве четвертичной толщи приведет к развитию “барражного эффекта”. На участках с отсутствием слабопроницаемых грунтов эффективность завесы будет снижена, а барражный эффект менее выражен. При этом подпор вызванный “барражным эффектом” частично нивелируется снижением уровня подземных вод в результате снижения инфильтрационного питания за счёт покрытия поверхности шламонакопителя многослойным непроницаемым экраном.

**Промплощадка ООО «Усольехимпром».** Устройство вертикальной планировки и проницаемой сорбирующей завесы по периметру, со стороны выхода потока подземных вод с территории промплощадки, приведет к снижению уровня подземных вод за счет сокращения инфильтрационного питания в результате вертикальной планировки. В условиях отсутствия выдержанного по площади водоупорного слоя и значительной мощности юрского водоносного комплекса, глубина завесы имеет определяющее значение на показатели эффективности и в конечном счёте определяется литологическим строением по трассе завесы.

Расчётная глубина завесы первого этапа определяется как технологическими особенностями проведения строительно-монтажных работ, так и предположительным положением в разрезе зоны интенсивного водообмена где в балансовом отношении проходит большая часть загрязненного на территории промплощадки объема подземных, что позволяет сорбировать основную массу загрязняющих веществ при заданной глубине до 24 м на участках размыва суглинков.

**Станция нейтрализации кислотно-щелочных сточных вод ООО «Усольехимпром».** Проектными решениями здесь предполагается ликвидация основных источников загрязнения (комплекса очистных сооружений), что исключит развитие повторного загрязнения подземных вод

**Городской полигон ТКО.** Проектной документацией по ликвидации объекта накопленного вреда предусматривается покрытие свалочного тела противοфильтрационным экраном.

В результате изоляции свалочного тела и устройства по поверхности полигона непроницаемого экрана, уровень подземных вод за счёт сокращения инфильтрационного питания снизится.

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |      |       |      |                 |      |
|------|------|------|------|-------|------|-----------------|------|
|      |      |      |      |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|      |      |      |      |       |      |                 | 163  |
| Изм. | Кол. | Лист | №док | Подп. | Дата |                 |      |

Учитывая существующие фактическое положение уровня подземных вод ниже отметок ложа полигона и последующее прогнозное понижение уровня, техногенные грунты свалочного тела в область фильтрации вовлечены не будут.

Такое проектное решение при качественном выполнении строительно-монтажных работ позволяет полностью изолировать свалку от контакта с поверхностными и подземными водами, а также исключить выход фильтрата за его пределы. В таком случае в качестве расчетного сценария возможно принять исключение контакта ЗВ с подземными водами по завершению рекультивации. Таким образом, дополнительное поступление ЗВ за пределы свалки прекращается и активируется процесс естественного очищения подземных вод за счёт разбавления зоны загрязнения поступающим со стороны водораздела током.

|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|------|------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |      |       |      | Взаим. Инв. №   |      |
|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|              |              |      |      |       |      |                 |      |
|              |              |      |      |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |      |      |       |      |                 | 164  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | №док | Подп. | Дата |                 |      |



## 9.2 Прогноз изменения гидрогеохимических условий в результате рекультивации территории. Постановка задачи

Геомиграционное моделирование выполняется на основании калиброванной геофильтрационной модели, учитывающей основные факторы предполагаемого гидродинамического воздействия.

Предварительно, на модели решалась задача воспроизведения существующих нарушенных условий.

Для воспроизведения существующих гидрогеохимических условий на геофильтрационной модели задавались начальные концентрации, зафиксированные в ходе инженерно-геологических изысканий.

Наиболее распространенный метод оценки задержки загрязнения основан на коэффициенте распределения -  $K_d$ . Параметр  $K_d$  - это фактор, связанный с разделением загрязнения между твердой и водной фазами. Коэффициент распределения  $K_d$  - это эмпирическая единица измерения, которая пытается объяснить различные химические и физические механизмы замедления, на которые влияет множество переменных.

Основным преимуществом модели  $K_d$  является то, что она легко интегрируется в гидрогеологические транспортные модели и позволяет количественно оценить снижение скорости переноса загрязнителя относительно грунтовых вод с помощью адвекция (конвективный перенос) или диффузии.

Коэффициент распределения  $K_d$  (обычно выражается в  $\text{см}^3/\text{г}$ ) определяется как отношение количества адсорбата адсорбированного в массе твердого вещества к количеству адсорбата, остающегося в растворе при равновесии.

Масса сорбированного вещества (адсорбата) определяется как:

$$S = K_d * C$$

Тогда:

$$K_d = S/C \quad (1), \text{ где}$$

$S$  - масса сорбированного вещества (адсорбата),  $[M/M]$ .

$C$  - масса адсорбата в растворе, общий растворенный адсорбат, остающийся в растворе при равновесии  $[M/V]$ .

Коэффициент химического замедления при учете сорбции в геофильтрационной модели определяется как отношение скорости фильтрации к скорости перемещения загрязнителя через аналогичный объем:

$$R = v_f / v_c \quad (2)$$

|              |              |              |   |      |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|--------------|---|------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № | <p>S - масса сорбированного вещества (адсорбата), [М/М].</p> <p>C - масса адсорбата в растворе, общий растворенный адсорбат, остающийся в растворе при равновесии [М/V].</p> <p>Коэффициент химического замедления при учете сорбции в геофильтрационной модели определяется как отношение скорости фильтрации к скорости перемещения загрязнителя через аналогичный объем:</p> <p><math>R=v_f/v_c</math> (2)</p> |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |              |   |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |              | Изм.  | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |                 | 165  |

Таким образом, включение сорбции снижает скорость движения шлейфа загрязнения в водонасыщенной системе. Для пористой среды в условиях полного водонасыщения коэффициент замедления рассчитывается следующим образом:

$$R_f = 1 + \frac{\rho \cdot K_d}{n} \quad (3)$$

$\rho$  = плотность, г/см<sup>3</sup>;

$K_d$  = коэффициент распределения, см<sup>3</sup>/г;

$n_a$  – активная пористость.

При известном значении коэффициента фильтрации песчаных пород  $k$  размер водоотдачи может быть приближенно определен по эмпирической формуле П. А. Бецинского:  $\mu = 0,117 \sqrt[3]{k}$  (4).

Величина активной пористости  $n_a$  практически всегда равна гравитационной водоотдаче  $n_a \approx \mu$ , поэтому задана в соответствии с (4).

В таблице ниже представлено сопоставление заданных на геофильтрационной модели параметров водоотдачи с результатами определений выполненных в ходе инженерно-геологических изысканий.

| № п/п   |      | 1а                              | 1б                 | 2                                 | 3                    | 4                    | 5                  |
|---|------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Геологический индекс                            |      | аQ3-4                           |                    | edQ3-4                            | J2cr                 |                      | Єm1an              |
| Наименование                                    |      | Аллювиальные отложения          |                    | Элювиально-делювиальные отложения | Полускальные грунты  | Скальные грунты      | Скальные грунты    |
| Породы  |      | Пески - суглинки                | Галечники          | Глины и супеси                    | Песчаник             | Песчаник             | Доломит            |
| Водоотдача по материалам ИГИ, $\mu$             | от   | 2,5*10 <sup>-3</sup>            | 5*10 <sup>-5</sup> | 1,5*10 <sup>-4</sup>              | 1,3*10 <sup>-1</sup> | 5,8*10 <sup>-3</sup> | 5*10 <sup>-4</sup> |
|   | до   | 3,5*10 <sup>-1</sup>            | 6*10 <sup>-4</sup> | 2,7*10 <sup>-3</sup>              | 4,5                  | 1,1                  | 7*10 <sup>-2</sup> |
|   | сред | 3*10 <sup>-2</sup>              |                    |                                   | 3,3*10 <sup>-1</sup> | 2,2*10 <sup>-2</sup> | 6*10 <sup>-3</sup> |
| $n_a \approx \mu$ (принятое на модели значение) |      | 0,01-0,15 (в зависимости от Кф) |                    | 0,007                             | 0,02-0,04            | 0,01                 | 0,01               |

Учет процесса сорбции для ПМЗ осуществляется путем введения эффективной пористости:

$$n_{эфф} = n_a + K_d \cdot C_0$$

$n_a$  – активная пористость

$C_0$  – предельная равновесная концентрация компонента в воде;

$N_0$  – предельная равновесная концентрация компонента в породе;

Тогда:

$$n_{эфф} = n_a + K_d \cdot \rho$$

Согласно материалам отчета (лаборатория ЛОГС МГУ 2021) по «выходной кривой» были получены следующие значения миграционных параметров:  $n_{эфф} = 25,96 \dots 27,65$ . Тогда

$$K_d \cdot \rho = n_{эфф} - n_a = 26,7 - 0,15 = 26,5$$

|              |              |              |      |      |      |       |       |      |                 |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |      |      |      |       |       |      | Лист            |
|              |              |              |      |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | 166             |





Отношение поперечной дисперсии к продольной принято на геомиграционной модели равным  $TRPT=0,1$ .

Величина гидравлической дисперсии в четвертичной толще принята равной 0,5 – 1,0 м. Для дочетвертичных отложений дисперсия принята равной 1-3 м. Максимальные значения заданы в слоях с высокими фильтрационными свойствами.

Область моделирования захватывает обширную территорию с крайне изменчивым содержанием и составом загрязняющих веществ. Изменчивость прослеживается как в плане, так и в разрезе.

Полученные в ходе изысканий результаты, отражающие содержание загрязняющих веществ в подземных водах и грунтах, позволили выполнить анализ значений  $K_d$  (объем исследований – 1150 проб) для разных условий с разделением на по трем категориям:

1. участки с высоким и низким содержанием З.В. в грунтах;
2. зона аэрации и зона полного водонасыщения;
3. семь основных типов грунтов по литологии.

Минимальные, средние и максимальные значения  $K_d$  по трем выделенным категориям представлены в таблице 9.1.2.

|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взаим. Инв. №   |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |      |       |       |      |                 | 168  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |                 |      |

*Таблица 9.1.2 Минимальные, средние и максимальные значения Kd для разных литологических разностей*

|  |                            | Литология      | Кол-во образцов | Hg      |      |       | Кол-во образцов | As    |     |       | Кол-во образцов | Pb    |       |        | Кол-во образцов | Cd    |       |       |
|--|----------------------------|----------------|-----------------|---------|------|-------|-----------------|-------|-----|-------|-----------------|-------|-------|--------|-----------------|-------|-------|-------|
|  |                            |                |                 | min     | mid  | max   |                 | min   | mid | max   |                 | min   | mid   | max    |                 | min   | mid   | max   |
| Участки с низким содержанием З.В. в грунтах  | Зона аэрации               | ПРС            | 30              | 0,0002  | 0,1  | 0,6   | 33              | 0,1   | 7   | 56    | 36              | 6,2   | 1523  | 6467   | 43              | 7,6   | 438   | 1800  |
|  |                            | Песок          | 212             | 0,0002  | 0,1  | 1,1   | 195             | 0,1   | 9   | 56    | 191             | 0,5   | 1155  | 5112   | 194             | 12,9  | 349   | 1602  |
|  |                            | Супесь         | 61              | 0,0001  | 0,1  | 0,9   | 57              | 0,2   | 6   | 55    | 53              | 0,0   | 677   | 5275   | 56              | 26,2  | 390   | 1538  |
|  |                            | Суглинок       | 51              | 0,00004 | 0,1  | 0,8   | 31              | 0,1   | 7   | 11    | 58              | 0,6   | 777   | 4118   | 27              | 0,04  | 443   | 1559  |
|  |                            | Глина          | 1               | 0,0052  | 0,01 | 0,01  | 7               | 0,2   | 2   | 11    | 14              | 41,3  | 2026  | 5389   | 15              | 138,9 | 265   | 365   |
|  |                            | Торф           | 4               | 0,0100  | 0,1  | 0,3   | 12              | 0,2   | 17  | 84    | 6               | 0,1   | 971   | 5800   | 10              | 16,7  | 203   | 620   |
|  | Зона полного водонасыщения | Песок          | 177             | 0,0000  | 0,2  | 1,0   | 122             | 0,1   | 6   | 50    | 87              | 1,3   | 1485  | 5449   | 94              | 12,9  | 481   | 1534  |
|  |                            | Супесь         | 48              | 0,0004  | 0,1  | 0,9   | 34              | 0,1   | 5   | 51    | 37              | 0,5   | 1350  | 3776   | 28              | 14,2  | 320   | 1538  |
|  |                            | Суглинок       | 56              | 0,0003  | 0,2  | 0,9   | 37              | 0,1   | 7   | 53    | 41              | 1,0   | 1694  | 5134   | 42              | 25,6  | 296   | 1503  |
|  |                            | Глина          | 9               | 0,0015  | 0,4  | 1,2   | 5               | 0,2   | 11  | 41    | 9               | 14,8  | 920   | 3646   | 7               | 37,0  | 327   | 885   |
|  |                            | Торф           | 6               | 0,0004  | 0,1  | 0,4   | 4               | 0,2   | 7   | 26    | 10              | 4,4   | 2296  | 7600   | 2               | 29,4  | 125   | 220   |
|  |                            | Скальный грунт | 37              | 0,0001  | 0,1  | 0,5   | 18              | 0,1   | 5   | 16    | 26              | 0,4   | 1374  | 4381   | 24              | 0,2   | 247   | 1283  |
| Участки с высоким содержанием З.В. в грунтах | Зона аэрации               | ПРС            | 68              | 0,0043  | 11,6 | 137,5 | 65              | 0,9   | 358 | 5200  | 62              | 1,5   | 12673 | 134667 | 55              | 3,7   | 7043  | 22000 |
|  |                            | Песок          | 231             | 0,0052  | 7,9  | 277,8 | 248             | 1,1   | 839 | 38667 | 252             | 14,5  | 26713 | 934444 | 249             | 3,1   | 6107  | 29365 |
|  |                            | Супесь         | 51              | 0,0005  | 13,8 | 343,4 | 55              | 0,2   | 557 | 9490  | 59              | 4,6   | 16839 | 181122 | 56              | 119,0 | 4319  | 13265 |
|  |                            | Суглинок       | 62              | 0,0073  | 1,5  | 25,7  | 82              | 0,0   | 457 | 7059  | 55              | 36,7  | 17569 | 537634 | 86              | 7,3   | 6603  | 22581 |
|  |                            | Глина          | 25              | 0,0287  | 2,6  | 8,3   | 19              | 1,6   | 254 | 1383  | 12              | 142,9 | 29831 | 216667 | 11              | 1767  | 8569  | 14444 |
|  |                            | Торф           | 13              | 0,2242  | 3,5  | 18,7  | 5               | 517,6 | 968 | 1800  | 11              | 6,2   | 11507 | 60000  | 7               | 200,0 | 12924 | 29000 |
|  | Зона полного водонасыщения | Песок          | 68              | 0,0021  | 3,3  | 36,5  | 123             | 0,6   | 337 | 8571  | 158             | 2,6   | 4675  | 55249  | 151             | 10,4  | 4819  | 46875 |
|  |                            | Супесь         | 22              | 0,0013  | 3,7  | 43,9  | 36              | 0,6   | 336 | 5918  | 33              | 6,8   | 11353 | 125000 | 42              | 170,1 | 4386  | 16837 |
|  |                            | Суглинок       | 40              | 0,0259  | 2,2  | 34,9  | 59              | 3,0   | 826 | 15829 | 55              | 1,8   | 4746  | 26020  | 54              | 8,4   | 4605  | 17436 |
|  |                            | Глина          | 14              | 0,0921  | 4,6  | 16,3  | 18              | 2,1   | 155 | 1241  | 14              | 6,0   | 15024 | 73103  | 16              | 262,7 | 6211  | 23103 |
|  |                            | Торф           | 9               | 0,1585  | 1,1  | 4,8   | 11              | 5,2   | 90  | 342   | 5               | 18,1  | 897   | 4324   | 13              | 109,8 | 3429  | 14706 |
|  |                            | Скальный грунт | 11              | 0,0097  | 1,4  | 3,9   | 30              | 0,1   | 213 | 1355  | 22              | 3,5   | 7250  | 65487  | 24              | 205,8 | 3936  | 10177 |

При моделировании миграции металлов задание коэффициента распределения Kd, определяемое как отношение содержаний элемента в твердой и жидкой фазах, является неоднозначным. В настоящее время апробированной альтернативы определению Kd в лабораторных условиях не существует, однако лабораторные исследования в связи со спецификой пробоподготовки и проведения испытаний дают завышенные значения, таким образом, возникают существенные неопределенности при переносе лабораторных значений «на массив». Так, например, при определении в лабораторных условиях значений Kd ряда тяжелых металлов в образцах, отобранных на территории ОАО «СМК Металлург» (г. Скопин) выяснена существенная зависимость параметра от соотношения объемов твердых и жидких фаз в статическом опыте. При уменьшении этого соотношения величина Kd как правило существенно увеличивалась.

|              |              |               |      |      |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|---------------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Подл. и дата | Взаим. Инв. № |      |      |      |       |       |      | Лист |
|              |              |               |      |      |      |       |       |      |      |
|              |              |               | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |

Учитывая данное обстоятельство, определение  $K_d$  на объекте «Усолъе» не проводилось, и для определения параметра был использован приближенный метод, основанный на расчете соотношения фактического содержания элемента в разных литологических разностях к их концентрации в воде. Одним из основных осложняющих обстоятельств при использовании данного подхода является отсутствие информации о минералого-геохимических формах нахождения элементов в твердой фазе, так как элементы могут находиться не только в обменно-сорбированной, но и в карбонатной, органо-минеральной, аморфной гидроксидной и др.

Анализ результатов, полученных с использованием данного подхода, показывает, что значения  $K_d$  для участков с высоким содержанием загрязняющих веществ (ЗВ) в грунтах в среднем в 30 раз выше, чем для участков с низким содержанием. Подобная зависимость может быть обусловлена высоким содержанием малоподвижных форм ЗВ в грунтах.

Важно отметить, что для большинства элементов значения  $K_d$  представляются существенно завышенными относительно общепринятых значений, приводимых в литературных источниках. Это завышение вероятнее всего связано с наличием малоподвижных форм, в т.ч. осажденных форм рассматриваемых элементов. Прямые миграционные расчеты с применением столь высоких значений  $K_d$  приводят к практически полной остановке миграции. Авторы отчета ставили перед собой задачу произвести миграционные расчеты в наиболее «жесткой постановке».

Применительно к миграции загрязняющих веществ «жесткая схема» заключалась в следующем.

1. При миграции ЗВ не учитывались физико-химические процессы (сорбция-десорбция, растворение-осаждение и др.). Миграция оценивалась для «консервативного» элемента, который не участвует в процессах взаимодействия в системе вода-порода.

2. На участках с повышенным содержанием ЗВ в подземных водах и грунтах задавалось инфильтрационное питание с концентрацией, соответствующей концентрации в подземных водах.

3. На остальных территориях задавалось чистое инфильтрационное питание.

Предпосылка о постоянном поступлении ЗВ в подземные воды, по мнению авторов, оправдана тем что по результатам инженерно-экологических изысканий количество ЗВ, накопленное в грунтах и выступающее в роли вторичного источника загрязнения во временном горизонте рассматриваемых прогнозных 100 лет не имеет явной тенденции к снижению и в «жестком» варианте расчета может быть выражено в виде константы. Так, например, в главе 8.1 представлена сопоставительная оценка массы накопленных загрязняющих веществ в грунтах на территории промплощадки (на примере Hg) и массы выносимой потоком подземных вод ртути. По результатам оценки, за 100 лет с территории промплощадки выносится не более 10 % от массы ртути накопленной в грунтах промплощадке сверх ПДК.

Далее рассмотрим результаты прогноза распространения основных ЗВ с территории промплощадки и остальных техногенно нагруженных участков.

|              |      |      |       |       |      |      |
|--------------|------|------|-------|-------|------|------|
| Взаим. Инв.№ |      |      |       |       |      |      |
|              |      |      |       |       |      |      |
|              |      |      |       |       |      |      |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |      |
|              |      |      |       |       |      |      |
|              |      |      |       |       |      |      |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |      |
|              |      |      |       |       |      |      |
|              |      |      |       |       |      |      |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|              |      |      |       |       |      | Лист |
|              |      |      |       |       |      | 170  |



[illegible]

Расчёты выполнены на актуализированной геофильтрационной модели, качество которой подтверждается результатами калибровки уровней и сопоставления водно-балансовых характеристик. Результаты моделирования существующих условий представлены в основном томе.

## 10.1 Особенности инженерно-геологического строения на участках шламонакопителя

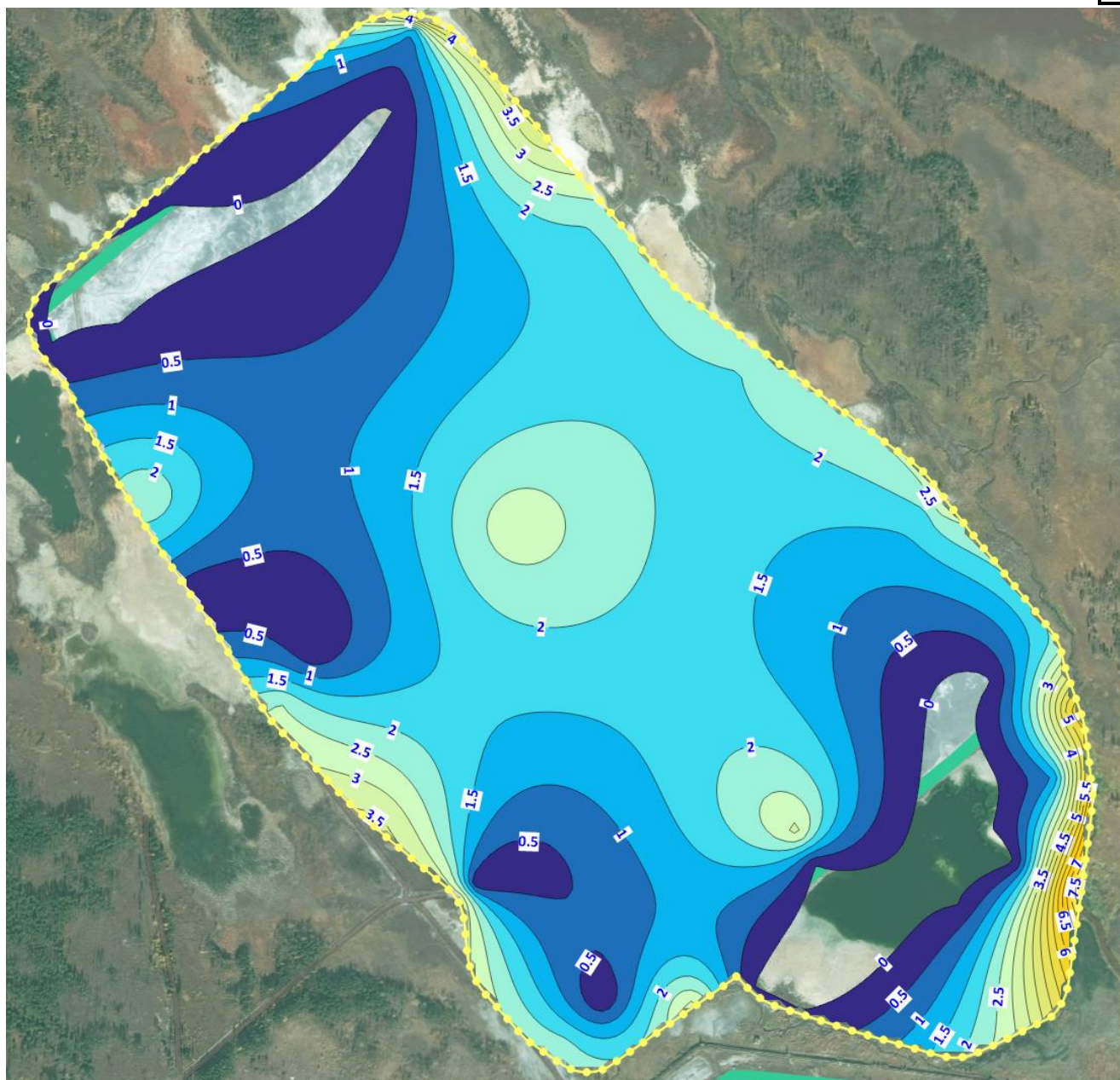
*Рис. 10.1.1 характерный продольный инженерно-геологический разрез (фрагмент разреза 148 ИГИ) восточнее шламохранилища (№5,6 на карте)*

|              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв.№ |
|              |              |              |

Для оценки области распространения относительно водоупорных отложений были построены карты мощности объединенных слоев в пределах шламохранилища. За относительный водоупор были приняты следующие ИГЭ: глины е40тв, элювиальные отложения 77, суглинки 16тв.

Карта мощности объединенных отложений представлена на рис. 10.1.2.

|      |      |      |      |       |      |   |      |
|------|------|------|------|-------|------|---|------|
|      |      |      |      |       |      | <div style="text-align: center;"> <b>5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ</b> </div> | Лист |
|      |      |      |      |       |      |   | 171  |
| Изм. | Кол. | Лист | №док | Подп. | Дата |   |      |



Мощность водоупорного горизонта, м

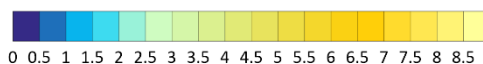


Рис. 10.1.2. Карта мощности объединенных относительно водоупорных отложений в основании четвертичного водоносного горизонта, составленная по материалам представленных на инженерно-геологических разрезах (5/2020ЕИ-ИГИ1.5.1-1.5.7)

Далее проанализируем положение ложа шламонакопителя относительно уровня подземных вод. Абсолютные отметки ложа шламонакопителя составляют от 423,8 (с-3555/3) до 432,0 м (210у). Уровень подземных вод – от 425,0 м на востоке территории до 428,0 м на юго-западе. Согласно представленным разрезам, отмечается строгое соответствие положения уровня подземных вод нижней границе техногенных грунтов.

На рис. 10.1.3 представлена карта ложа шламонакопителя, построенная по результатам интерполяции фактических данных.

|              |               |      |       |       |      |  |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|--|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |  |
|              | Подл. и дата  |      |       |       |      |  |
|              |               |      |       |       |      |  |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата |  |
|              |               |      |       |       |      |  |
|              |               |      |       |       |      |  |



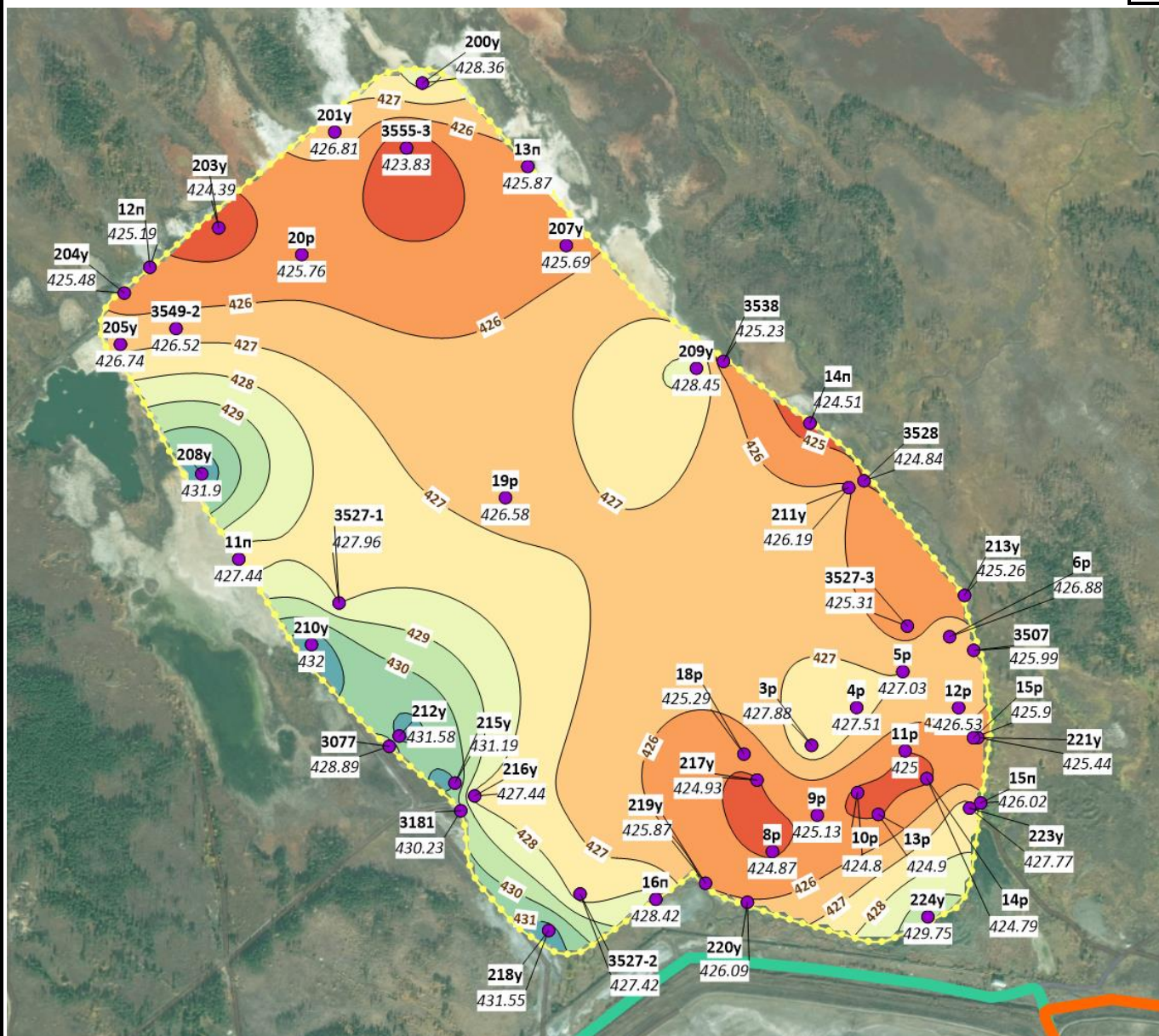


Рис. 10.1.3 Карта абсолютных отметок подошвы шлама. На карте отмечены скважины: в числителе – номер, в знаменателе – абс. отм. дна техногенных отложений шламохранилища.

Карта построена по данным колонок скважин (5/2020ЕИ-ИГИ1.6.1-1.6.5)

По результатам анализа карты можно отметить общий уклон ложа в восточном направлении, где минимальные отметки ложа достигают 424,5-425,0 м БС.

На основе данных карты уровней подземных вод и абсолютных отметок дна шламохранилища была построена карта подтопления техногенных грунтов. Карта разности фактических отметок уровня подземных вод и подошвы техногенных отложений (низ шлама) представлена на рис. 10.1.4.

|              |              |      |       |       |      |                 |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |                 |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |                 |
|              |              |      |       |       |      |                 |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |                 |
|              |              |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |              |      |       |       |      | Лист 173        |



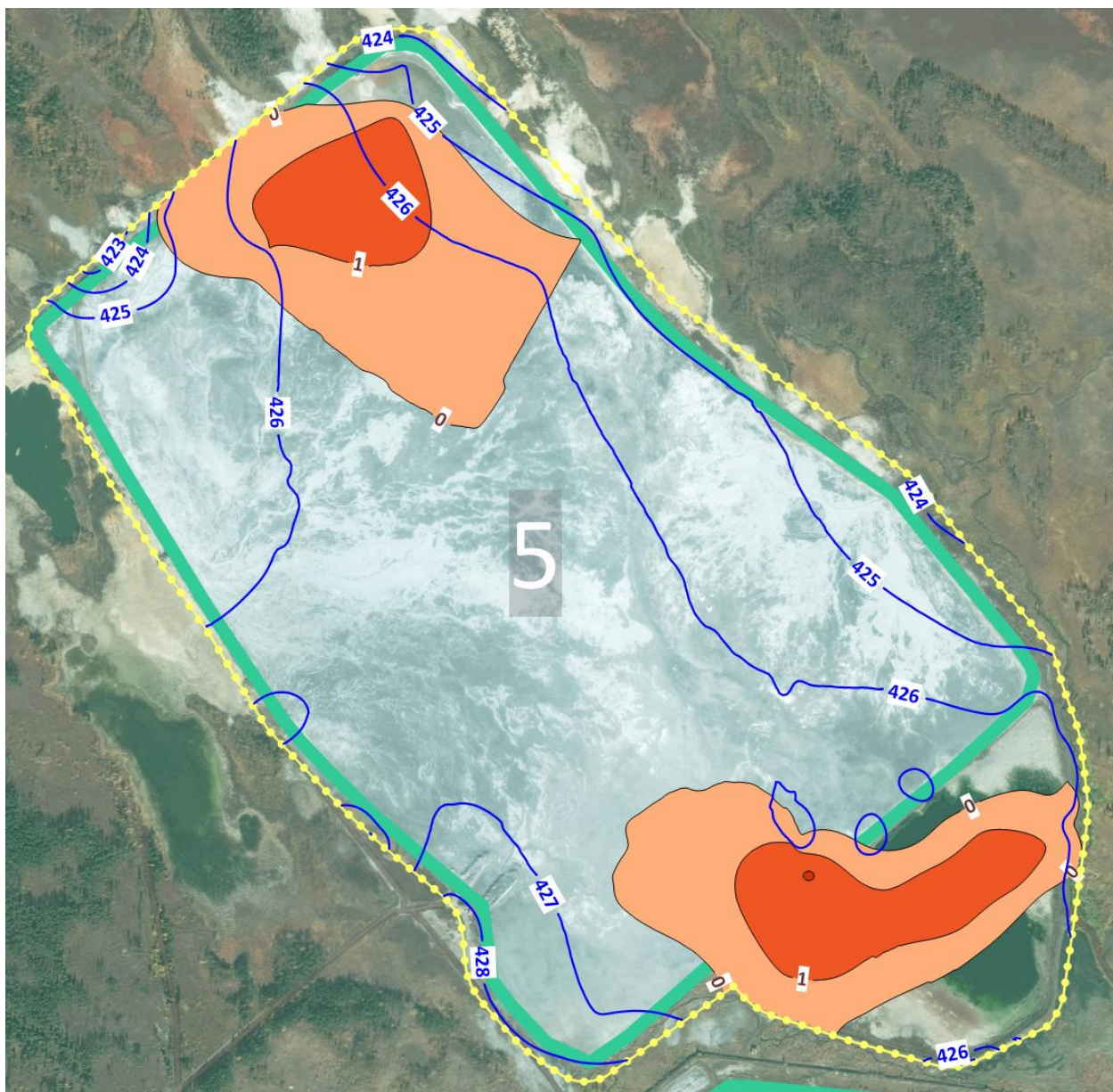


Рис. 10.1.4. Карта подтопления шламохранилища (выделены зоны водонасыщенной части шлама, а также величина подтопления)

В существующих условиях северная и юго-восточная часть шламохранилища остаются подтопленными подземными водами первого от поверхности водоносного горизонта. Подтопление локализуется в наиболее погруженных частях шламохранилища.

Выполним анализ результатов гидрогеохимического опробования выполненного на территории шламонакопителя.

На территории объекта были пробурены и опробованы восемь скважин: 3527-1, 3527-2, 3527-3, 3527-4, 3549-1, 3549-2, 3555-3, 3504-4.

На рис. 10.1.5 представлена карта с положением точек опробования и абсолютных отметок нижнего интервала отбора проб.

|                 |              |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | Лист |
|                 |              |      |       |       |      | 174  |

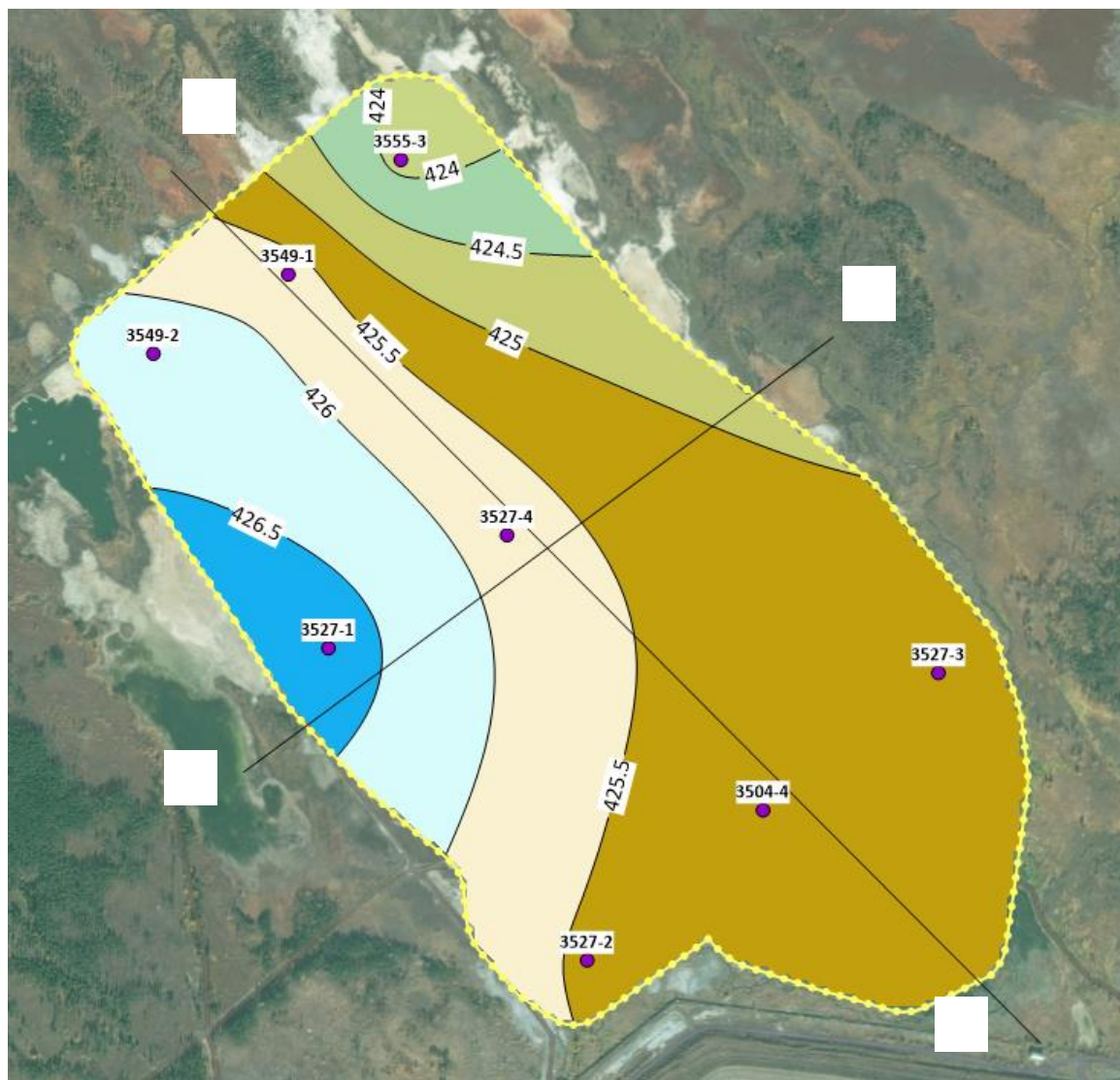


Рис. 10.1.5. Карта абсолютных отметок низа опробования

Определим положение абсолютных отметок низа опробования относительно дна шламохранилища. Согласно полученным данным, опробование производилось ниже дна шламохранилища, т.е. в песках, подстилающих техногенные отложения шламохранилища.

В отчете 5/2020ЕИ-ИЭИ1.1 Том 4.1.1 (стр. 241-242) представлены результаты исследований химического состава отходов шламонакопителя.

Взаимное положения нижнего интервала опробования относительно выделенной в ходе ИГИ границы шламонакопителя представлено на рисунках ниже.

|                 |               |      |       |       |      |
|-----------------|---------------|------|-------|-------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |
|                 | Подп. и дата  |      |       |       |      |
|                 |               |      |       |       |      |
| Изм.            | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата |
|                 |               |      |       |       |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |               |      |       |       | Лист |
|                 |               |      |       |       | 175  |

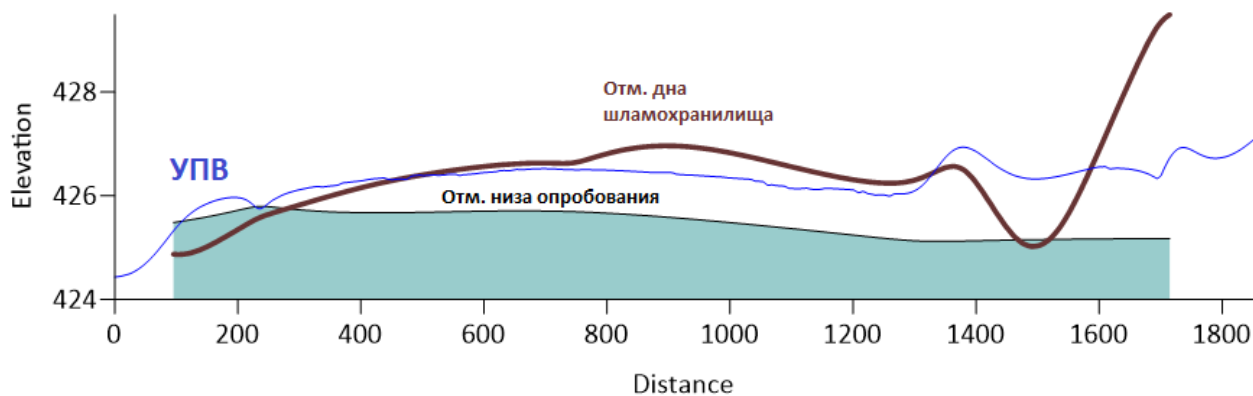


Рис.

10.1.6. Разрез 1-1

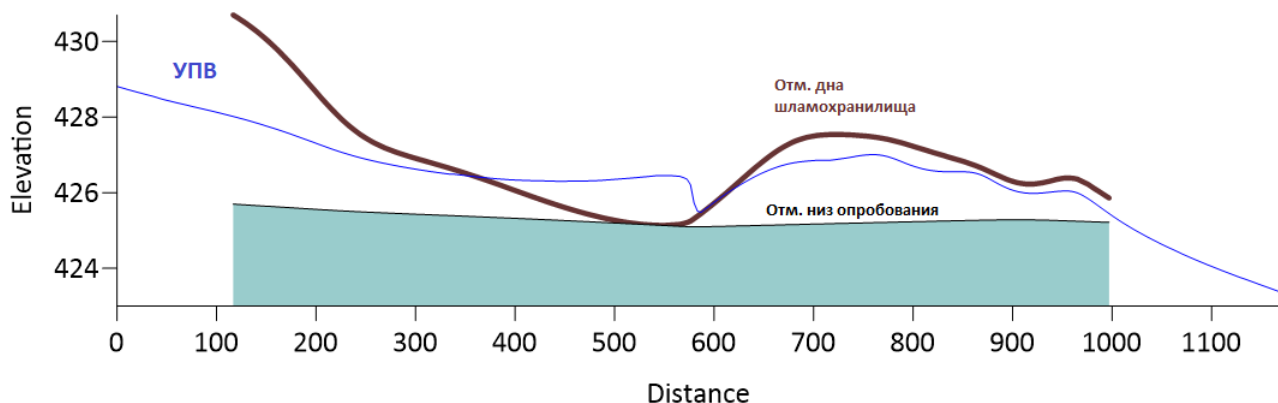


Рис. 10.1.7. Разрез 2-2

В таблице 10.1 представлены фактические данные, обобщающие положение опробуемых интервалов относительно низа шламонакопителя и уровня подземных вод.

Табл. 1. Фактические данные по точкам опробования

| № скв. | X       | Y        | А.о. устья скв, м | Абс. отм. дна шламохранилища, м | Уровень подземных вод | Абс. отм. низа отбора проб, м | Дно-низ проб | УПВ-низ проб |
|--------|---------|----------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| 3527-1 | 3289742 | 443000.2 | 431.76            | 427.96                          | 426.76                | 426.76                        | 1.2          | 0            |
| 3527-2 | 3290130 | 442530.5 | 430.42            | 427.42                          | 426.92                | 425.42                        | 2            | 1.5          |
| 3527-3 | 3290658 | 442961.5 | 430.31            | 425.31                          | 425.31                | 425.31                        | 0            | 0            |
| 3527-4 | 3290011 | 443169.6 | 430.78            | 426.68                          | 426.68                | 425.78                        | 0.9          | 0.9          |
| 3549-1 | 3289683 | 443562   | 430.76            | 425.76                          | 426.56                | 425.76                        | 0            | 0.8          |
| 3549-2 | 3289480 | 443443.3 | 431.22            | 426.52                          | 425.82                | 426.22                        | 0.3          | -0.4         |
| 3555-3 | 3289852 | 443733.8 | 428.83            | 423.83                          | 425.13                | 423.83                        | 0            | 1.3          |
| 3504-4 | 3290394 | 442755.5 | 430.09            | 425.2                           | 426.4                 | 425.09                        | 0.11         | 1.31         |

На рисунке 10.1.8 представлено заглубление точек геохимического опробования относительно дна шламонакопителя (т.е. заглубление нижнего опробуемого интервала относительно низа шлама).

|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|--------------|------|------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Взаим. Инв.№ |      |      |      |       |       |      | Лист            |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
| Подп. и дата |      |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
| Инв. № подл. | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | 176             |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |



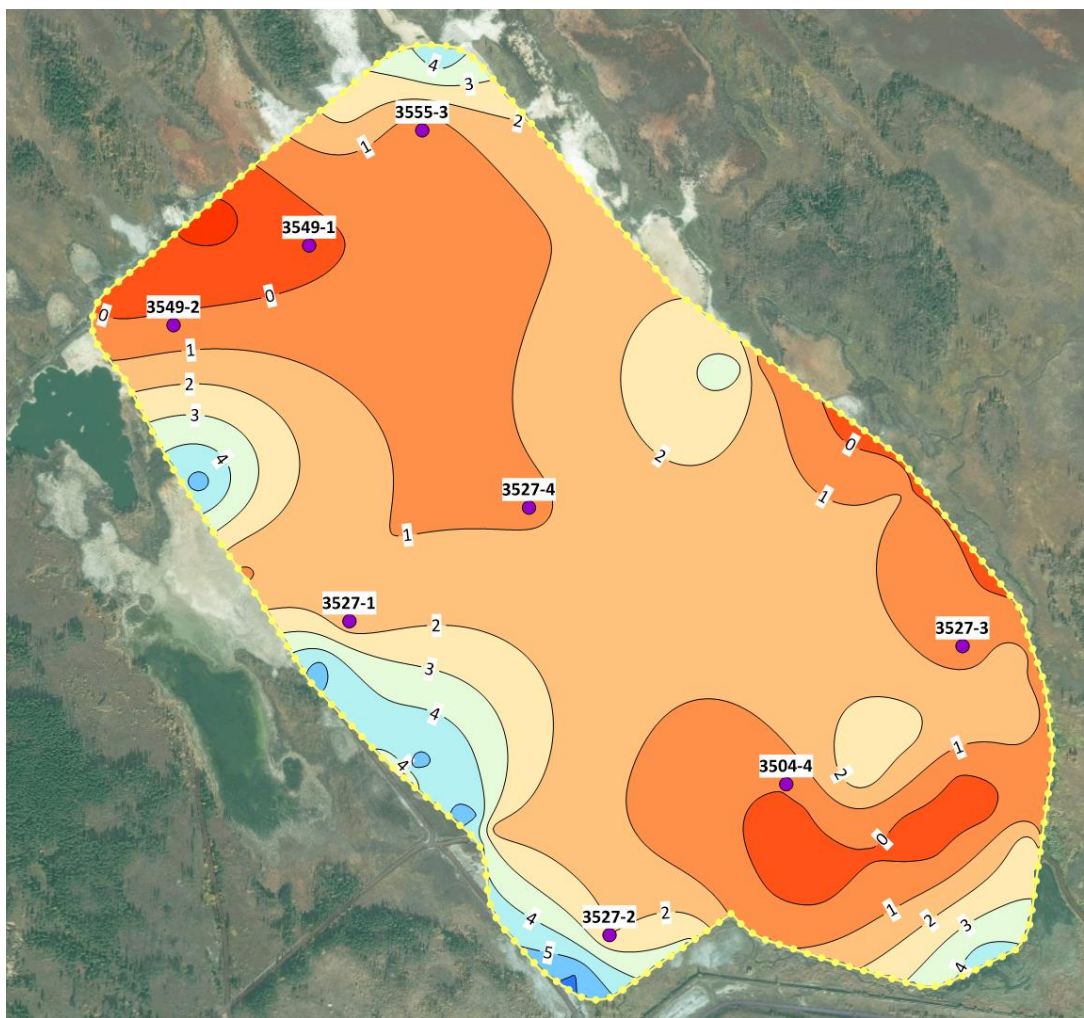


Рис. 10.1.8. Схема заглубления точек геохимического опробования относительно дна  
шламонакопителя

Положение точек опробования относительно уровня подземных вод представлено на рис. 10.1.9.

|              |              |      |       |       |      |                 |  |  |  |  |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|--|--|--|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взам. Инв.№     |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |  |  |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |                 |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      | Лист            |  |  |  |  |
|              |              |      |       |       |      | 177             |  |  |  |  |

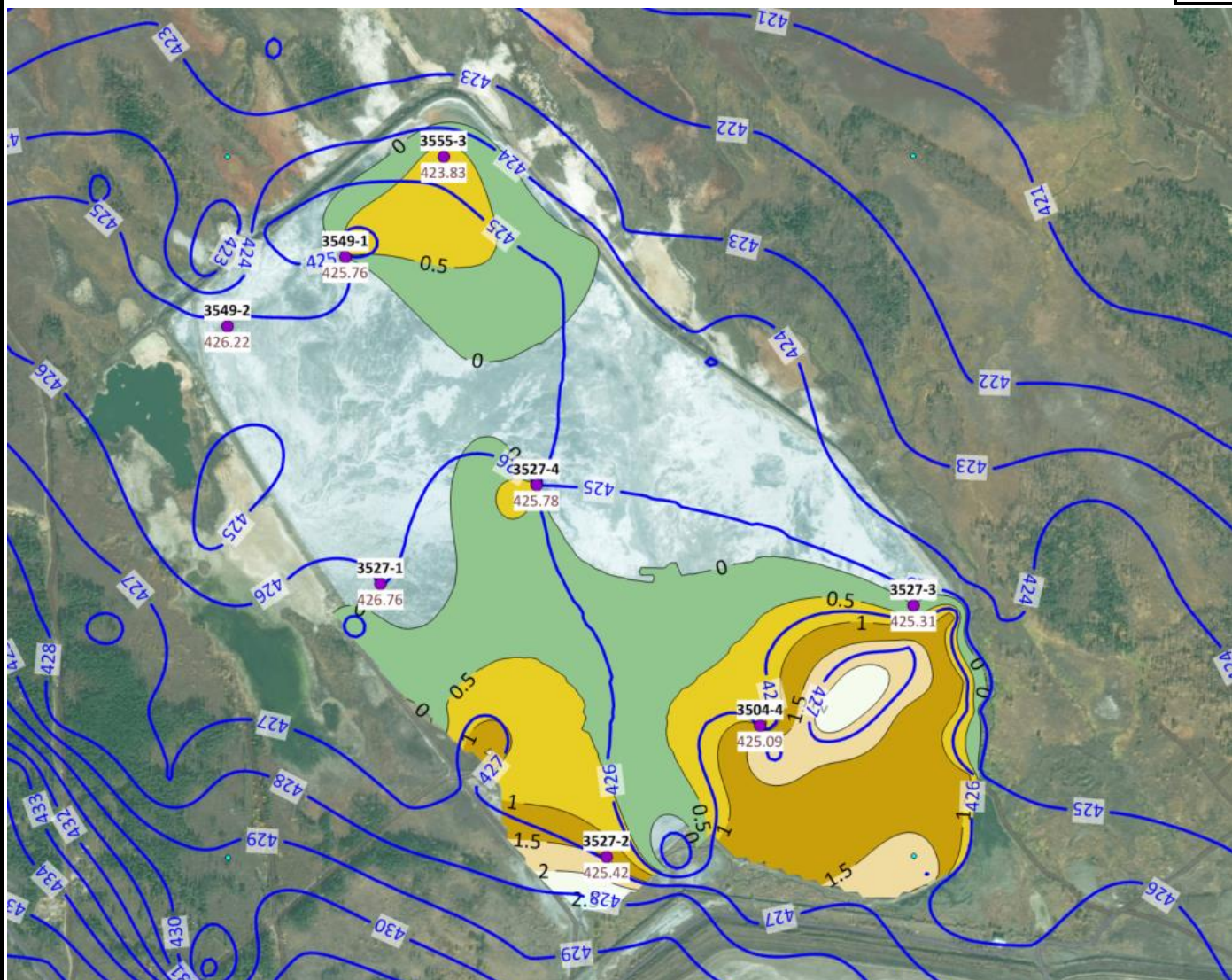


Рис. 10.1.9. Положение нижнего интервала точек опробования относительно уровня подземных вод (“+” точка опробования ниже УПВ), синие изолинии – УПВ, черные изолинии – заглубление точек опробования ниже УПВ, для скважин в числителе – номер скважины, в знаменателе – отметка низа опробования)

Согласно 10.1.8, опробуемые интервалы расположены ниже тела шламонакопителя, в четвертичном водоносном горизонте.

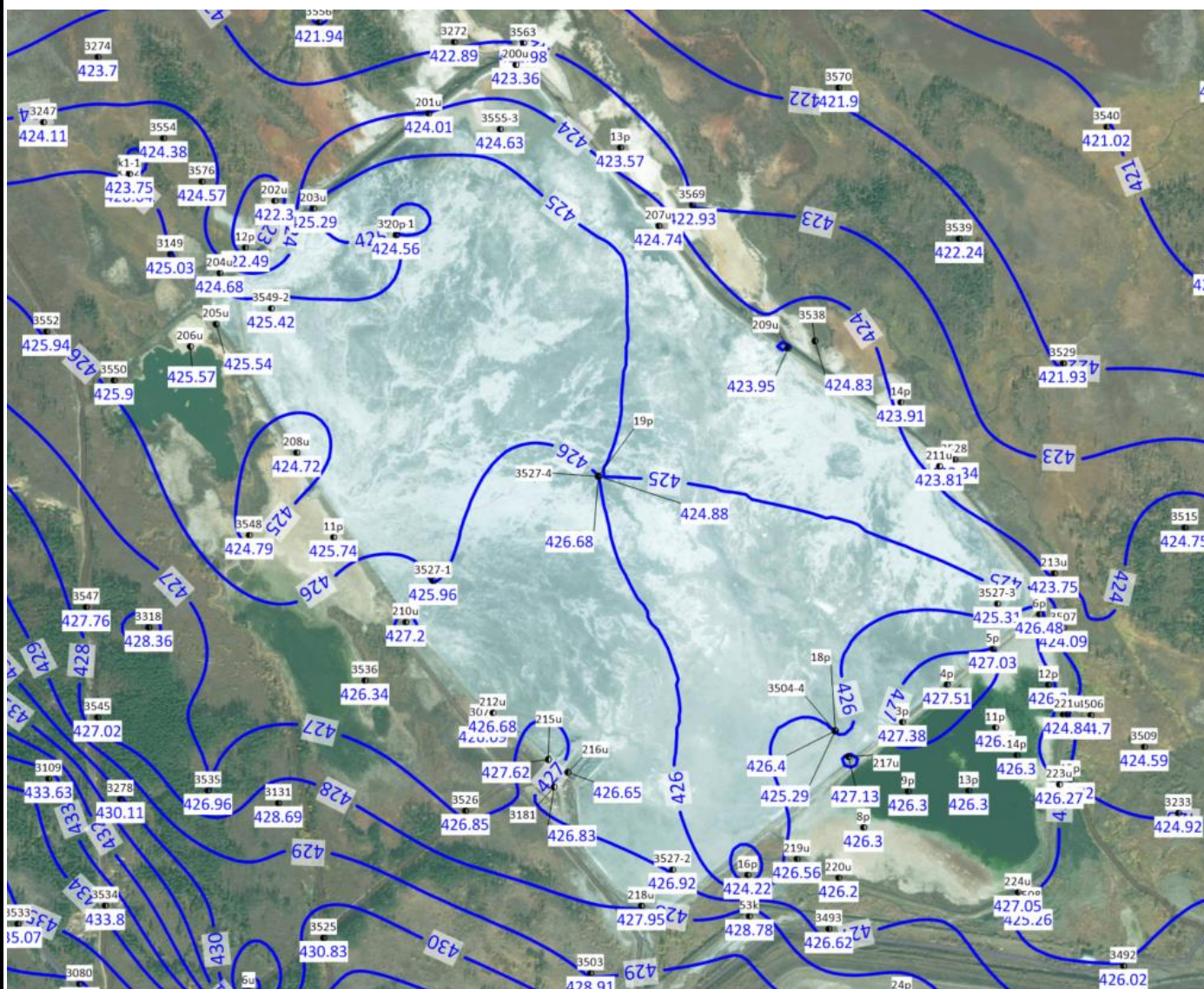
Анализ карт распределения основных ЗВ позволяет отметить значительное загрязнение грунтов, расположенных в основании шламонакопителя.

Данное обстоятельство позволяет заключить, что загрязнение грунтов распространено ниже выделенной в ходе изысканий границы шлама, т.е. за период существования шламонакопителя произошла диффузия техногенных отложений шлама и грунтов основания. Поэтому для наиболее неблагоприятного сценария следует принять наличие вторичного загрязнения подземных вод фильтрующихся под шламонакопителем в направлении зон естественной разгрузки. Для учета

|                 |              |      |      |       |       |      |
|-----------------|--------------|------|------|-------|-------|------|
| Взаим. Инв.№    | Подп. и дата |      |      |       |       |      |
|                 |              |      |      |       |       |      |
|                 |              |      |      |       |       |      |
| Инв. № подл.    |              |      |      |       |       |      |
|                 |              |      |      |       |       |      |
|                 | Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |      |       |       | Лист |
|                 |              |      |      |       |       | 178  |



|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|



*Рис. 10.1.13. Карта существующих гидроизогипс на площади шламонакопителя, построенная по результатам интерполяции фактических данных*

|              |              |               |       |       |      |                 |      |  |
|--------------|--------------|---------------|-------|-------|------|-----------------|------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |               |       |       |      |                 |      |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |  |
|              |              |               |       |       |      |                 | 179  |  |





## 10.2 Результаты прогноза изменения гидрогеологических условий в результате устройства мероприятий по рекультивации шламонакопителя

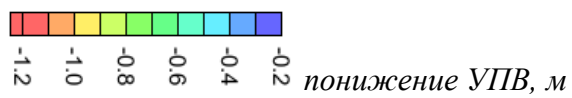
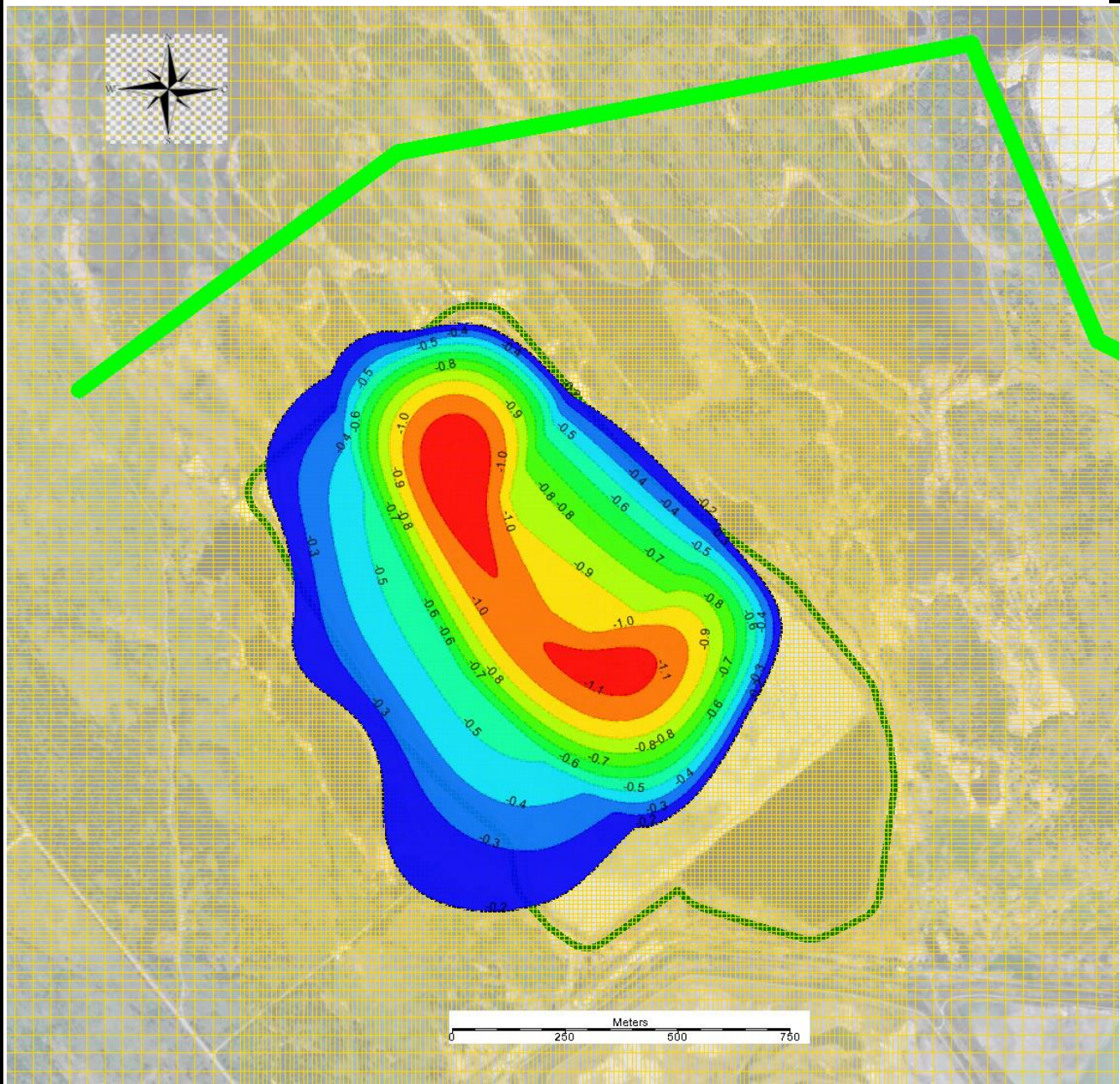
На геофильтрационной модели реализованы следующие мероприятия:

1. Устройство по поверхности шламонакопителя противофильтрационного экрана (сокращение инфильтрационного питания с 300 до 5-10 мм/год, исключение возможности эвапотранспирации с поверхности шламонакопителя);
2. Перераспределение поверхностного стока с территории шламонакопителя и его сбросом на восток (увеличение инфильтрационного питания на территории восточнее шламонакопителя);
3. Ликвидация водоёма, оказывающего дренажное влияние и расположенного в южной части шламонакопителя (учтено удалением водоёма расположенного на юге шламонакопителя).

В результате выполнения мероприятий изменение уровня будет иметь разнонаправленные тенденции, произойдёт как общее понижение уровней подземных вод, так и их подпор. Карта понижения уровней представлена на рис. 10.2.1.

|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|-----------------|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв. № |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |  |      |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  | Лист |
|              |              |              |       |       |      |                 |  |  |  | 181  |



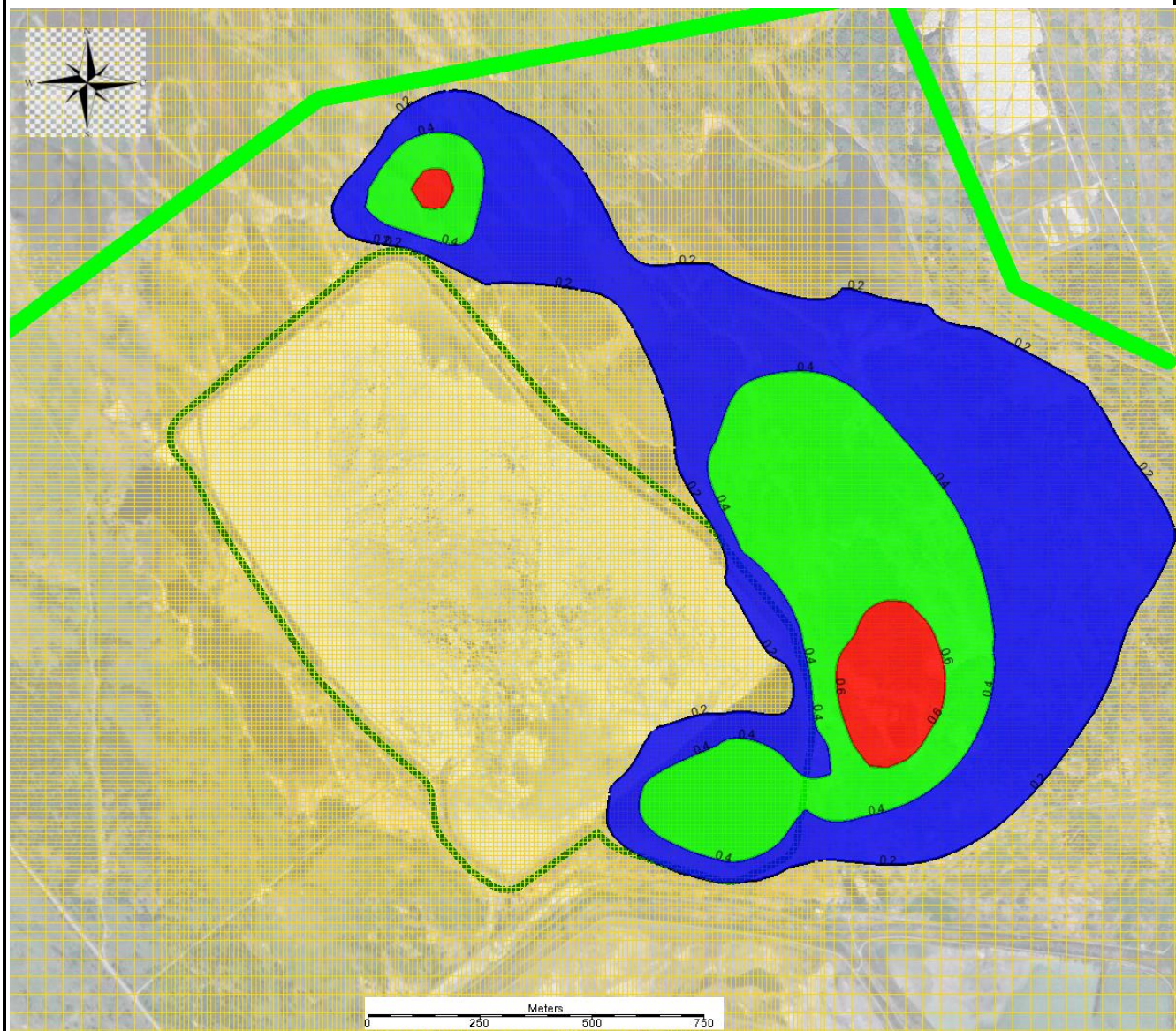


*Рис. 10.2.1 Карта понижения уровней подземных вод в результате устройства верхнего экрана по площади иламоаккумулятора и сброса поверхностного стока на восточную границу объекта*

|              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подл. и дата | Взам. Инв. № |
|              |              |              |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |





подпор УПВ, м

Рис. 10.2.2 Карта подпора уровней подземных вод в результате устройства верхнего экрана по площади шламонакопителя, сброса поверхностного стока на восточную границу объекта и ликвидации водоема в южной части

В результате устройства верхнего экрана произойдет изменение уровней. Максимальное понижение УПВ на площади шламонакопителя достигнет 1,2 м в северной и центральной части шламонакопителя (рис. 10.2.1), понижение в 0,5 м и более затронет более 60% площади объекта.

В южной и восточной частях шламонакопителя в результате ликвидации водоёма оказывающего здесь дренирующее влияние и устройства вертикальной планировки, произойдет подпор уровней подземных вод на величину до 0,8 м. При этом произойдет увеличение разгрузки дренажного стока на территории между шламонакопителем и отвалом ТЭЦ (южнее шламонакопителя), что приведет к подтоплению территории.

|              |      |      |       |       |      |  |
|--------------|------|------|-------|-------|------|--|
| Взаим. Инв.№ |      |      |       |       |      |  |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |  |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |  |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |
|              |      |      |       |       |      |  |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

183



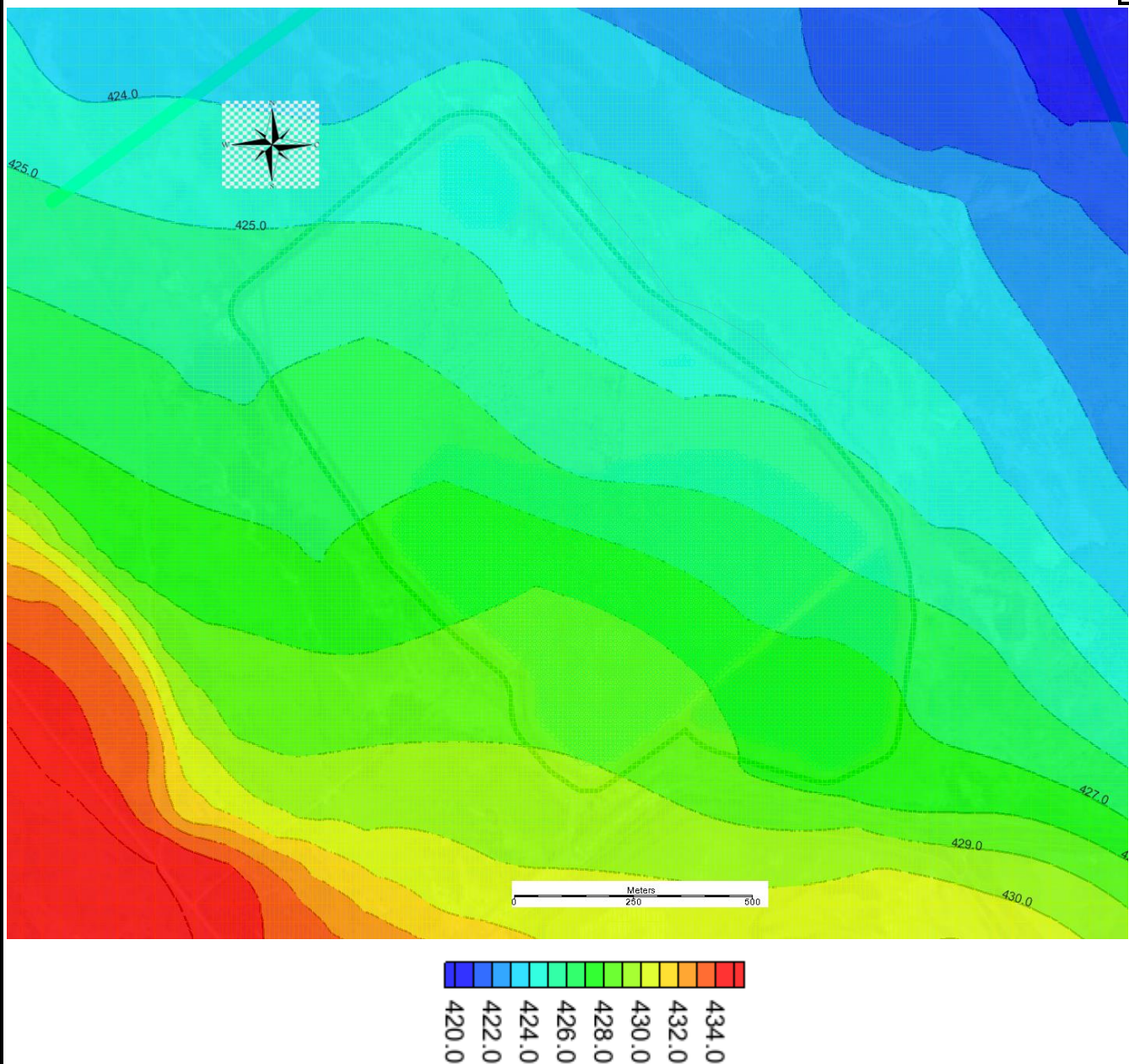


Рис. 10 .2.3 Карта прогнозных УПВ построенная по результатам моделирования для периода после устройства мероприятий (шаг изолиний 1 м)

По результатам моделирования прогнозных условий установлено, что после выполнения мероприятий по рекультивации наиболее неблагоприятные условия с точки зрения фильтрации через загрязненные грунты отмечаются в южной части шламонакопителя, где мощность обводненных загрязненных грунтов составляет до 0,5-1,5 м.

В северной части шламонакопителя, в результате понижения уровней в прогнозный период, мощность обводненной части загрязненных по результатам лабораторных определений грунтов сократится с 0,5 - 1,5 м до 0,2 - 0,5 м.

Схема распределения обводненной части загрязненных грунтов представлена на рис. 10.2.4.

|              |      |      |       |       |      |             |
|--------------|------|------|-------|-------|------|-------------|
| Взаим. Инв.№ |      |      |       |       |      |             |
|              |      |      |       |       |      |             |
|              |      |      |       |       |      |             |
| Подп. и дата |      |      |       |       |      |             |
|              |      |      |       |       |      |             |
|              |      |      |       |       |      |             |
| Инв. № подл. |      |      |       |       |      |             |
|              |      |      |       |       |      |             |
|              |      |      |       |       |      |             |
| Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист<br>184 |
|              |      |      |       |       |      |             |





, мощность водонасыщенной толщи, м

Далее рассмотрим результаты прогнозных расчётов конвективного переноса.

### 10.3 Результаты прогнозных расчётов миграции 3В

Для упрощения интерпретации результатов расчёта в качестве загрязнителя примем нейтральный компонент с условной концентраций фиксируемой на площади шламонакопителя равной 100 %. На территории “малого” шламонакопителя концентрация ЗВ задана равной 15 % от концентрации ЗВ на территории основного шламонакопителя. Данное соотношение подтверждается результатами лабораторных определений.

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |



|              |              |               |
|--------------|--------------|---------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |
|              |              |               |

|              |  |
|--------------|--|
| Подп. и дата |  |
|--------------|--|

Инв. № подл.



**5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ**

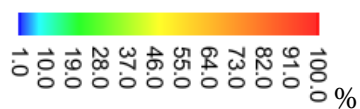
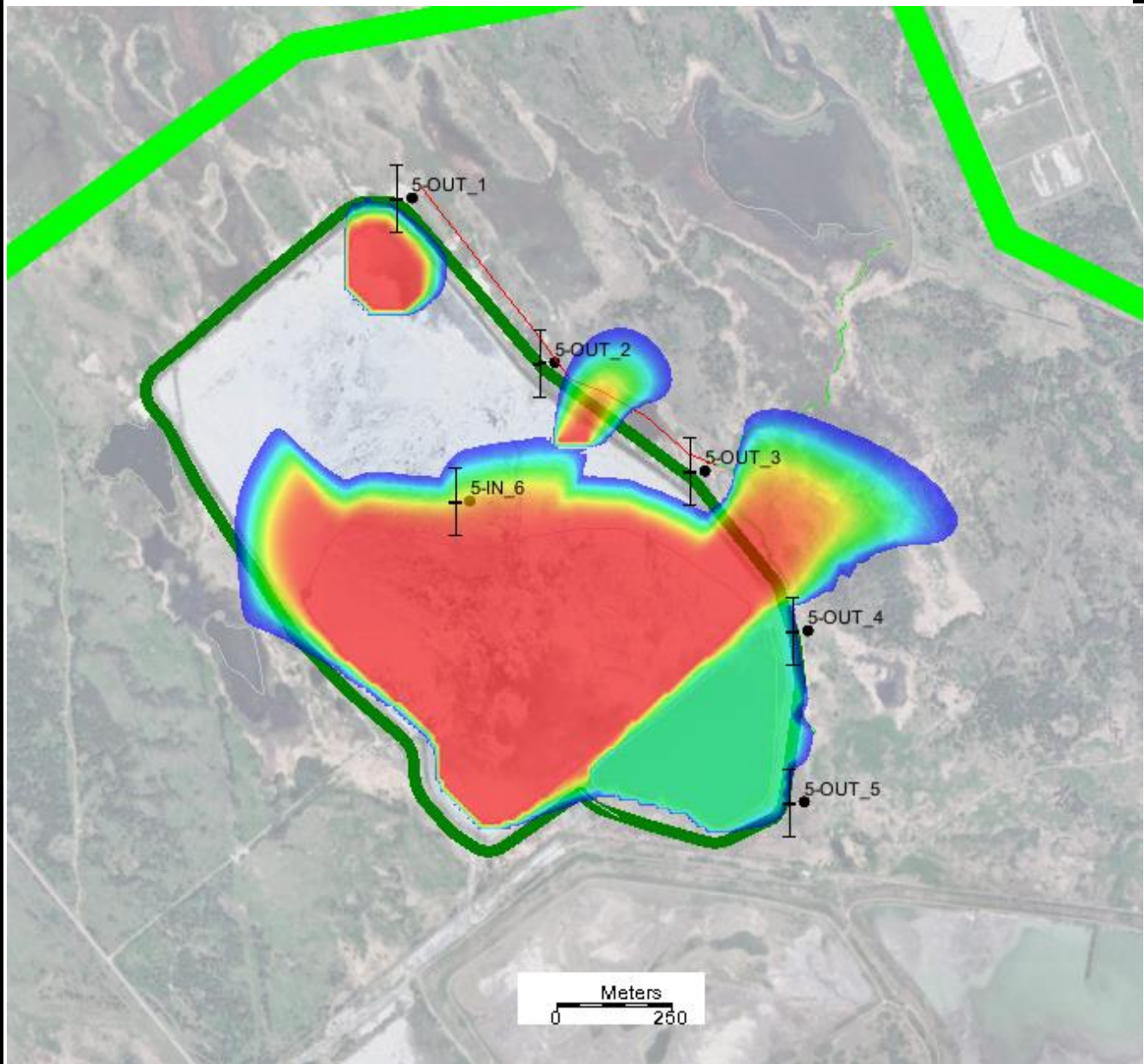


Рис. 10.3.2 Карта распределения нейтрального компонента ( $C=100=100\%$ ) образующегося в подземных водах в результате процессов десорбции при фильтрации подземных вод через загрязненные грунты в основании шламохранилища.  $T=1067$  сут после рекультивации

|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------|--|--------------|--|--------------|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Инв. № подл. |  | Подп. и дата |  | Взам. Инв. № |  | <i>подземных водах в результате процессов десорбции при фильтрации подземных вод через загрязненные грунты в основании шламохранилища. T=1067 сут после рекультивации</i> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|              |  |              |  |              |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



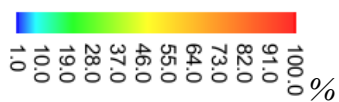
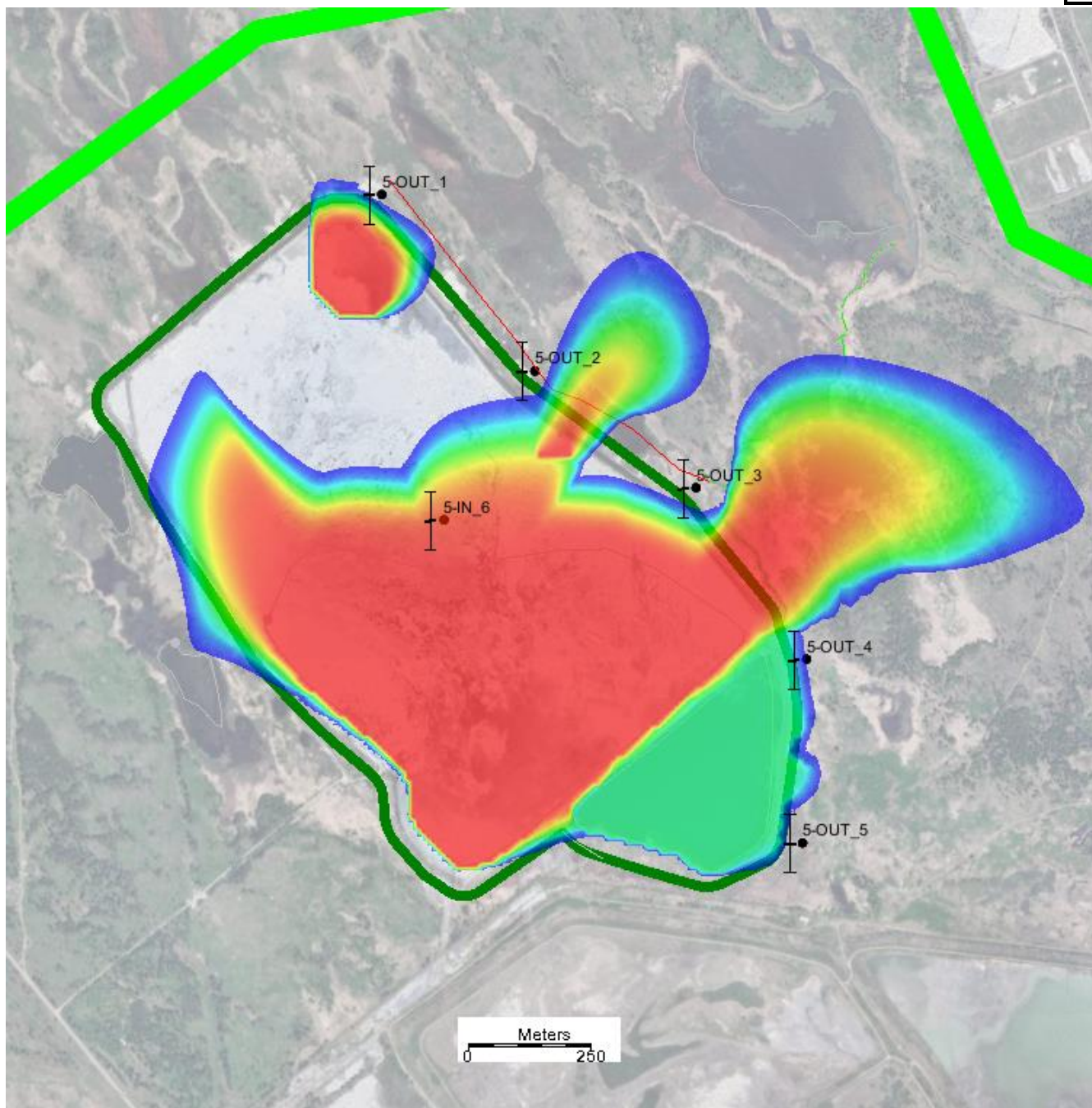


Рис. 10.3.3 Карта распределения нейтрального компонента ( $C=100=100\%$ ) образующегося в подземных водах в результате процессов десорбции при фильтрации подземных вод через загрязненные грунты в основании шламохранилища.  $T=1800$  сут после рекультивации

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ



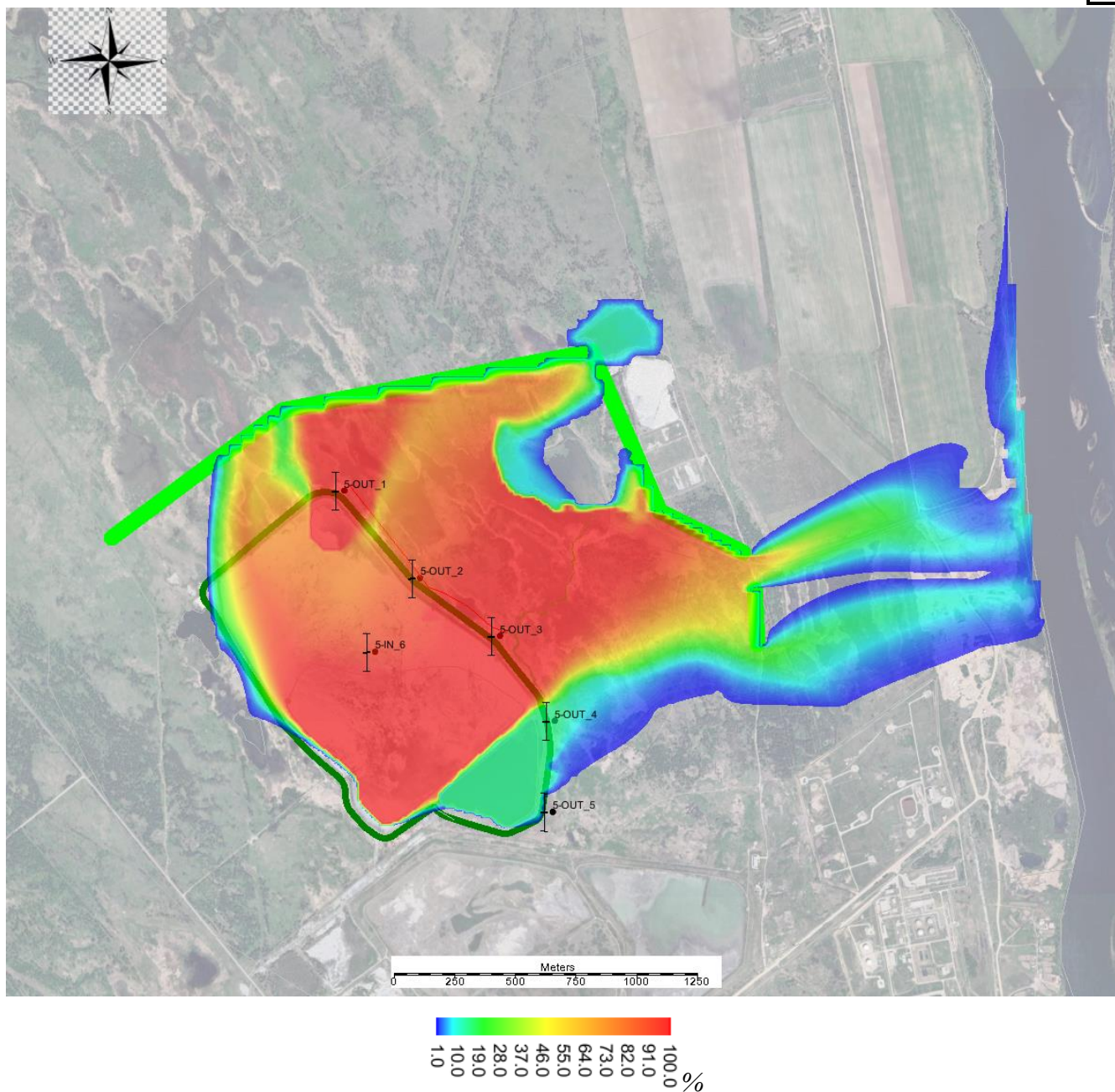


Рис. 10.3.4 Карта распределения нейтрального компонента ( $C=100=100\%$ ) образующегося в подземных водах в результате процессов десорбции при фильтрации подземных вод через загрязненные грунты в основании шламохранилища.  $T=18250$  сут после рекультивации

|   |      |              |       |       |      |                 |  |      |
|---|------|--------------|-------|-------|------|-----------------|--|------|
| загрязненные грунты в основании шламохранилища. t=18250 сут после рекультивации |      |              |       |       |      |                 |  |      |
| Взаим. Инв.№  |      | Подп. и дата |       |       |      |                 |  |      |
|   |      |              |       |       |      |                 |  |      |
| Инв. № подл.  |      |              |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
|   |      |              |       |       |      |                 |  | 189  |
| Изм.  | Кол. | Лист         | № док | Подп. | Дата |                 |  |      |

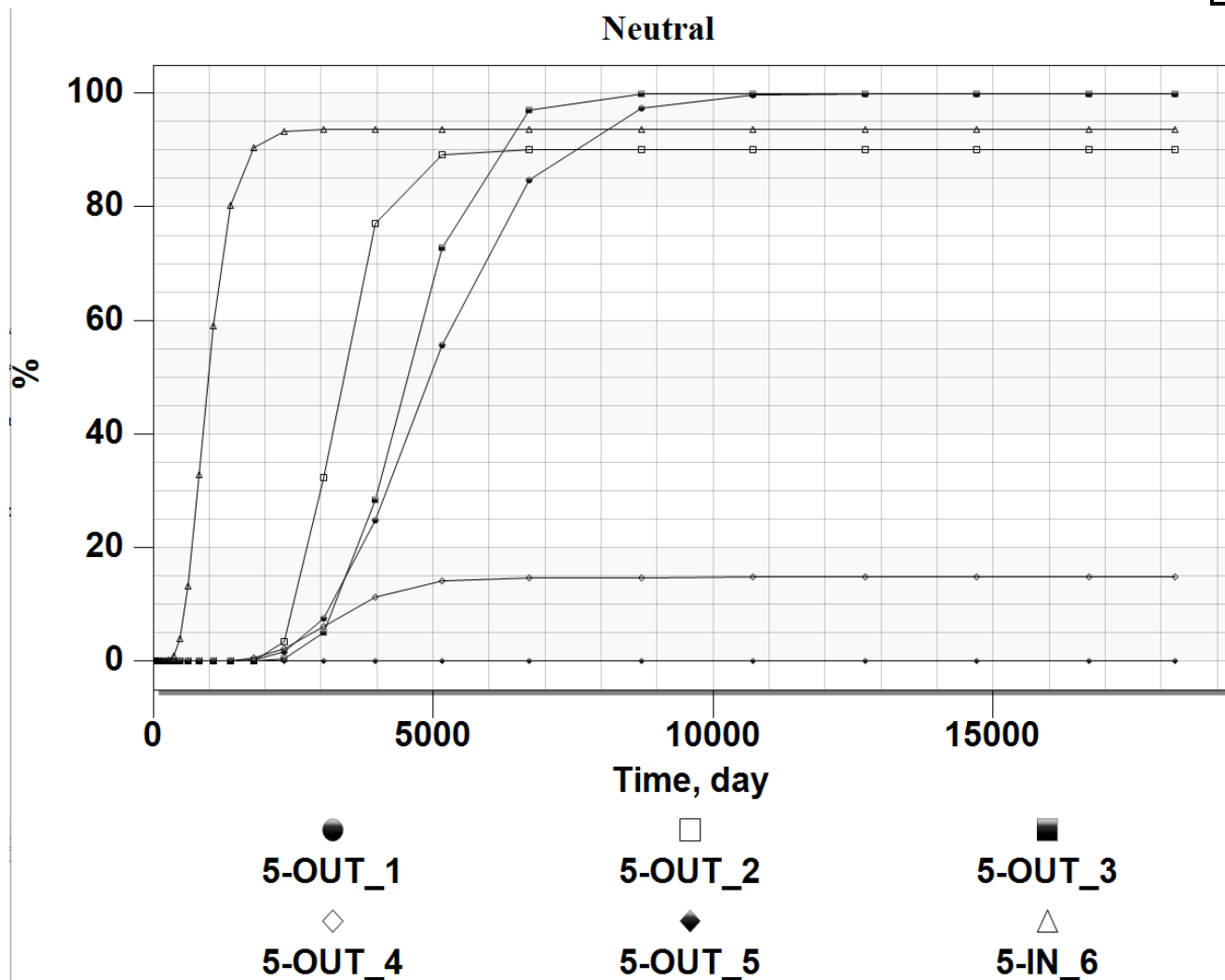


Рис. 10.3.5 Кривые выхода ЗВ по наблюдательным скважинам (положение скважин представлено на схемах выше)

На геофильтрационной модели также были выполнены прогнозные расчёты с П- и О-образной конфигурацией противофильтрационной несорбирующей завесы по периметру шламонакопителя. Противофильтрационная завеса задавалась в четвертичной толще и элювиальных отложениях, параметр проницаемости завесы принят равным  $k_0/m_0=0.005 \text{ сут}^{-1}$ . Сорбирующие свойства завесы не учитывались. По результатам прогнозных расчётов, влияние завесы с заданными параметрами на распространение ореола ЗВ не значительно. Противофильтрационная не сорбирующая завеса замедляет, но не предотвращает выход ЗВ (см. рис. 10.3.6).

|                 |      |      |       |       |      |
|-----------------|------|------|-------|-------|------|
| Взаим. Инв.№    |      |      |       |       |      |
| Подп. и дата    |      |      |       |       |      |
| Инв. № подл.    |      |      |       |       |      |
| Изм.            | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |
|                 |      |      |       |       |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      |      |       |       | Лист |
|                 |      |      |       |       | 190  |

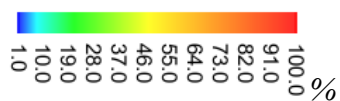
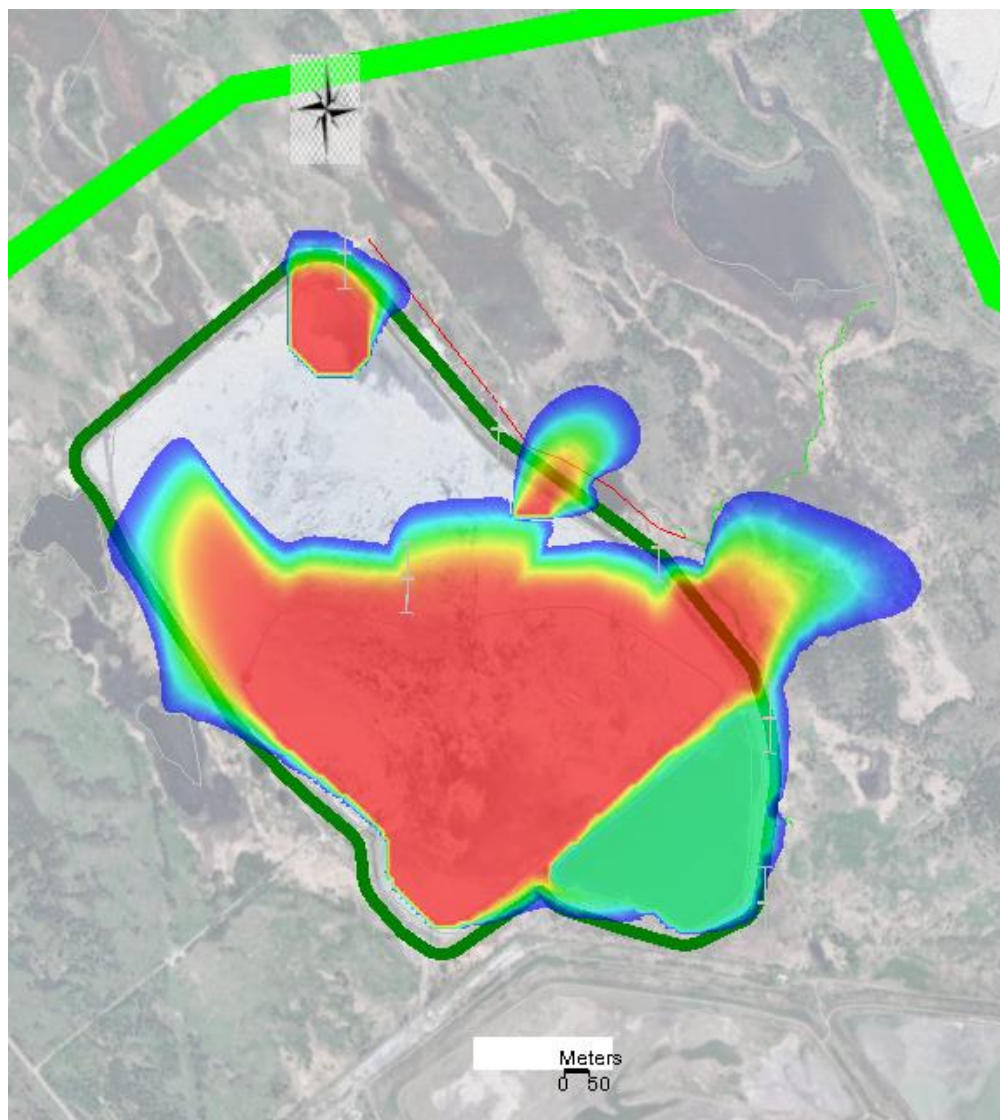


Рис. 10.3.6 Карта распределения нейтрального компонента ( $C=100=100\%$ ) образующегося в подземных водах в результате процессов десорбции при фильтрации подземных вод через загрязненные грунты в основании шламохранилища.  $T=1800$  сут после рекультивации. С учетом П-образной ПФЗ завесы.  $k_0/m_0=0.005 \text{ сут}^{-1}$ ,  $Kd=0 \text{ см}^3/\text{г}$

|              |      |              |       |               |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
|--------------|------|--------------|-------|---------------|------|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|
| Инв. № подл. |      | Подп. и дата |       | Взаим. Инв. № |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
|              |      |              |       |               |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
|              |      |              |       |               |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
|              |      |              |       |               |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
| Изм.         | Кол. | Лист         | № док | Подп.         | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Лист |
|              |      |              |       |               |      |                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 191  |



Основные выводы и рекомендации по ликвидации загрязнения и ограничению распространения ЗВ с территории шламонакопителя:

1. Устройство верхнего экрана является ключевым мероприятием, ограничивающим десорбцию ЗВ и сокращает загрязнение подземных вод.
2. Строительство П-образной не сорбирующей завесы не оказывает значимого влияния на ограничение движения ЗВ. Контаминант с потоком подземных вод проходит через тело завесы проницаемостью  $k_0/m_0=0.005 \text{ сут}^{-1}$  и далее движется в сторону ПМЗ-2.
3. Для предотвращения выхода ЗВ рекомендуется обеспечить полную непрерывность контура ПМЗ-2 предусмотренной восточнее шламонакопителя.

## 11 Первый этап. Прогноз изменения гидрогеологических и гидрогеохимических условий при устройстве мероприятий на территории промплощадки

В настоящей главе представлен прогноз изменения гидрогеологических и гидрогеохимических условий территории промплощадки после реализации мероприятий по ликвидации.

Расчёты выполнены на актуализированной геофильтрационной модели, качество которой подтверждается результатами калибровки уровней и сопоставления водно-балансовых характеристик. Результаты моделирования существующих условий представлены в главах 6 и 7.

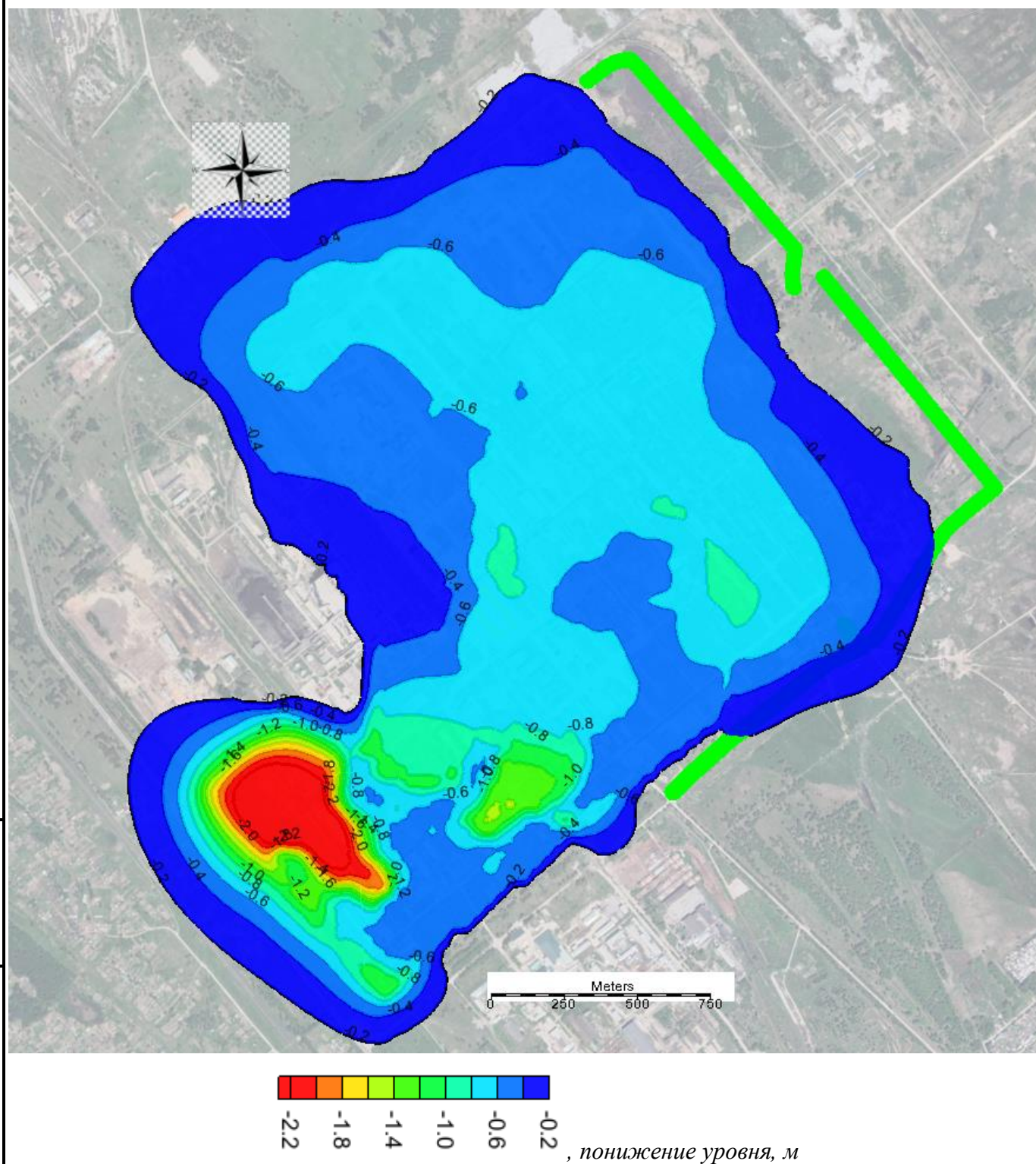
Территория промплощадки является одним из основных источников загрязнения подземных вод, а виды и площадное распространение основных загрязнителей на территории промплощадки имеют сложное сочетание. На основании карт распределения (см. главу 8) основных загрязняющих компонентов выделены очаги загрязнения, которые послужили основой для прогнозных расчётов с последующей оценкой эффективности мероприятий.

Основной механизм формирования загрязнения подземных вод на рассматриваемой территории определяется гидрогеологическими условиями и особенностями распределения ЗВ в грунтах промплощадки. По результатам лабораторных определений, грунты на территории промплощадки до глубины 10-12 м значительно загрязнены. Суммарный показатель загрязнения  $Z_c$  имеет многократное превышение (в десятки и сотни раз), а общая масса накопленных в грунтах загрязняющих веществ измеряется тоннами, что несоизмеримо больше массы ЗВ в подземных водах. Таким образом, учитывая интенсивность фильтрации, а также соотношение накопленного объема ЗВ в грунтах с концентрацией ЗВ в подземных водах, для негативного сценария можно предположить, что снижение концентрации ЗВ в подземных водах вблизи источников повторного загрязнения за расчётный срок 100 лет не произойдет.

|              |                 |   |      |       |       |      |      |
|--------------|-----------------|---|------|-------|-------|------|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата    | территории определяется гидрогеологическими условиями и особенностями распределения ЗВ в грунтах промплощадки. По результатам лабораторных определений, грунты на территории промплощадки до глубины 10-12 м значительно загрязнены. Суммарный показатель загрязнения Zс имеет многократное превышение (в десятки и сотни раз), а общая масса накопленных в грунтах загрязняющих веществ измеряется тоннами, что несоизмеримо больше массы ЗВ в подземных водах. Таким образом, учитывая интенсивность фильтрации, а также соотношение накопленного объема ЗВ в грунтах с концентрацией ЗВ в подземных водах, для негативного сценария можно предположить, что снижение концентрации ЗВ в подземных водах вблизи источников повторного загрязнения за расчётный срок 100 лет не произойдет. |      |       |       |      |      |
|              |                 |   |      |       |       |      |      |
|              |                 |   |      |       |       |      |      |
| Инв. № подл. |                 |   |      |       |       |      | Лист |
|              | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |   |      |       |       |      |      |
|              | Изм.            | Кол.  | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|              |                 |   |      |       |       |      | 192  |

Прогнозная задача миграции ЗВ решалась в абсолютных концентрациях, зафиксированных в период проведения изысканий.

Прежде всего на модели была решена гидрогеологическая задача, связанная с оценкой изменения гидрогеологических условий в результате сокращения инфильтрационного питания на территории промплощадки. По результатам расчётов получена карта изменения уровней подземных вод, представленная на рис. 11.1.



|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

*Рис.11.1. Карта понижения уровня подземных вод в результате устройства вертикальной планировки и сокращения инфильтрационного питания на территории промплощадки*

Как видно из карты на рис. 11.1, в результате сокращения питания максимальное понижение (до 2,5 м) ожидается на участках с низкими фильтрационными свойствами разреза, где инфильтрационное питание значительно влияет на формирование уровней подземных вод. Понижение на большей части территории составит, в среднем, 0,6 м.

Для прогнозных геомиграционных расчетов дополнительное загрязнение на геофильтрационной модели было учтено инфильтрационным питанием, поступающим с концентрацией соответствующей концентрации формирующейся в подземных водах в границах основных выявленных очагов (см. главу 8) распространения загрязняющих веществ.

Для перехвата загрязненного потока подземных вод, на участке его выхода с территории промплощадки на геофильтрационной модели задана сорбирующая завеса неограниченной емкости.

В условиях отсутствия выдержанного по площади водоупорного слоя и значительной мощности юрского водоносного комплекса, глубина завесы имеет определяющее значение на показатели эффективности. Исходя из технологических особенностей строительно-монтажных работ, глубина ПМЗ в расчётах принята равной до 24 м на участках размыва суглинков.

Для корректного учета глубины устройства ПМЗ в геофильтрационной модели выполнено дополнительное разделение второй пачки черемховской свиты юрского водоносного комплекса. При этом отметки дополнительного выделенного слоя по трассе завесы приняты равными отметкам рельефа пониженным до 24 м, что позволило с высокой детализацией учесть проектное положение ПМЗ.

Схема с положением основных зон загрязнения подземных вод инфильтрационным питанием, а также трасса противомиграционной завесы представлена на рис.11.2.

|              |              |             |       |       |      |                 |      |  |
|--------------|--------------|-------------|-------|-------|------|-----------------|------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв.№ |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |             |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |             |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |             |       |       |      |                 |      |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист        | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |  |
|              |              |             |       |       |      |                 | 194  |  |
|              |              |             |       |       |      |                 |      |  |





Рис.11.2. Схема с положением основных зон загрязнения подземных вод, а также трасса  
противомиграционной завесы  
Условные обозначения




Зона с источником загрязнения подземных вод



Контур ПМЗ

|              |              |      |       |       |      |                 |     |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|-----|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      | Лист            |     |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |                 |     |
|              |              |      |       |       |      |                 |     |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | 195 |
|              |              |      |       |       |      |                 |     |

|   |            |
|---|------------|
|  | Контур ПМЗ |
|---|------------|

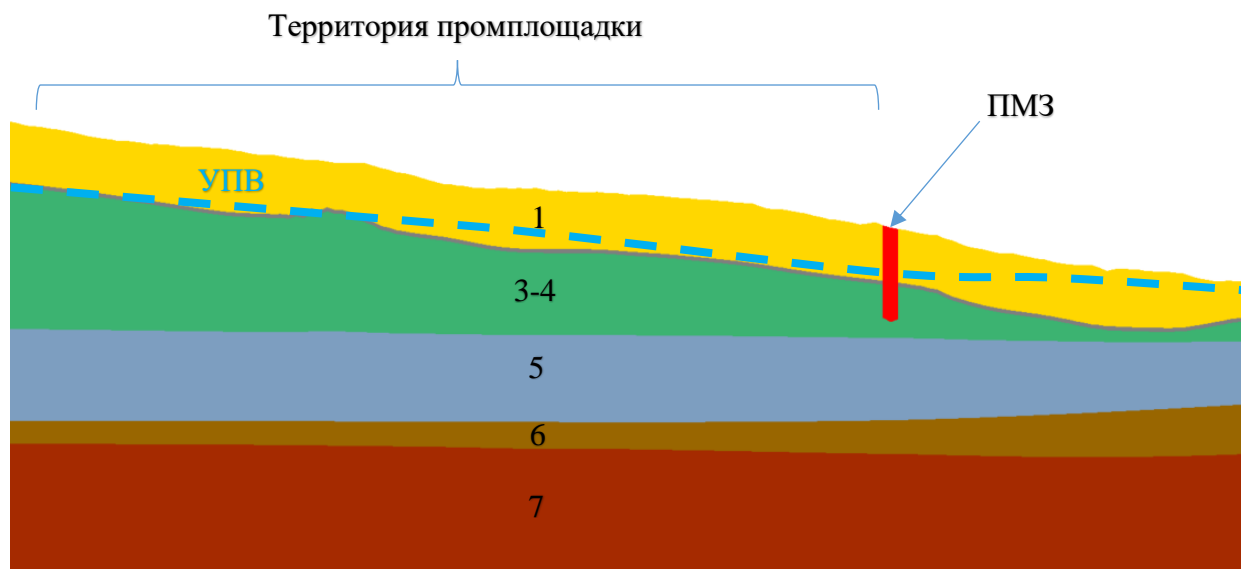
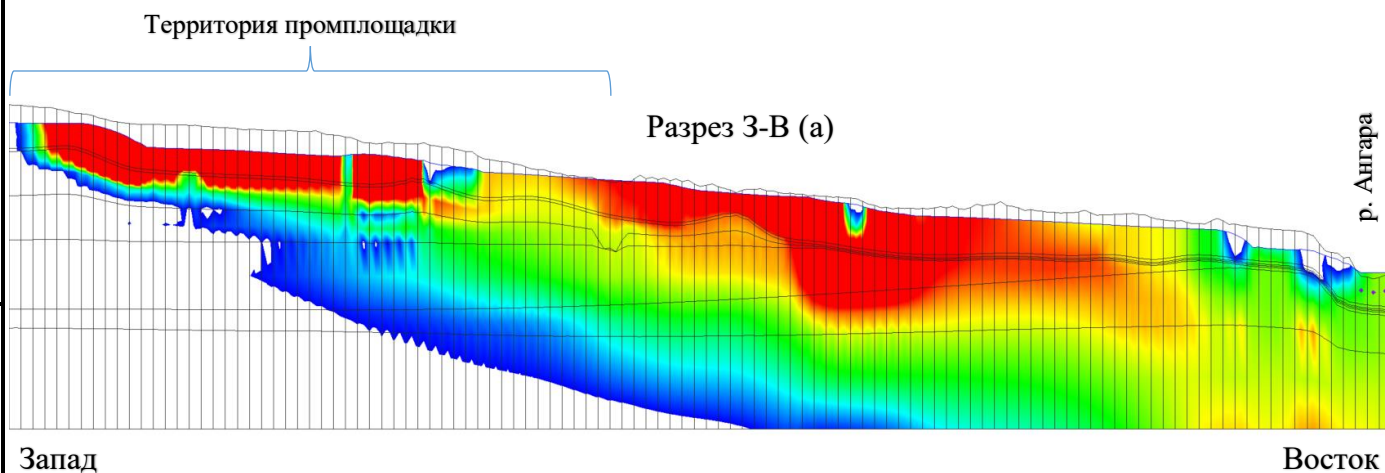
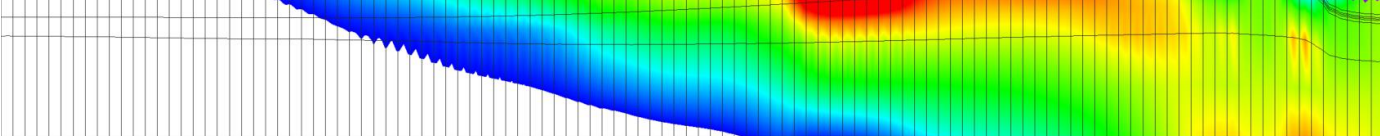


Рис.11.3. Схема с положением ПМЗ относительно расчетных слоёв геофильтрационной модели. 1 – четвертичная толща, 2 – элювиальные отложения  $e(Q+J)$ , 3-4 –  $J_1cr^2$ , 5 –  $J_1cr^1$ , 6-7 –  $Ст_{пан}$ .

Для оценки эффективности устройства ПМЗ выполним сравнительный расчёт миграции загрязнителя, формирующегося на территории промплощадки за период 100 лет ( $T=36500$  сут). Учитывая многообразие ЗВ на исследуемой территории и для упрощения анализа результатов расчётов, миграция для первого этапа рассчитана от нулевых условий не включающих накопленный объем загрязняющих веществ. Результаты расчётов представлены на схемах ниже.



|              |              |               |  |       |      |                 |  |  |      |     |
|--------------|--------------|---------------|--|-------|------|-----------------|--|--|------|-----|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |  |       |      |                 |  |  | Лист |     |
|              |              |               | <div>Запад<span style="float: right;">Восток</span></div>                            |       |      |                 |  |  |      |     |
|              |              |               |  |       |      |                 |  |  |      |     |
|              |              |               |  |       |      |                 |  |  |      |     |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док  | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |      | 196 |
|              |              |               |  |       |      |                 |  |  |      |     |





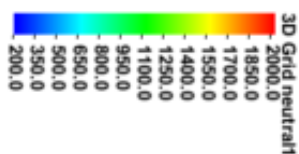
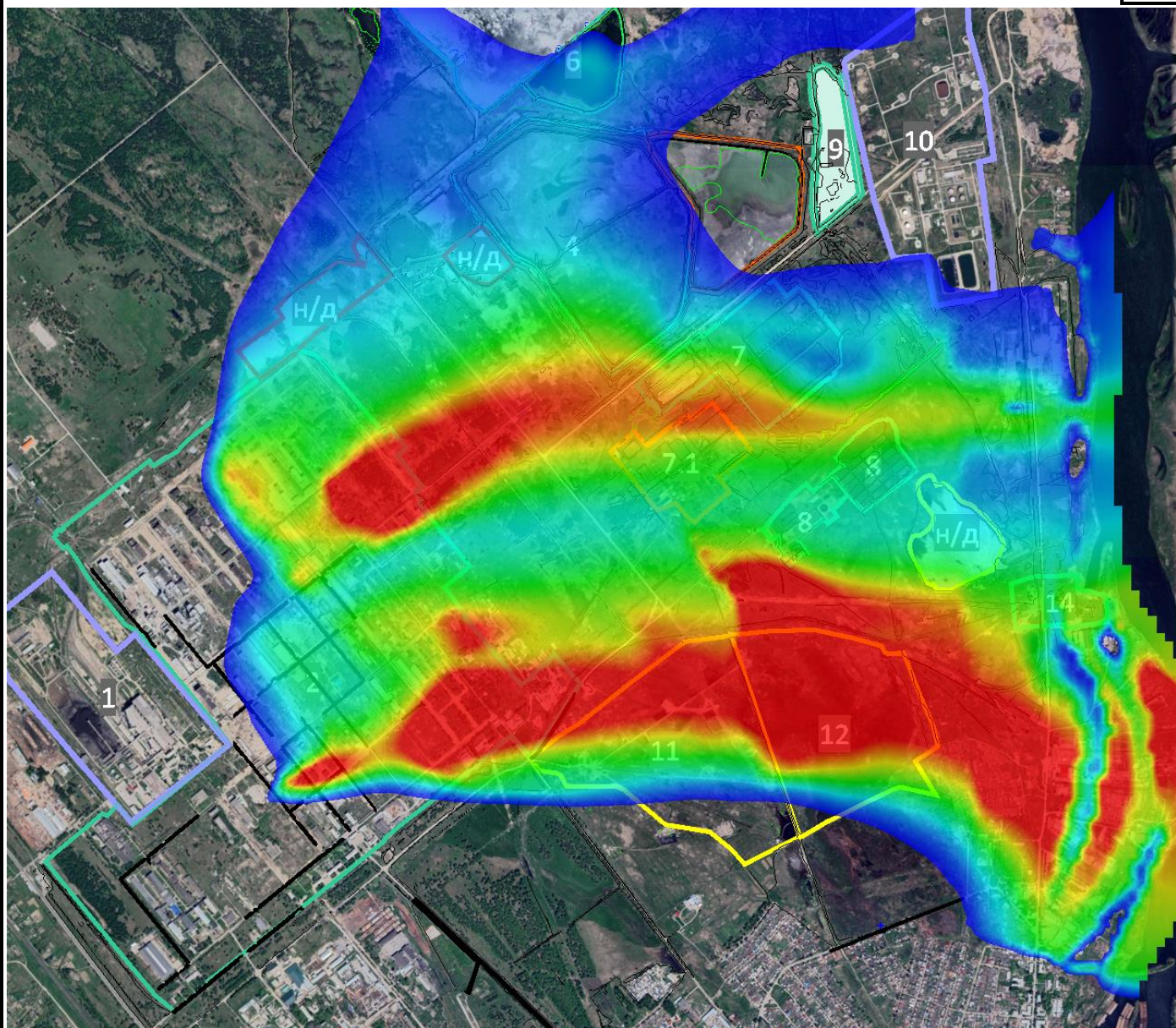


Рис.11.5. Схема распространения загрязнителя с территории промплощадки до устройства ПМЗ. Расчётный слой 3 (нижнеюрский терригенный комплекс черемховской свиты).  $C=2000$  мг/л соответствует 20% то начальной концентрации загрязнителя

|              |              |              |   |       |      |  |  |  |
|--------------|--------------|--------------|---|-------|------|--|--|--|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. | <div> <div>5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ</div> <div> <div>Лист</div> <div>198</div> </div> </div> |       |      |  |  |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док   | Подп. | Дата |  |  |  |



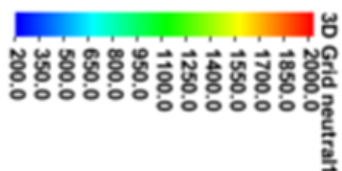
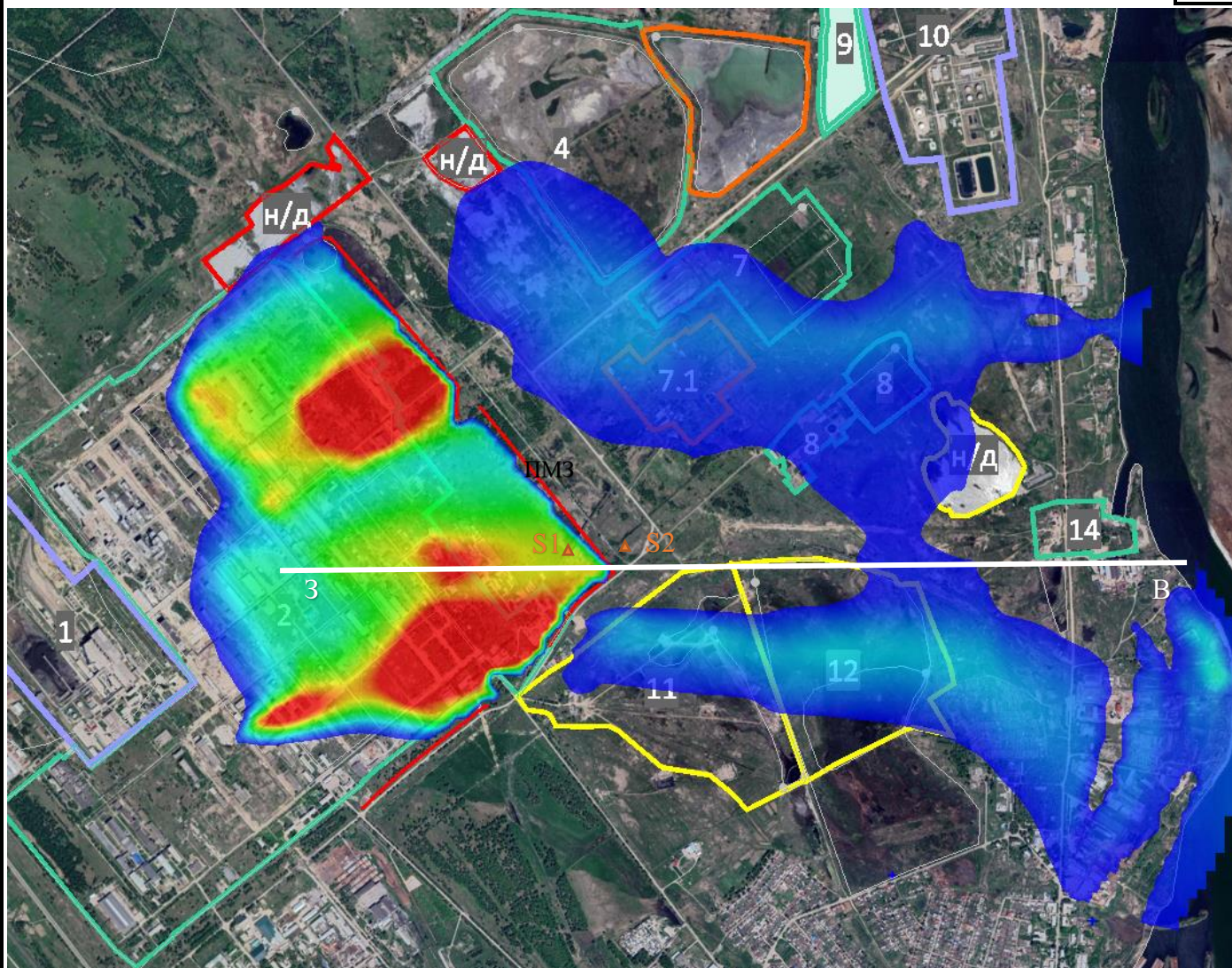



Рис.11.6. Схема распространения загрязнителя, формирующегося на территории промплощадки после устройства ПМЗ первого этапа. Расчётный слой 3 (верхняя часть нижнеюрского терригенного комплекса черемховской свиты).

Условные обозначения



- Контур ПМЗ

|              |      |  |       |       |      |  |                 |      |
|--------------|------|--|-------|-------|------|--|-----------------|------|
| Взаим. Инв.№ |      | <div></div> <div>- Контур ПМЗ</div> <div>Условные обозначения</div> |       |       |      |  |                 |      |
| Подп. и дата |      |  |       |       |      |  |                 |      |
| Инв. № подл. |      |  |       |       |      |  |                 |      |
|              |      |  |       |       |      |  | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
| Изм.         | Кол. | Лист   | № док | Подп. | Дата |  |                 | 199  |







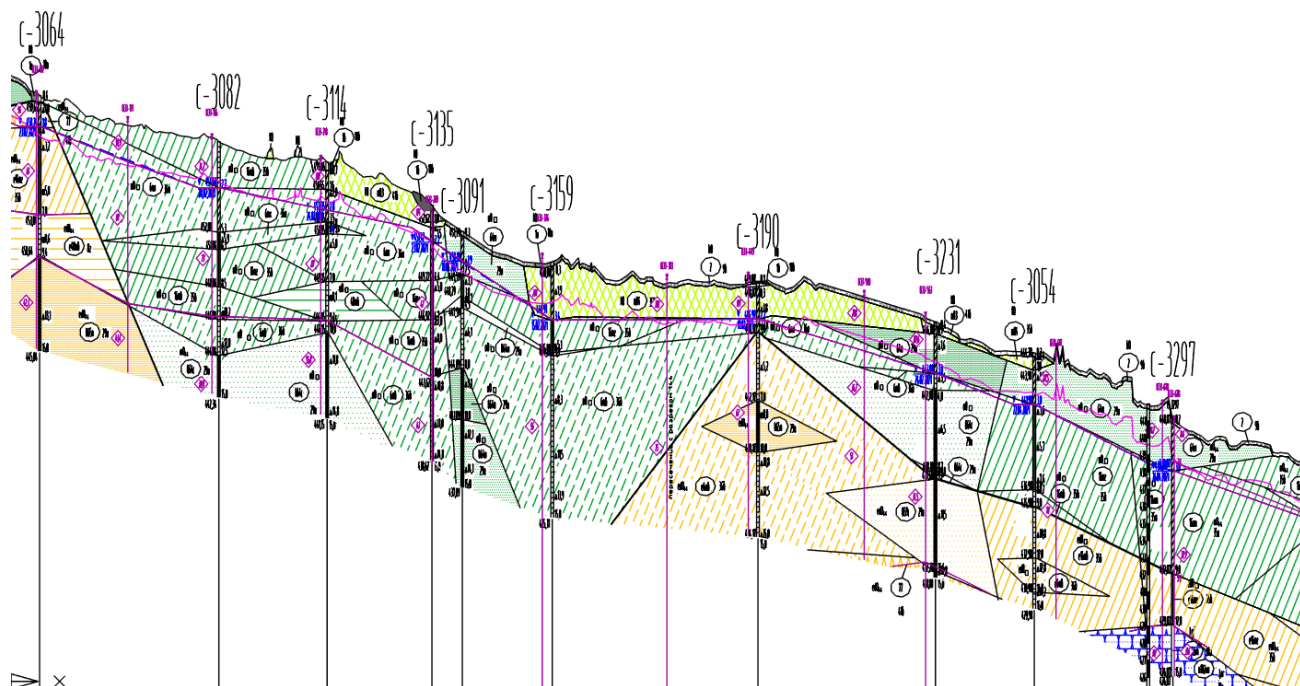


Рис. 11.10 Геологический разрез, взятый за основу при выполнении профильной модели (первая часть)

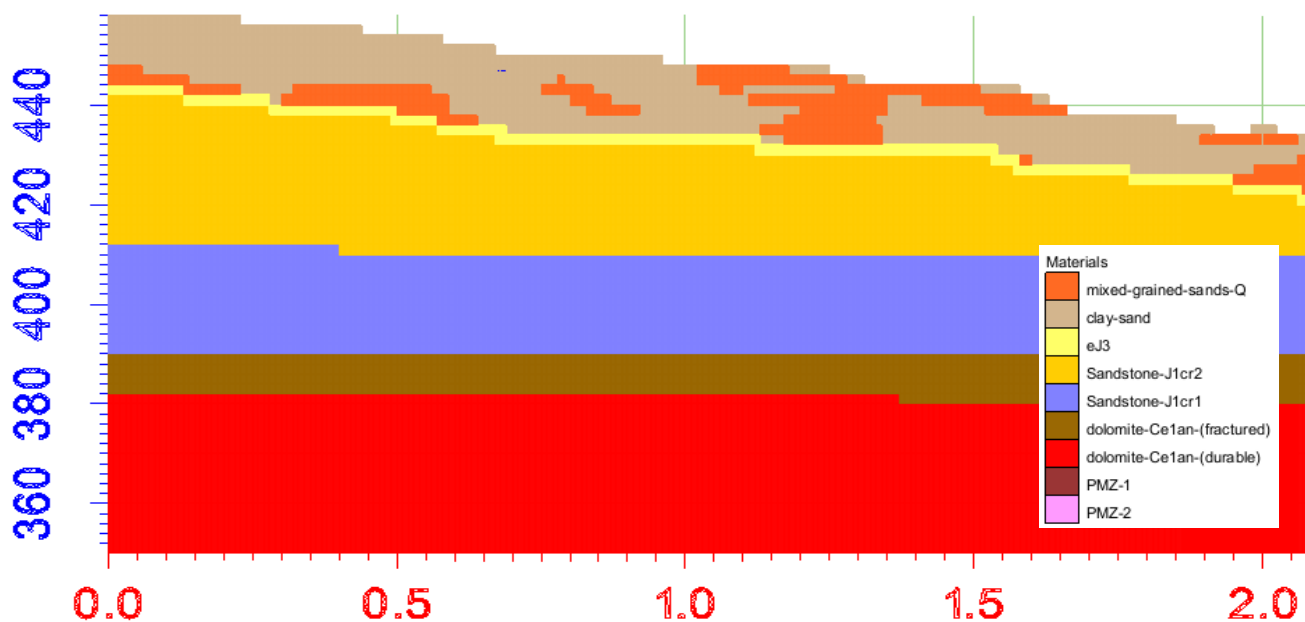


Рис. 11.11 Схематический разрез профильной модели (первая часть)

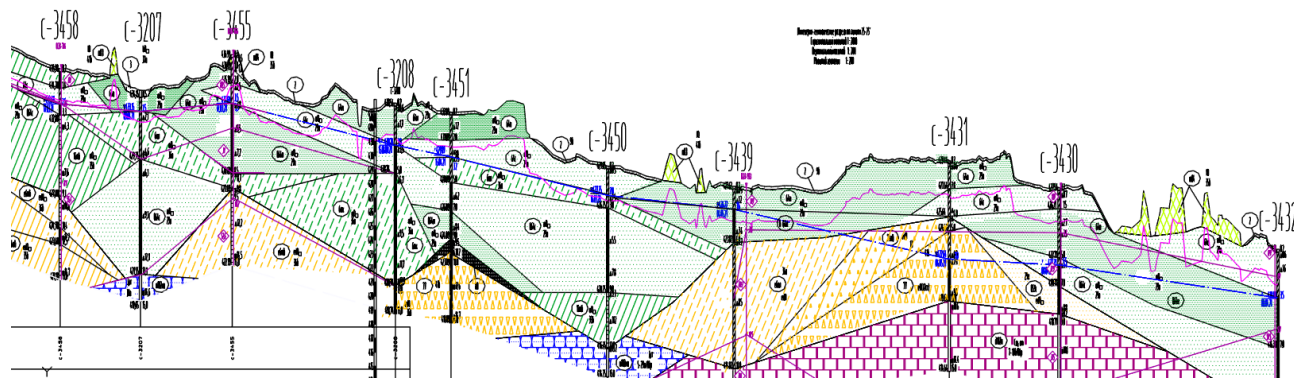
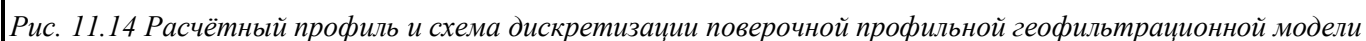
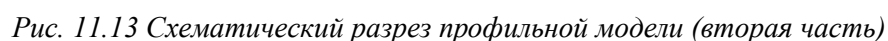


Рис. 11.12 Геологический разрез, взятый за основу при выполнении профильной модели (вторая часть)

|              |              |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|              |              |      |       |       |      |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|              |              |      |       |       |      | Лист |
|              |              |      |       |       |      | 202  |

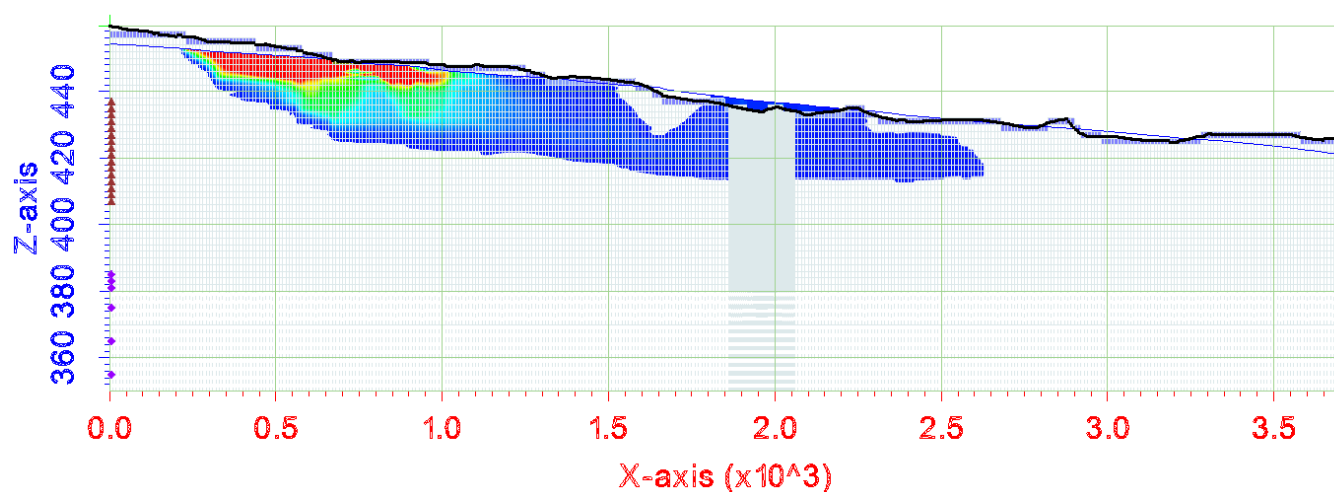




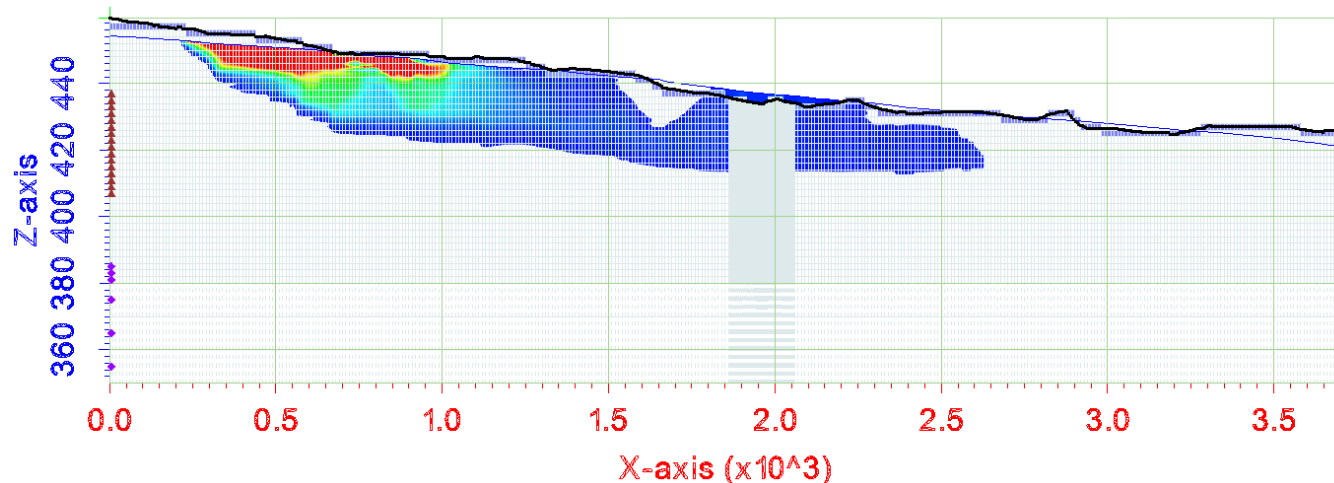
Граничные условия – западная и восточная граница ГУ1, поверхность – ГУ2 (инфильтрационное питание), эвапотранспирация (ГУ3), нижняя граница профиля ГУ2 ( $Q=0$ ).



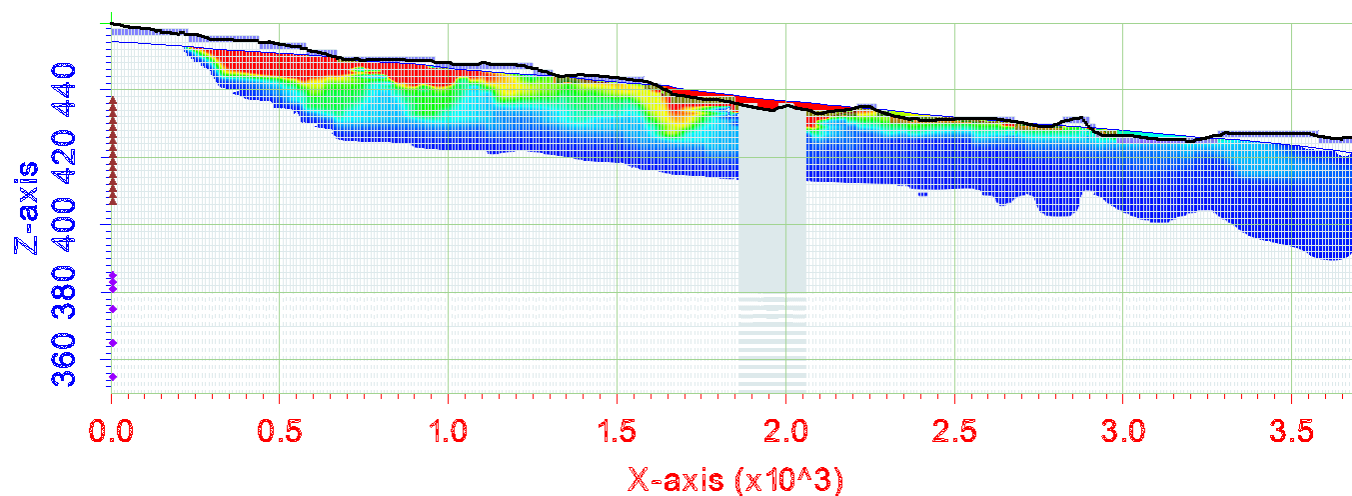
На расчётном профиле воспроизводился конвективный перенос ртутного загрязнения от территории, прилегающей к цеху ртутного электролиза. Загрязнение задано через инфильтрационное питание с концентрацией  $C=60-80$  мкг/л. Результаты расчетов распространения шлейфа ЗВ представлены ниже. На восточном контуре модели задано граничное условие  $C=\text{const}=0$  мкг/л.



T=10 лет



T=20 лет



T=30 лет

|              |              |  |              |  |
|--------------|--------------|--|--------------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |  | Взаим. Инв.№ |  |
|              |              |  |              |  |
|              |              |  |              |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

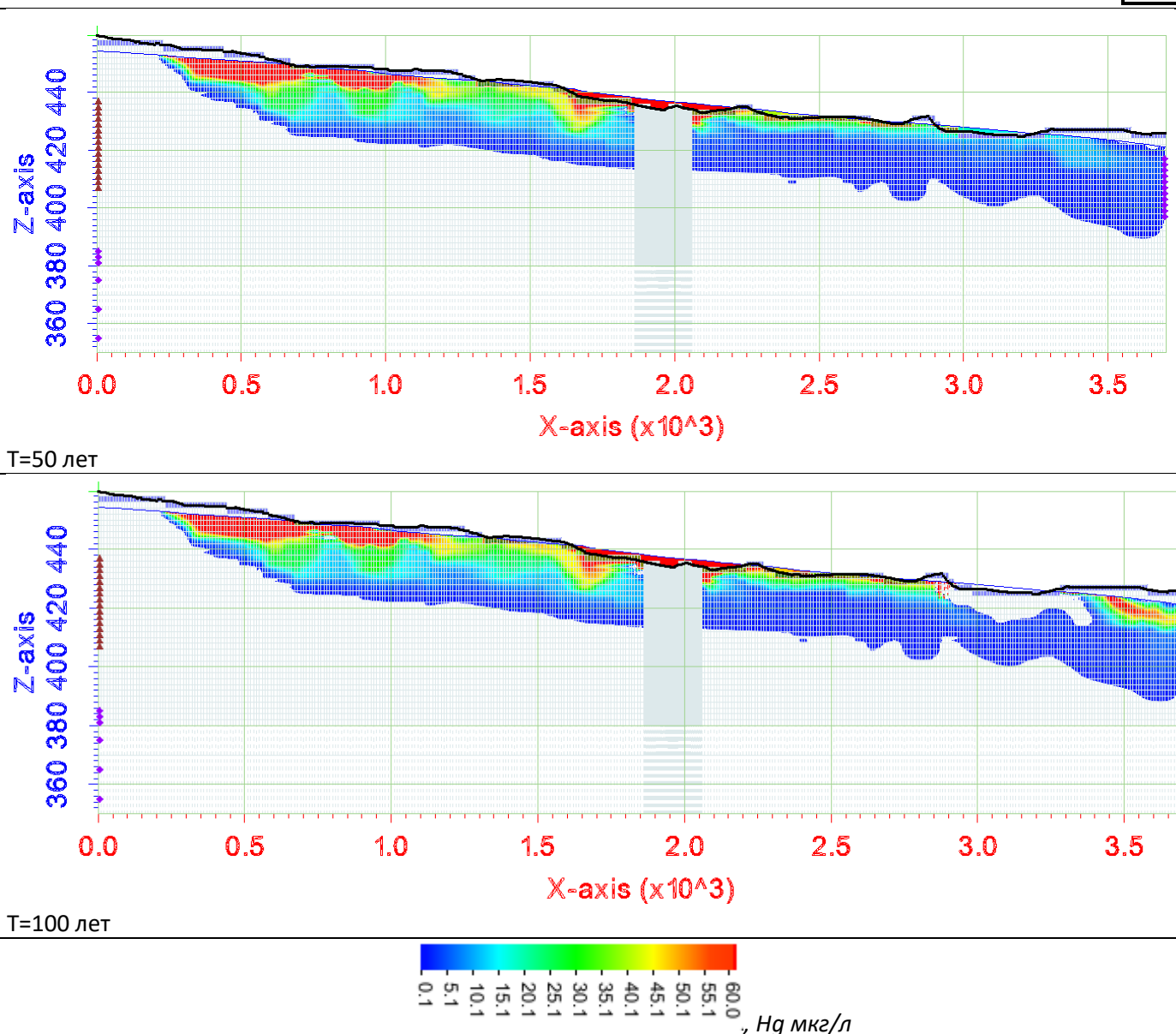


Рис. 11.15 Результаты расчётов конвективного переноса соединений Hg потоком подземных вод на профильной геофильтрационной модели

Участки вторичного образования зон с высокой концентрацией ЗВ ниже по потоку обусловлены аккумуляцией ЗВ в приповерхностной зоне под влиянием эвапотранспирации.

Мощность шлейфа ЗВ в районе ПМЗ согласно результатам расчётов на рассматриваемом участке достигает 20 м и обусловлена положением подошвы четвертичной толщи, а также фильтрационными свойствами нижней части разреза.

Сопоставляя результаты ранее выполненных расчётов на объёмной геофильтрационной модели с результатами полученными на профильной, можно отметить общую корреляцию определения мощности активного переноса ЗВ потоком подземных вод (20-24 м). Основные отличия могут быть обусловлены разницей дискретизации геофильтрационной модели и в большей степени латеральным потоком, полученным на профильном расчёте.

|              |              |      |       |       |      |      |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|              |              |      |       |       |      |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|              |              |      |       |       |      | Лист |
|              |              |      |       |       |      | 205  |

Уточнение заглубления ПМЗ выполняется в ходе проектных проработок, в зависимости от мощности четвертичного водоносного комплекса и фактического положения толщи слабопроницаемых грунтов.

По результатам расчётов можно заключить, что устройство ПМЗ глубиной до 24 м перекрывает значительную часть зоны активной фильтрации и позволяет существенно ограничить распространение ЗВ за пределы промплощадки. Эффект от работы завесы проявится в сокращении распространения ЗВ формируемого на промплощадке на территорию ниже по потоку подземных вод. Глубина устройства завесы до 24 м принята на участках, где в разрезе четвертичной толщи отсутствуют слои относительно водоупорных грунтов. Детальное положение ПМЗ уточняется проектной документацией, разрабатываемой для сооружения.

В четвертичном водоносном горизонте и верхней части нижнеюрского терригенного комплекса черемховской свиты непосредственно за завесой выход загрязненного потока не прослеживается (рис. 11.4 Б), т.е. здесь завеса максимально эффективна и ограничивает распространение загрязнителя за пределы площадки. Сокращение концентрации ЗВ в нижней части юрского водоносного комплекса после устройства завесы по наблюдательным точкам S1 и S2 составит до 30%, в то время как в четвертичном достигает более чем 90 %.

При этом важно отметить, что загрязнение подземных вод формируется не только на территории промплощадки, но и за её пределами, поэтому здесь стоит фиксировать только сокращение общего дополнительного загрязнения, выносимого с территории промплощадки (т.е. за счет исключения составляющей, формирующейся на территории промплощадки). Таким образом, расчёты показывают общий вклад в загрязнение подземных вод за счёт формирования загрязнения подземных вод на территории промплощадки.

Обоснование эффективности противомиграционного экрана с точки зрения гарантированного сорбирования основных ЗВ за расчётный период 100 лет представлено в составе [16] раздела «Технологические решение» для выполнении проектных работ по объекту: «Выполнение работ по проведению инженерно-экологических изысканий; обследованию: подземных коммуникаций, с расположенными на них вспомогательными зданиями и сооружениями, а также участка, загрязненного нефтепродуктами, в районе водозабора «Ангара» и технологических емкостей с неустановленным содержимым; разработке проектной и рабочей документации (за исключением разделов проектной и рабочей документации: «Схема планировочной организации земельного участка», «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», «Оценка воздействия на окружающую среду намечаемой хозяйственной деятельности», «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства») в рамках проектирования ликвидации накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье - Сибирское Иркутской области», МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва 2021 г.

|              |  |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Взаим. Инв.№ | расположенными на них вспомогательными зданиями и сооружениями, а также участка, загрязненного нефтепродуктами, в районе водозабора «Ангара» и технологических емкостей с неустановленным содержанием; разработке проектной и рабочей документации (за исключением разделов проектной и рабочей документации: «Схема планировочной организации земельного участка», «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», «Оценка воздействия на окружающую среду намечаемой хозяйственной деятельности», «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства») в рамках проектирования ликвидации накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье - Сибирское Иркутской области», МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва 2021 г. |      |       |       |      |                 |      |
|              | Подп. и дата   |      |       |       |      |                 |      |
| Инв. № подл. |  |      |       |       |      |                 |      |
|              |  |      |       |       |      |                 |      |
|              |  |      |       |       |      |                 |      |
|              |  |      |       |       |      |                 |      |
| Изм.         | Кол.   | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |  |      |       |       |      |                 | 206  |



Согласно отчету [16] создание геохимического барьера обеспечивает сорбцию потенциальных загрязнителей. Мощность геохимического барьера должна исключить на заданный период времени (100 лет) выход потенциальных загрязнителей за его пределы с концентрацией, превышающей ПДК.

В соответствии с отчётом [16] накопленный в России и за рубежом опыт создания геохимических барьеров [16] на пути миграции загрязнителей водных ресурсов показывает, что использование такого химического вяжущего, как щавелево-алюмосиликатный (ЩАС) гелеобразующий раствор, позволяет осуществлять эффективную защиту водных ресурсов от загрязнения.

Для очистки подземных вод от загрязнения необходимо использовать геохимический барьер высокой сорбционной способности и высокой проницаемости. Соответствующий геохимический барьер был разработан в ЛОГС геологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. Использование такого экрана планировалось для очистки жидких промышленных отходов от тяжелых металлов и радионуклидов.

Более детальная экспериментальная оценка эффективности работы геохимического барьера высокой проницаемости выполнялась в лабораториях МГУ.

Принципиальная схема лабораторной установки для оценки эффективности работы экрана представлена на рисунке 11.16. Эта установка позволяет измерить изменения концентрации загрязнителей на выходе после фильтрации через образец барьера или грунта, рассматриваемого в качестве геохимического барьера.

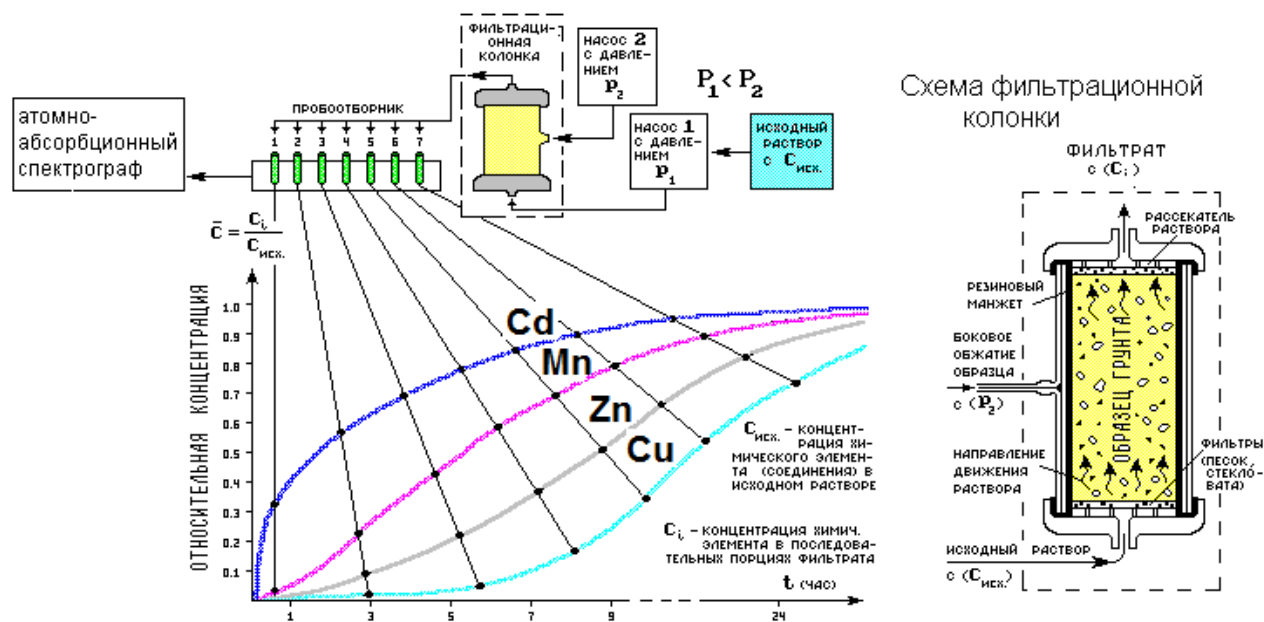


Рис. 11.16 Принципиальная схема лабораторной установки.

Математическая обработка представленных на рисунке выше выходных кривых (зависимости изменения концентрации от объема фильтрата) позволяет получить миграционные параметры для каждого из загрязнителей ( $n_{\text{эфф}}$  – эффективная пористость;  $D_{\text{прир}}$  – коэффициент гидродисперсии). На

|                 |  |  |  |  |  |      |
|-----------------|--|--|--|--|--|------|
| Взаим. Инв.№    |  |  |  |  |  |      |
|                 |  |  |  |  |  |      |
|                 |  |  |  |  |  |      |
| Инв. № подл.    |  |  |  |  |  |      |
|                 |  |  |  |  |  |      |
|                 |  |  |  |  |  |      |
| Подп. и дата    |  |  |  |  |  |      |
|                 |  |  |  |  |  |      |
|                 |  |  |  |  |  |      |
| Изм.            |  |  |  |  |  |      |
|                 |  |  |  |  |  |      |
|                 |  |  |  |  |  |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  |  |  |  | Лист |
|                 |  |  |  |  |  | 207  |

базе этих данных а также техногенной нагрузки на экран, определяемой скоростью фильтрации подземных вод и концентрацией каждого из загрязнителей, рассчитывается предельное время эксплуатации ( $T_{пред}$ ) экрана, исключающее выход любого из загрязнителей за его пределы для конкретной мощности экрана.

Для количественной оценки работы грунтовой толщи или искусственного экрана как геохимического барьера введено понятие предельно-допустимого времени его работы  $T_{пред}$ . Это время, в течение которого все элементы-загрязнители, содержащиеся в отходах, поглощаются грунтовой толщей или искусственным экраном и не выходят за их пределы.

$$T_{пред} = \frac{n_{эфф}}{v_{прир}^2} (2\xi^2 D_{прир} + m v_{прир} - 2\xi \sqrt{\xi^2 D_{прир} + D_{прир} v_{прир} m}) \quad (9.1)$$

Принятию расчета величины  $T_{пред}$  предшествовали многочисленные экспериментальные исследования, подтверждающие достоверность расчетных значений. Расчет  $T_{пред}$  позволяет определить минимальную мощность экрана ( $M_{min}$ ) при которой исключается выход загрязнителя за его пределы с концентрацией выше ПДК.

$$M_{min} = \frac{1}{n_{эфф}} (v_{прир} T_{пред} + 2\xi \sqrt{D_{прир} n_{эфф} T_{пред}}) \quad (9.2)$$

Результаты предварительного расчета предельного времени эксплуатации разработанного геохимического барьера [16] высокой проницаемости представлены в таблице 9.3.2.1. Согласно отчету [16], расчет времени эксплуатации выполнен для мощности экрана в 1,0 м при техногенной нагрузке определенной скорости фильтрации загрязненного потока в 0,18 м<sup>2</sup>/сут. Результаты получены при медианной концентрации загрязнителей в подземных водах.

Таблица 9.3.2.1 Предельное время эксплуатации разработанного барьера

| Элемент | *Медианная концентрация элемента на исследуемом объекте, мг/дм <sup>3</sup> | Время эксплуатации, рассчитанное по медианной концентрации загрязнителя, годы |
|---------|---|---|
| Ni      | 0,021   | 50,88   |
| Zn      | 0,017   | 188,55  |
| Pb      | 0,13  | 62,52   |

Для ртути (Hg), как одного из наиболее опасных загрязнителей в экспериментальных исследованиях использованы ее известные максимальные значения.

Расчет  $T_{пред}$  при этих значениях показывает, что  $T_{пред}$  при мощности экрана в 1,0 м и наличии в составе фильтрата других загрязнителей с высокой концентрацией составляет не менее 65 лет.

|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|--------------|------|------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Взаим. Инв.№ |      |      |      |       |       |      | Лист            |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
| Подп. и дата |      |      |      |       |       |      | 208             |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
| Инв. № подл. | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |
|              |      |      |      |       |       |      |                 |

Снижение концентрации конкурирующих загрязнителей исключает выход ртути за пределы экрана, мощностью в 1,0 м, на протяжении нескольких сотен лет.

Учитывая срок службы ПМЗ барьера принятый в геомиграционных расчётах равным не менее 100 лет, а также полученные на основании экспериментальных данных предельно допустимое время работы экрана  $T_{пред}$  [16], для наиболее ответственных участков характеризующихся прослеживаемым ореолом распространения ртути в подземных водах, мощность противомиграционной завесы принимается равной не менее 2 метров.

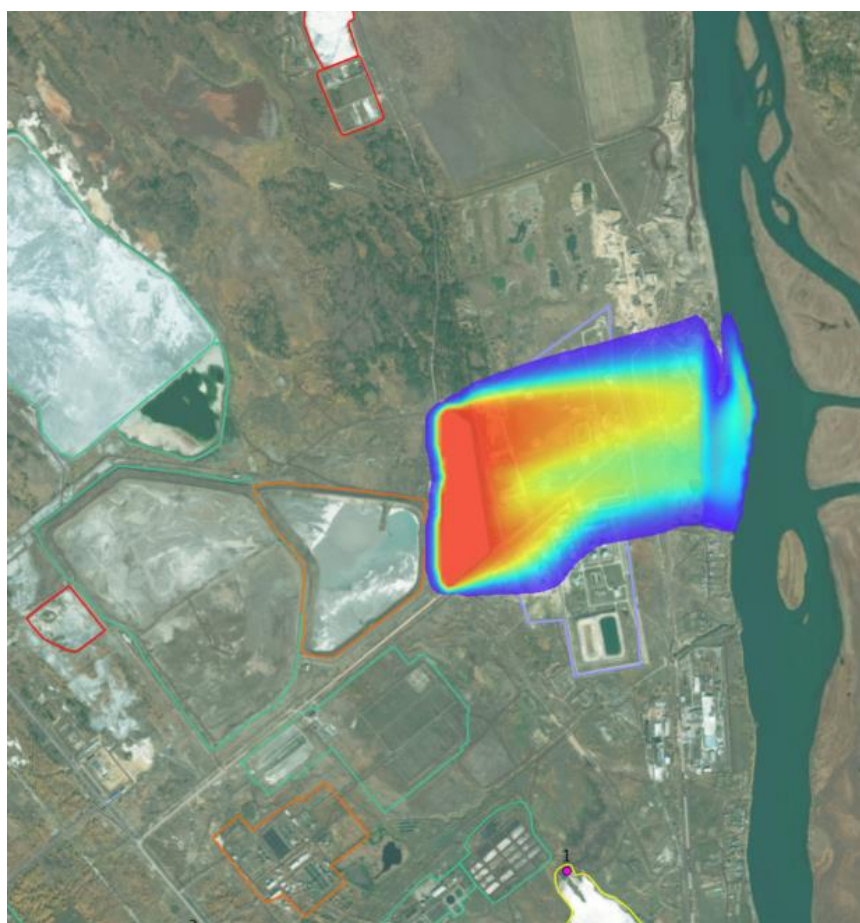
В качестве дополнительных мероприятий по ограничению распространения загрязняющих веществ с территории промплощадки необходимо выполнить изъятие и изоляцию источников загрязнения на поверхности промплощадки (при возможности), устройство вертикальной планировки, посадку растительности и устройство организованного водоотведения для сокращения инфильтрационного питания.

|              |              |      |              |      |                            |      |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|------|--------------|------|----------------------------|------|--|--|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      | Взаим. Инв.№ |      | <div>5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ</div> |      |  |  |  |  | Лист |
|              |              |      |              |      |                            |      |  |  |  |  | 209  |
|              |              |      |              |      |                            |      |  |  |  |  |      |
|              |              |      |              |      |                            |      |  |  |  |  |      |
|              | Изм.         | Кол. | Лист         | №док | Подп.                      | Дата |  |  |  |  |      |
|              |              |      |              |      |                            |      |  |  |  |  |      |
|              |              |      |              |      |                            |      |  |  |  |  |      |
|              |              |      |              |      |                            |      |  |  |  |  |      |




|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

Для удобства восприятия результатов расчётов задача решена в относительных концентрациях. Положение шлейфа ЗВ сформированного только за счёт деятельности полигона, представлено на рис. 12.1.



| Year | Number of Publications |
|------|------------------------|
| 2000 | 200                    |
| 2001 | 600                    |
| 2002 | 1000                   |
| 2003 | 1400                   |
| 2004 | 1800                   |
| 2005 | 2200                   |
| 2006 | 2600                   |
| 2007 | 3000                   |
| 2008 | 3400                   |
| 2009 | 3800                   |
| 2010 | 4200                   |
| 2011 | 4600                   |
| 2012 | 5000                   |
| 2013 | 5400                   |
| 2014 | 5800                   |
| 2015 | 6200                   |
| 2016 | 6600                   |
| 2017 | 7000                   |
| 2018 | 7400                   |
| 2019 | 7800                   |
| 2020 | 8200                   |
| 2021 | 8600                   |
| 2022 | 9000                   |
| 2023 | 9400                   |
| 2024 | 9800                   |

*Рис.12.1. Карта результатов моделирования распространения ЗВ от городского полигона ТБО при современных гидрогеологических условиях.*

|              |              |               |   |       |      |                 |  |      |
|--------------|--------------|---------------|---|-------|------|-----------------|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |   |       |      |                 |  |      |
|              |              |               | <p>Концентрация условного загрязнителя, (за 100 % принято С=10000 д.е.)</p> <p>200 600 1000 1400 1800 2200 2600 3000 3400 3800 4200 4600 5000 5400 5800 6200 6600 7000 7400 7800 8200 8600 9000 9400 9800</p> |       |      |                 |  |      |
|              |              |               | <p>Рис.12.1. Карта результатов моделирования распространения ЗВ от городского полигона ТБО при современных гидрогеологических условиях.</p>   |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |   |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док   | Подп. | Дата |                 |  | 210  |

После рекультивации при исключении поступления дополнительных загрязняющих веществ, сформированный к моменту рекультивации шлейв ЗВ к концу 100-летнего периода значительно сократится в размерах (см. рис. 12.2).



Концентрация условного загрязнителя, (за 100 % принято С=10000 д.е.)

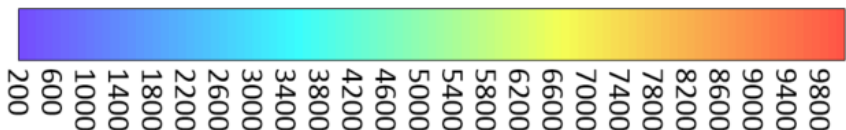


Рис.12.2. Карта результатов моделирования распространения ЗВ от городского полигона ТБО при прогнозных гидрогеологических условиях (защитные мероприятия согласно табл.9.1.1). Расчетный период 100 лет (T=36500 сут) после реализации мероприятий.

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

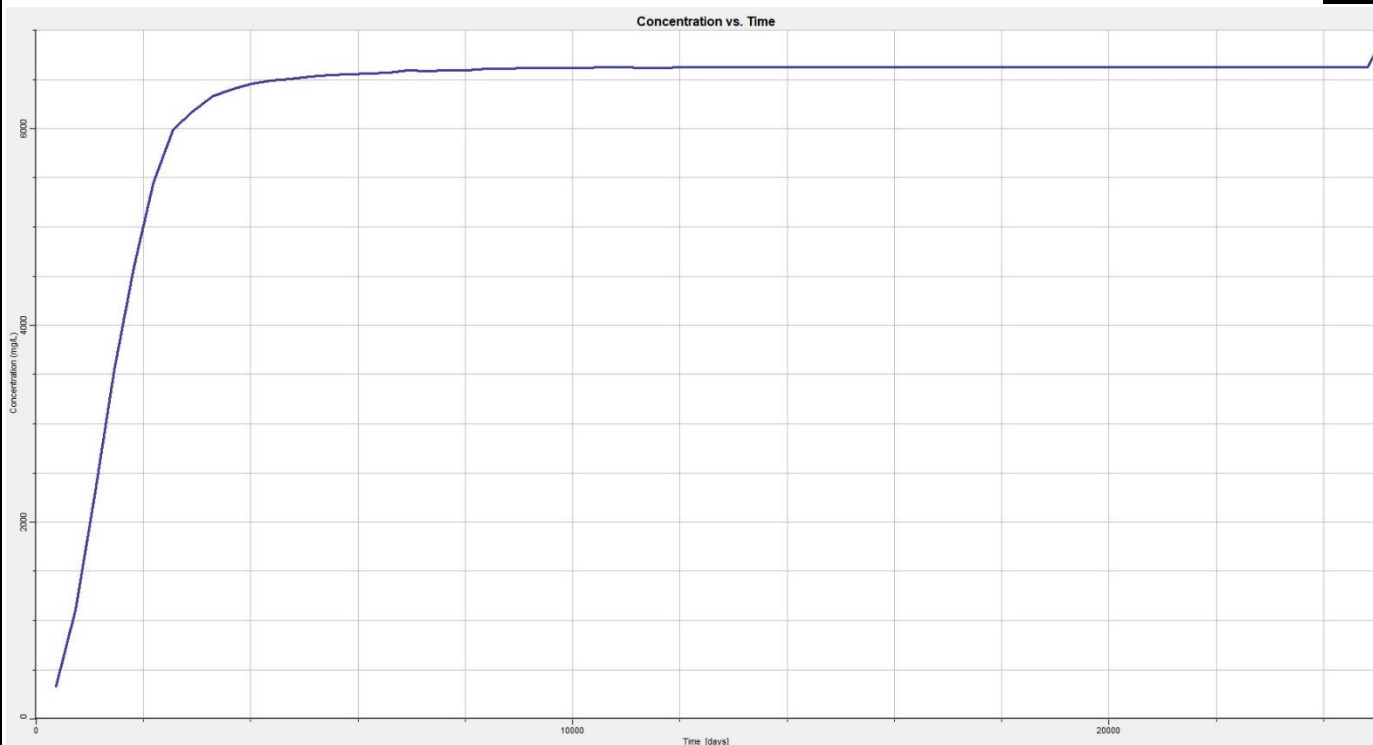


Рис.12.3. График изменения концентрации ЗВ во времени по наблюдательной скважине, расположенной (на модели) в восточном направлении от городского полигона ТБО в современных гидрогеологических условиях.

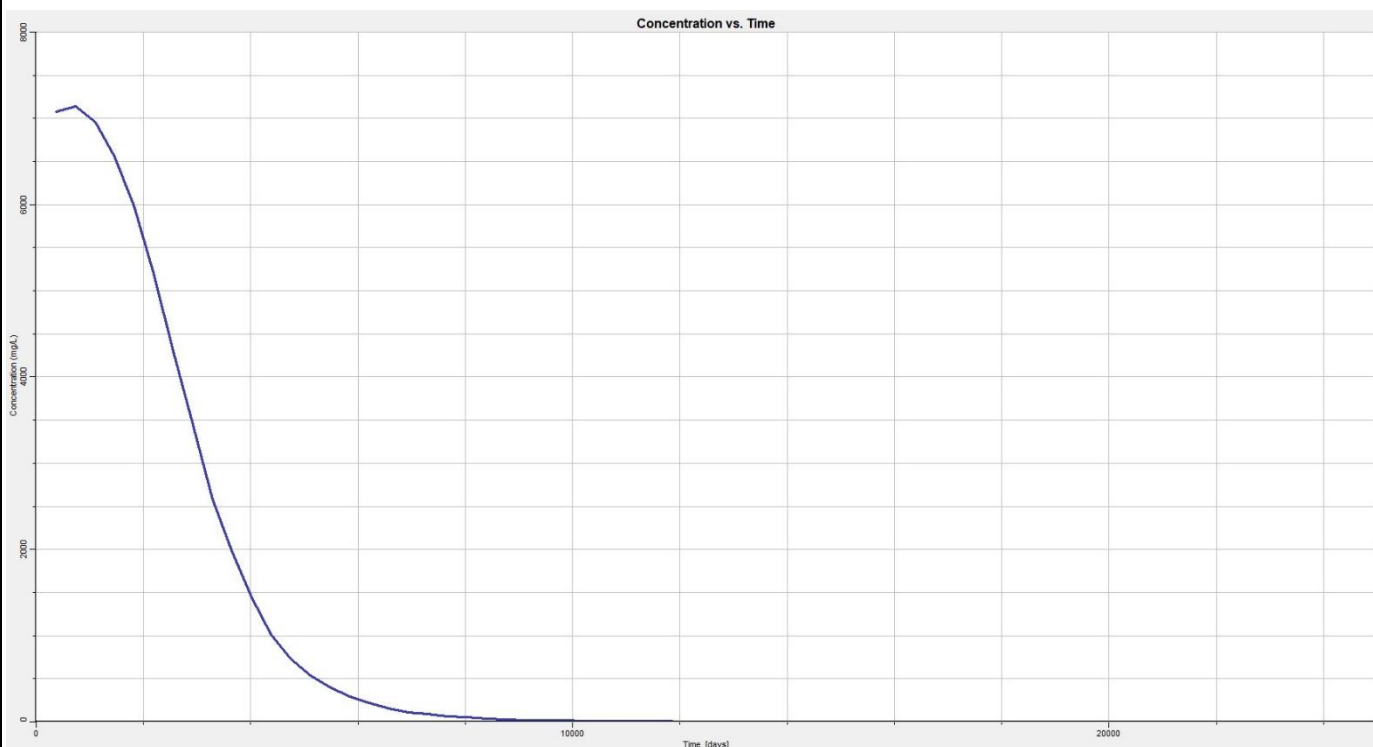


Рис.12.4. График изменения концентрации ЗВ во времени по наблюдательной скважине, расположенной (на модели) в восточном направлении от городского полигона ТБО в прогнозных гидрогеологических условиях (защитные мероприятия – устройство верхнего экрана, в условиях не водонасыщенного ложа полигона).

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |



Основной задачей второго контура ПМЗ-2 является перехват ЗВ, формирующегося на исследуемой территории вне границ промплощадки. Схема с положением контура ПМЗ-2 второго и первого этапов представлена на рис. 13.1. По глубине разреза ПМЗ-2 второго этапа задавалась на всю мощность четвертичных отложений (совершенной по отношению к четвертичному горизонту), с заглублением на 1-3 метров в дочетвертичные отложения. Контур ПМЗ-2 восточнее шламонакопителя в расчётах принят с учётом рекомендаций данных на этапе 1 (см. главу 10), т.е. непрерывным.

|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
|--------------|--------------|---------------|-------|-------|------|-----------------|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |       |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
|              |              |               |       |       |      |                 |  | 213  |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |



изысканий распределению компонентов в подземных водах. Расчет миграции выполнен для следующих ЗВ:

4. Ртуть (Hg);
5. Свинец (Pb);
6. Никель (Ni);
7. Кадмий (Cd);
8. Мышьяк (As).

Дополнительно в настоящей главе рассмотрен прогноз распространения нефтепродуктов в районе ВЗУ Ангара, а также дана оценка эффективности мероприятий по изоляции основных выделенных источников.

В качестве начальных концентраций для расчётов принято распределение загрязняющих компонентов в подземных водах, определенное на основании результатов анализа проб воды в ходе изысканий и представленных в главе 8.

Для учёта повторного загрязнения подземных вод на взаимно пересекающихся участках, где в грунтах и в пробах подземных вод для одних и тех же компонентов зафиксированы высокие концентрации загрязняющих веществ, задано инфильтрационное питание с концентрацией ЗВ, соответствующей значениям, установленным в подземных водах. Необходимо отметить, что в качестве источников повторного загрязнения подземных вод выступают выявленные в ходе изысканий очаги высоких концентраций ЗВ в грунтах, реальное распространение которых может иметь более широкий характер и интенсивность с одной стороны и ограничиваться объемом подвижных форм с другой.

Результаты прогнозных расчётов для указанных компонентов представлены ниже.

|               |              |      |      |       |      |                 |      |
|---------------|--------------|------|------|-------|------|-----------------|------|
| Изнв. № подп. | Подп. и дата |      |      |       |      | Взаим. Изнв.№   |      |
|               |              |      |      |       |      |                 |      |
|               |              |      |      |       |      |                 |      |
|               |              |      |      |       |      |                 |      |
|               |              |      |      |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|               |              |      |      |       |      |                 | 215  |
| Изм.          | Кол.         | Лист | №док | Подп. | Дата |                 |      |
|               |              |      |      |       |      |                 |      |



|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

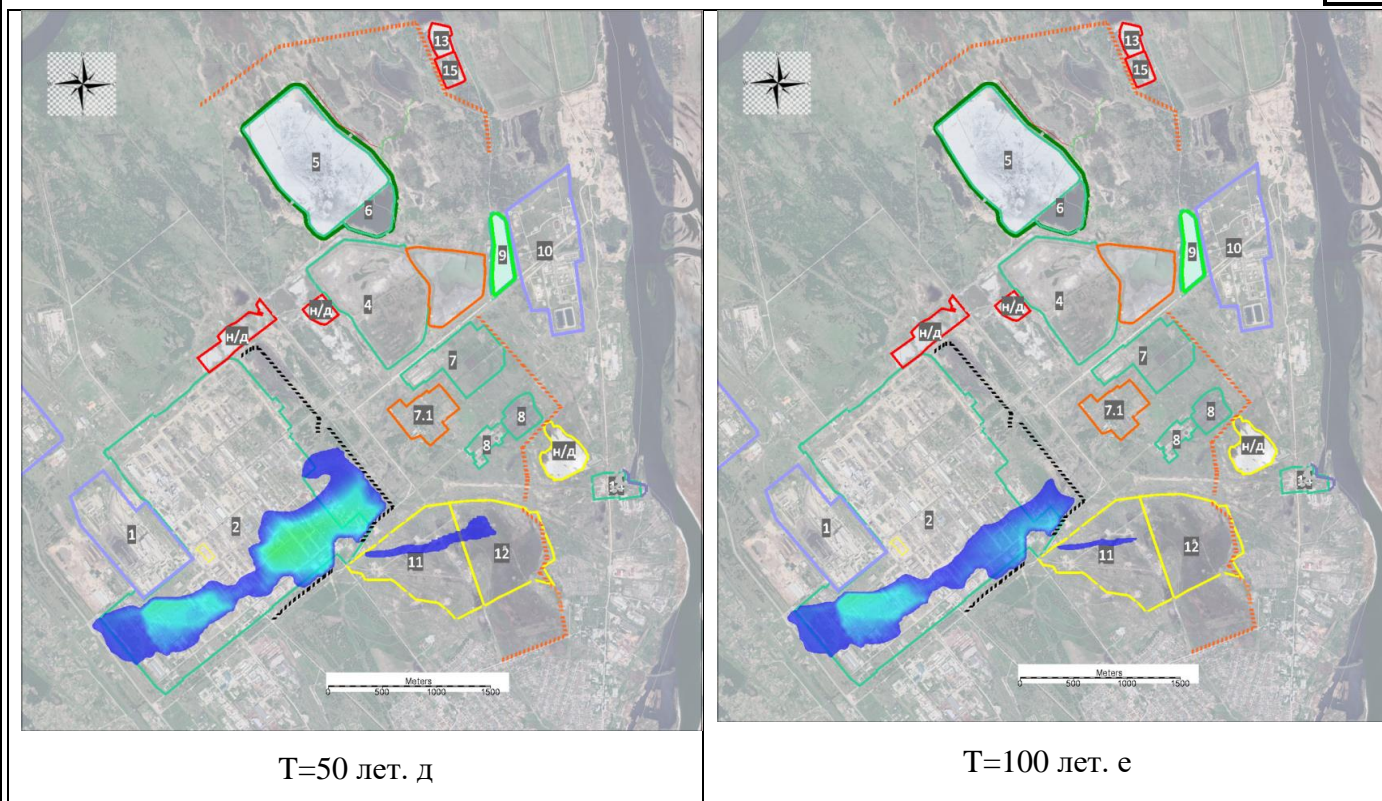
1











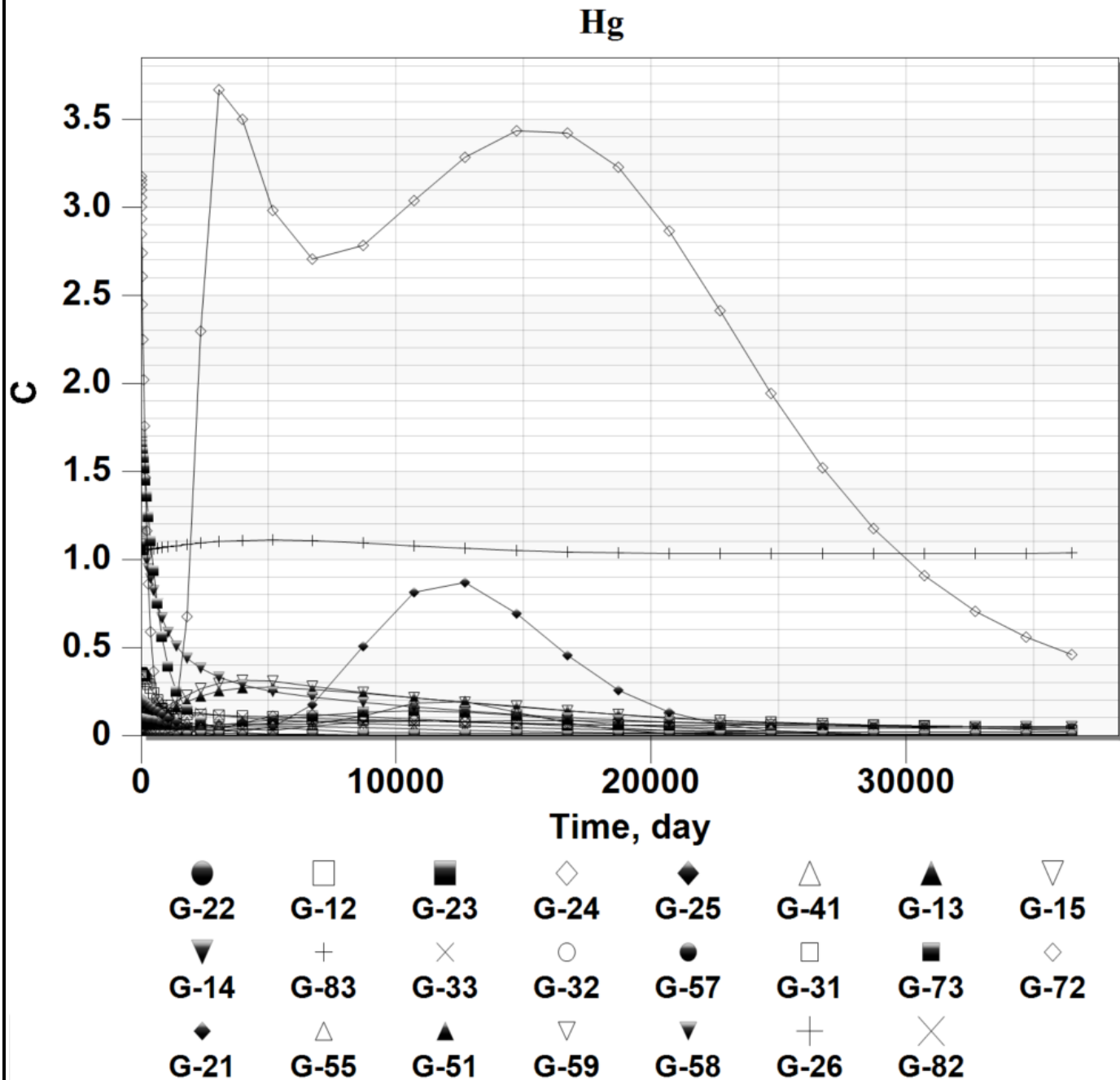
*Рис.13.1.2 Прогнозная схема распространения загрязнителя, формирующегося на рассматриваемой территории после устройства мероприятий первого и второго этапов*

По результатам прогнозных геомиграционных расчетов на период 100 лет, контур ПМЗ первого этапа частично ограничивает выход ЗВ за пределы промплощадки. При этом загрязнение подземных вод соединениями ртути непосредственно на территории промплощадки на конец расчётного периода сохранится прежде всего за счет фильтрации подземных вод через загрязненные объёмы грунта, что учтено на геофильтрационной модели дополнительным загрязнением, поступающим с инфильтрационным питанием.

В результате устройства мероприятий первого и второго этапов область распространения ртути будет значительно ограничена территорией промплощадки и контуром ПМЗ-2. При этом основная нагрузка на сорбирующую завесу отмечается на восточном контуре ПМЗ первого этапа. ПМЗ второго этапа выполняет сорбирование остаточных концентраций (близких к ПДК) ртути “проскакивающих” в дочетвертичном водоносном комплексе на отметках ниже подошвы ПМЗ первого этапа.

|              |              |      |       |       |      |  |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|--|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |  |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |  |
|              |              |      |       |       |      |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |  |
|              |              |      |       |       |      |  |
|              |              |      |       |       |      |  |





*Рис.13.1.3 Кривые выхода 3В (Hg),  $C \text{ (мкг/дм}^3\text{)} = f(t, \text{сут})$*

|              |               |      |       |       |      |                 |     |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|-----|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      | Лист            |     |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |     |
|              |               |      |       |       |      |                 |     |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | 219 |
|              |               |      |       |       |      |                 |     |

### 13.2 Прогноз распространения соединений свинца (Pb) в результате реализации мероприятий первого и второго этапов

Схема распределения начальных концентраций соединений свинца представлена на рис. 13.2.1.

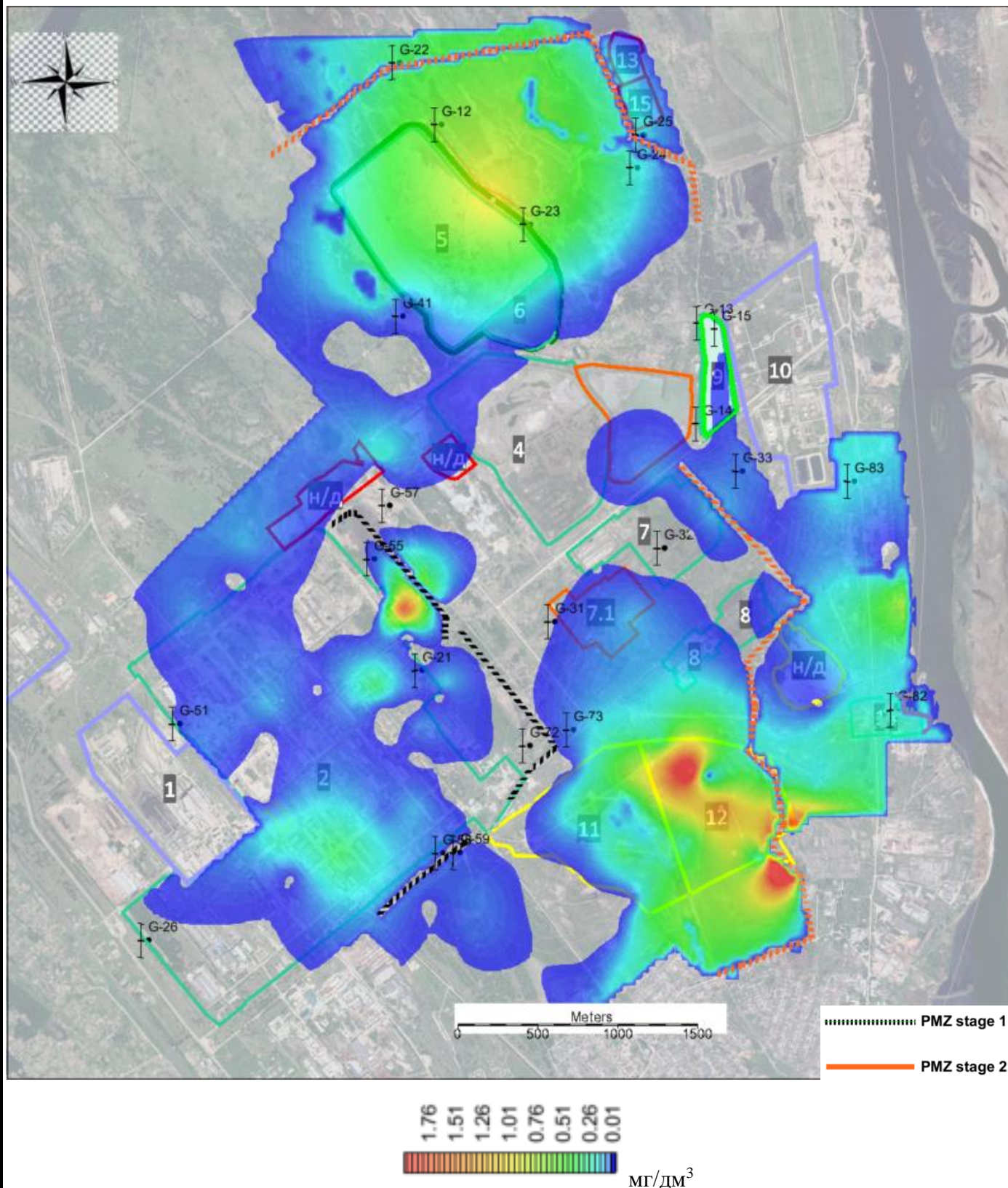
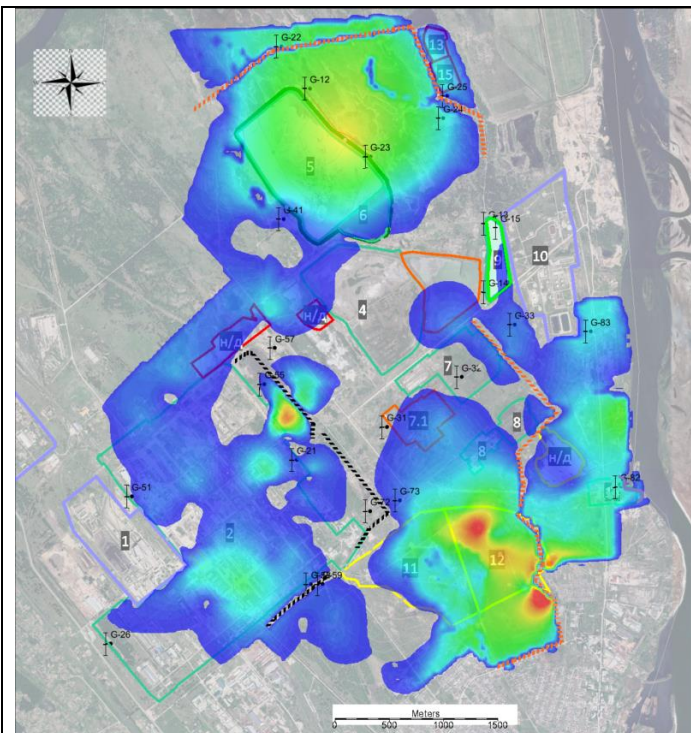


Рис.13.2.1 Схема распределения начальных концентраций соединений свинца в подземных водах, принятая на геомиграционной модели в качестве начальных условий

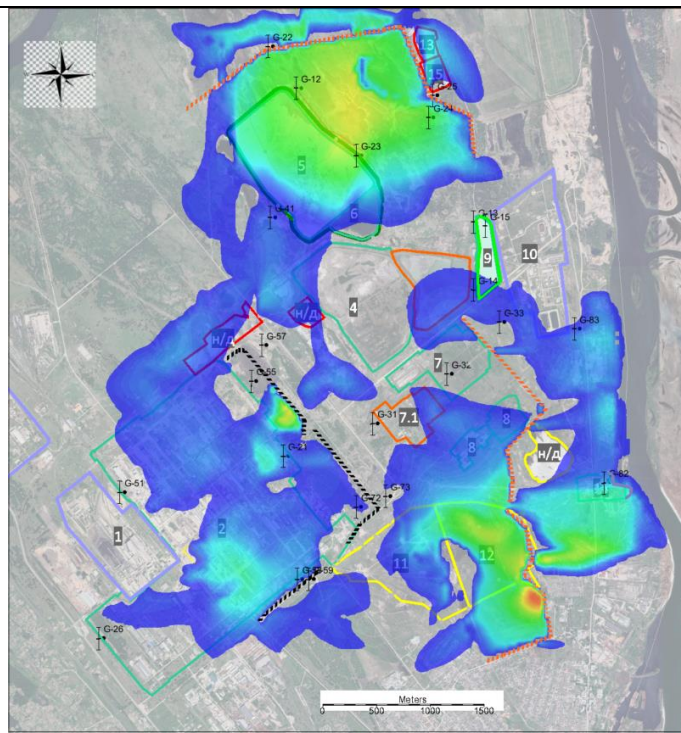
|              |              |   |      |      |       |      |                 |             |
|--------------|--------------|---|------|------|-------|------|-----------------|-------------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата |   |      |      |       |      |                 |             |
|              |              | <p>Рис.13.2.1 Схема распределения начальных концентраций соединений свинца в подземных водах, принятая на геомиграционной модели в качестве начальных условий</p> |      |      |       |      |                 |             |
| Инв. № подл. |              |   |      |      |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист<br>220 |
|              | Изм.         | Кол.  | Лист | №док | Подп. | Дата |                 |             |



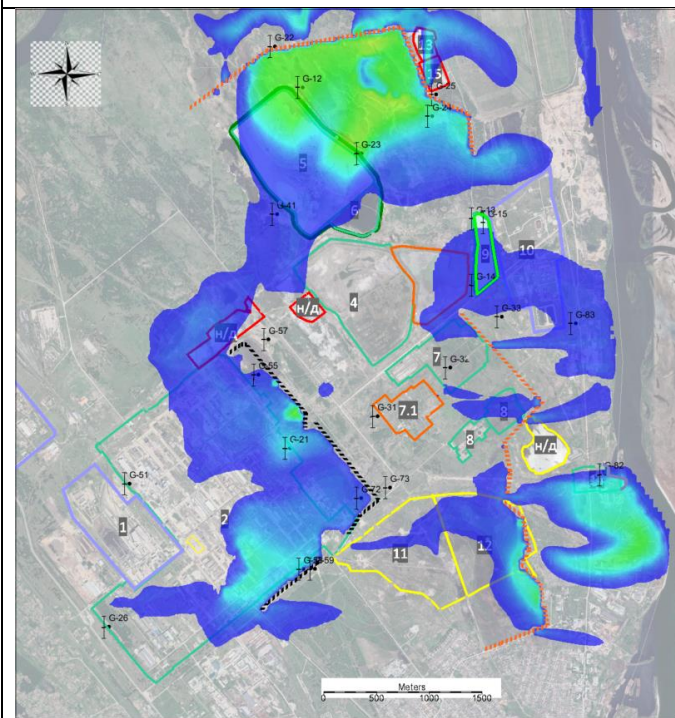
Далее представлен прогноз распространения свинца в подземных водах для первого от поверхности водоносного горизонта на различные расчетные периоды (рис. 10.2.2). Прогноз выполнен с учетом реализации мероприятий первого и второго этапов.



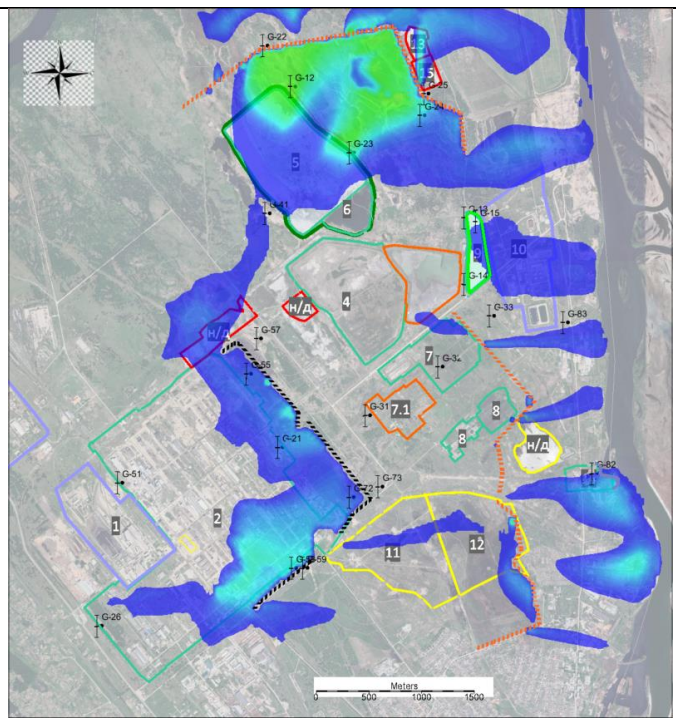
T=0,5 года (а)



T=5 лет (б)



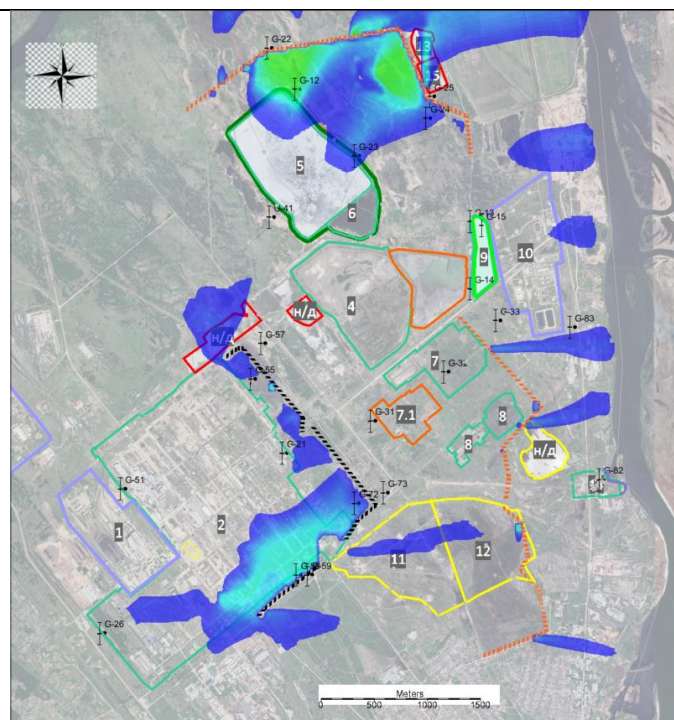
T=20 лет (в)



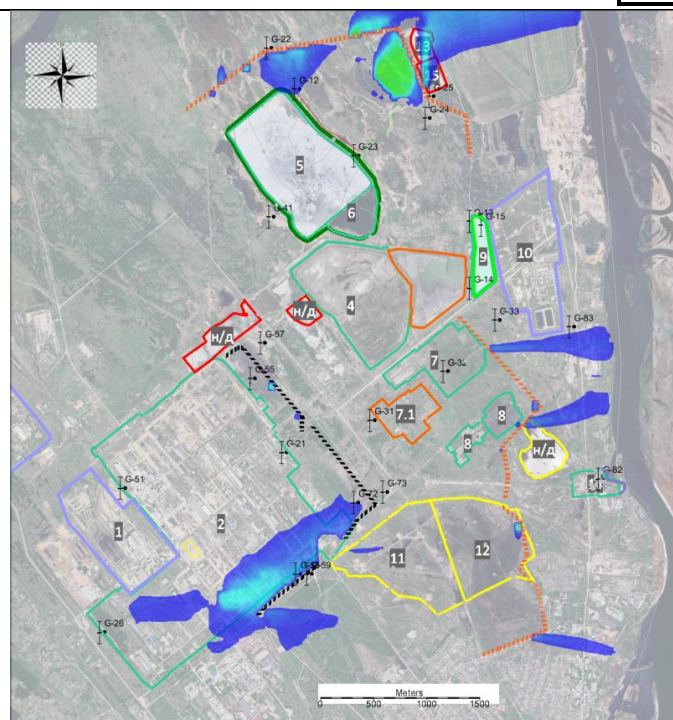
T=30 лет (г)

|                 |              |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | Лист |
|                 |              |      |       |       |      | 221  |





T=50 лет (д)



T=100 лет (е)

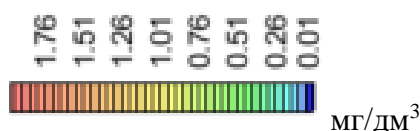


Рис.13.2.2 Прогнозная схема распространения загрязнителя (Pb), формирующегося на рассматриваемой территории после устройства мероприятий первого и второго этапов

По результатам прогнозных геомиграционных расчетов на период 100 лет, контур ПМЗ первого и второго этапов частично ограничивает выход ЗВ как за пределы промплощадки, так и за пределы территории.

В юго-восточной части территории, на участке между ПМЗ-2 и р. Ангара наблюдается шлейф ЗВ с остаточными концентрациями близкими к ПДК, что связано здесь с значительным загрязнением грунтов и десорбцией ЗВ при инфильтрации атмосферных осадков.

На рисунке 13.2.3 представлены кривые выхода ЗВ по точкам наблюдения соответствующим тому гидрогеологического мониторинга.

|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|--------------|--|--------------|--|--------------|--|---------------------------------------|--|--|--|--|--|-----------------|--|-----|--|
| Взаим. Инв.№ |  | Подп. и дата |  | Инв. № подп. |  | тому гидрогеологического мониторинга. |  |  |  |  |  | Лист            |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | 222 |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |
|              |  |              |  |              |  |                                       |  |  |  |  |  |                 |  |     |  |

Pb

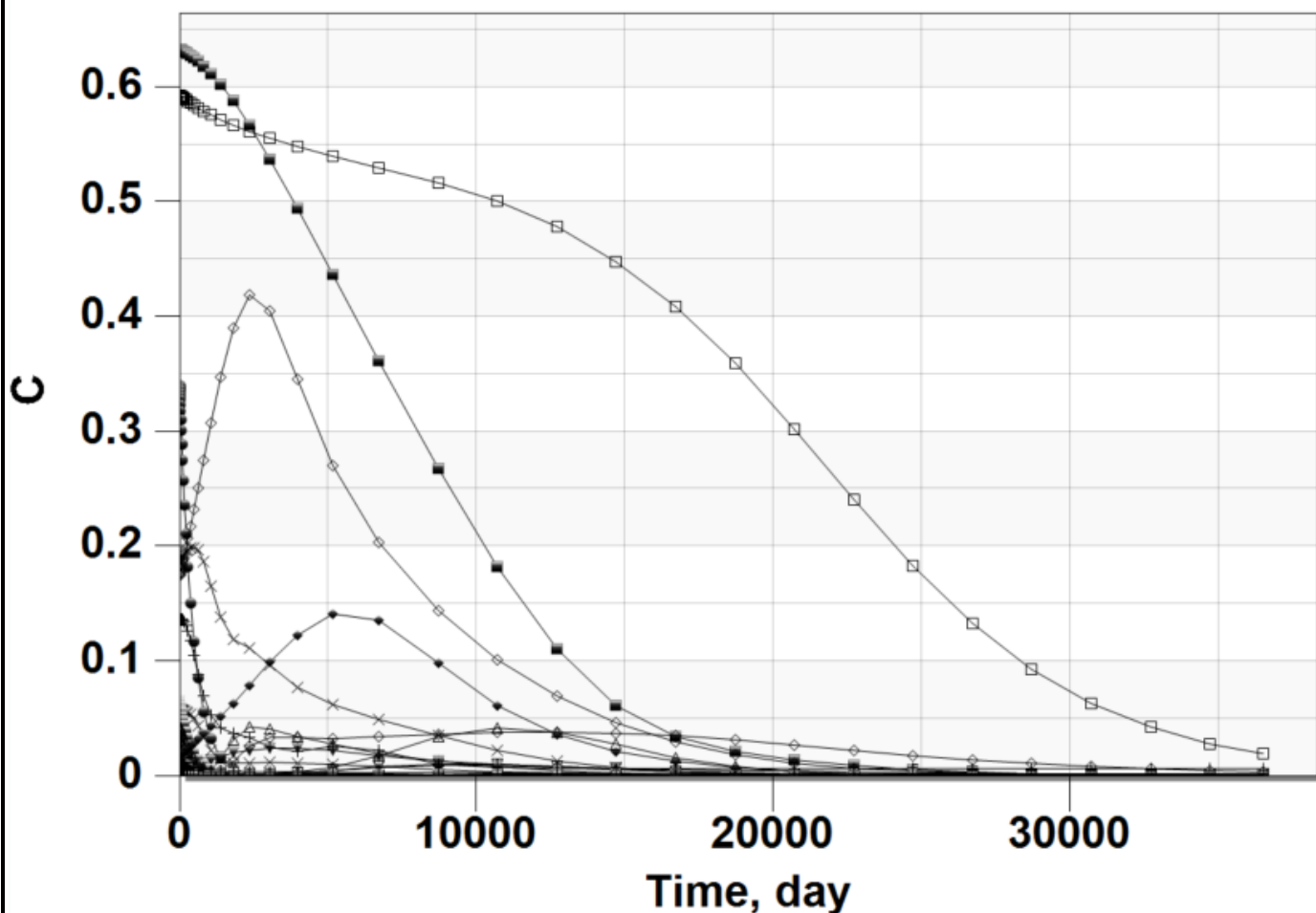


Рис.13.2.3 Кривые выхода ЗВ (Pb),  $C \text{ (мг/дм}^3\text{)} = f(t, \text{сут})$

Взаим. Инв.№

Подп. и дата

Инв. № подл.

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ

Лист

223



|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

The map displays the PMZ in the city of Yekaterinburg, with various zones and landmarks labeled. The zones are numbered 1 through 15, and some are marked with 'H/Д' (Housing/Development). The map includes a scale bar (0 to 1500 meters) and a north arrow. The legend indicates that the orange line represents the PMZ stage 1 boundary, and the red line represents the PMZ stage 2 boundary.

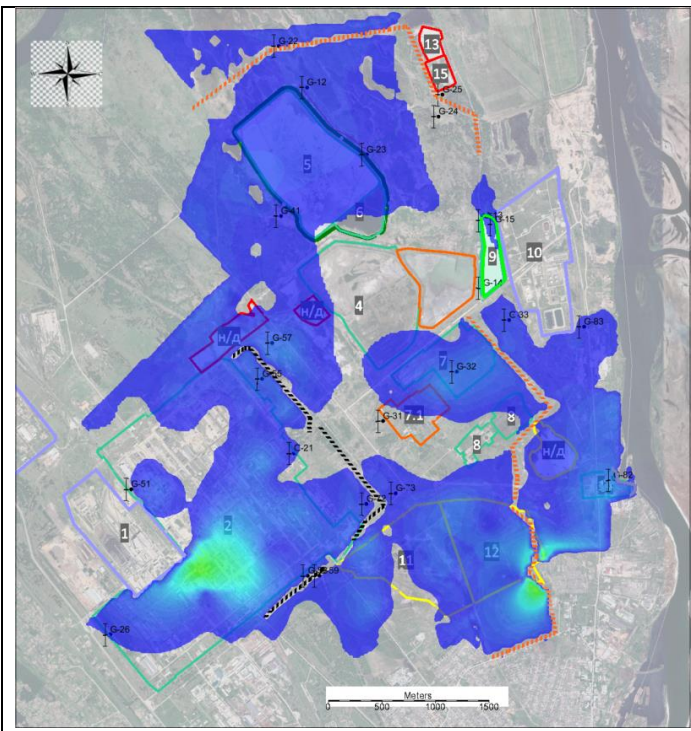


Рис.13.3.1 Схема распределения начальных концентраций соединений никеля в подземных водах, принятая на геомиграционной модели в качестве начальных условий (ПДК  $C \leq 0,02$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21))

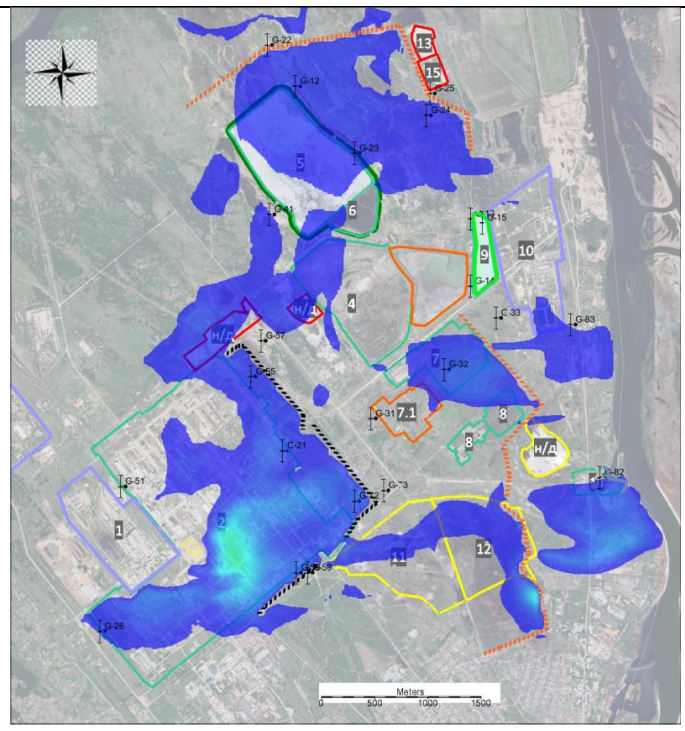
|  |      |      |       |       |      |              |              |               |   |
|--|------|------|-------|-------|------|--------------|--------------|---------------|---|
| Изм.   | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата | Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № | <div><p style="text-align: center;">0.56<br/>0.5<br/>0.44<br/>0.38<br/>0.32<br/>0.26<br/>0.2<br/>0.14<br/>0.08<br/>0.02</p><p style="text-align: right;">мг/дм³</p></div> |
|  |      |      |       |       |      |              |              |               |   |
|  |      |      |       |       |      |              |              |               |   |
| <p><i>Рис.13.3.1 Схема распределения начальных концентраций соединений никеля в подземных водах, принятая на геомиграционной модели в качестве начальных условий (ПДК <math>C \leq 0,02</math> мг/л (СанПиН 1.2.3685-21)</i></p> |      |      |       |       |      |              |              |               |   |
| <div>5/2020ЕИ-ГТМ-ТЧ</div>   |      |      |       |       |      |              |              |               |   |
| <div>Лист 224</div>  |      |      |       |       |      |              |              |               |   |



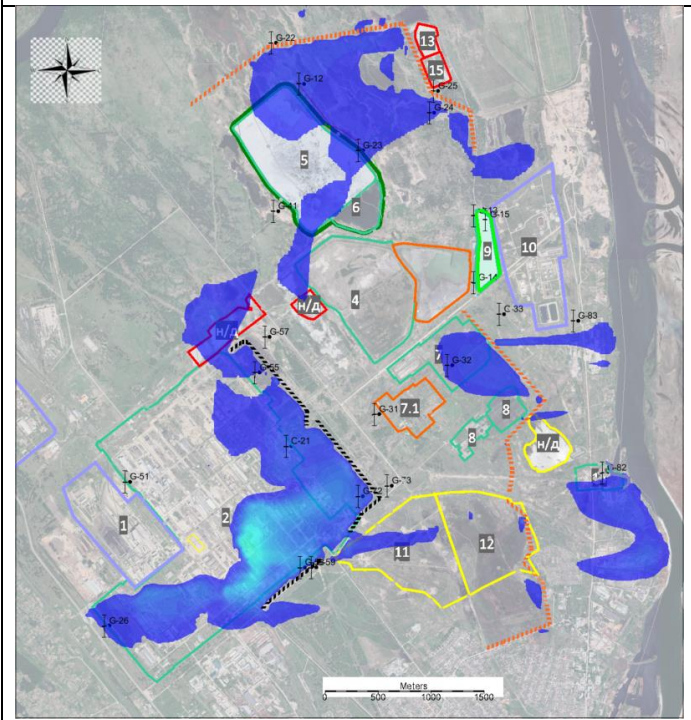
Далее представлен прогноз распространения никеля в подземных водах для первого от поверхности водоносного горизонта на различные расчетные периоды (рис. 13.3.2). Прогноз выполнен с учетом реализации мероприятий первого и второго этапов.



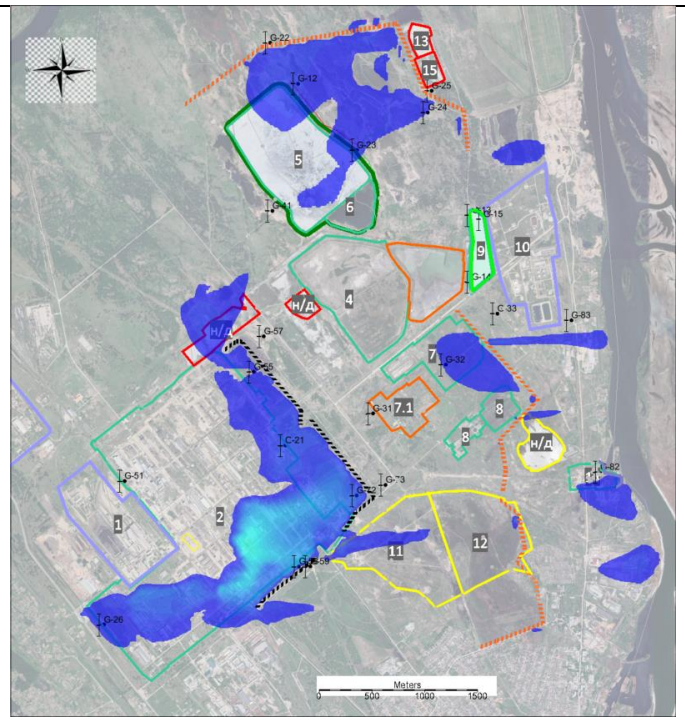
T=0,5 года (а)



T=10 лет (б)



T=20 лет (в)

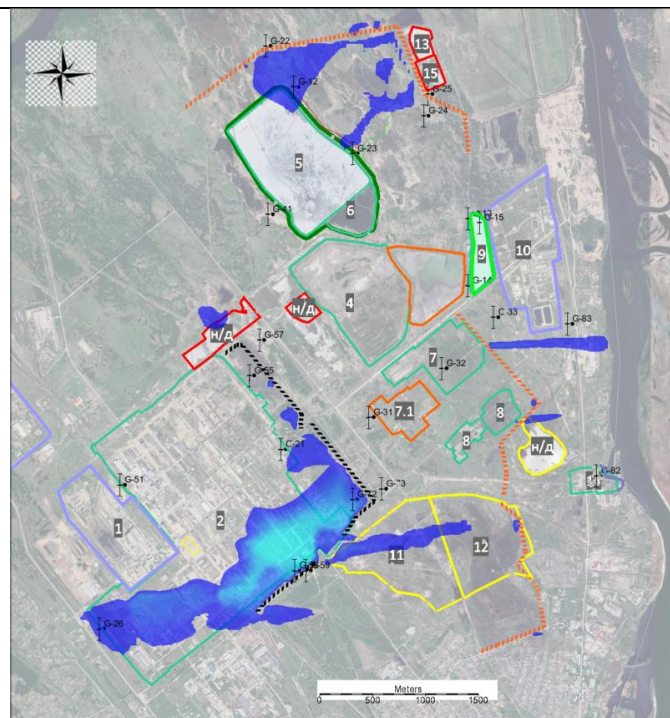


T=30 лет (г)

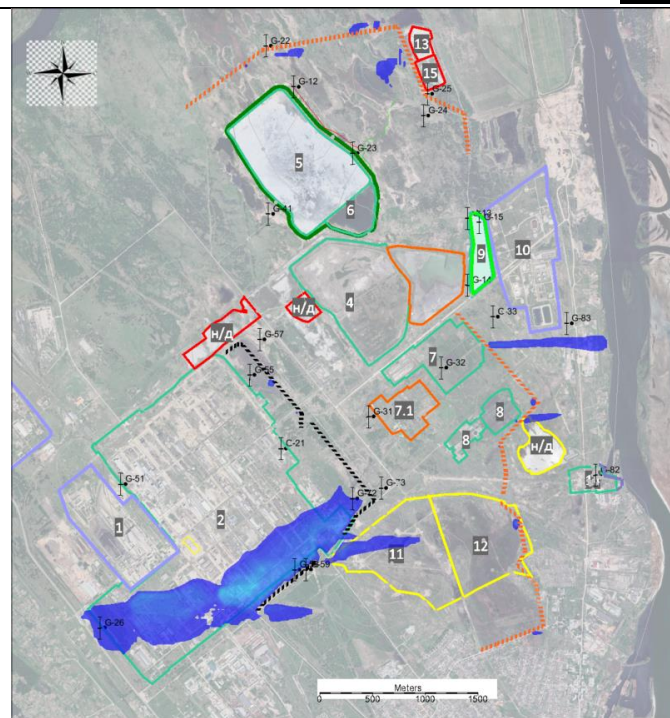
|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |





T=50 лет (д)



T=100 лет (е)

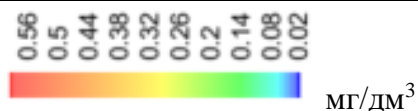


Рис.13.3.2 Прогнозная схема распространения загрязнителя (Ni) после устройства мероприятий первого и второго этапов. ПДК  $C=0,02$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21).

По результатам прогнозных геомиграционных расчетов на период 100 лет, контур ПМЗ первого и второго этапов частично ограничивает выход ЗВ как за пределы промплощадки, так и за пределы территории.

|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взам. Инв. №    |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |      |       |       |      |                 | 226  |





|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

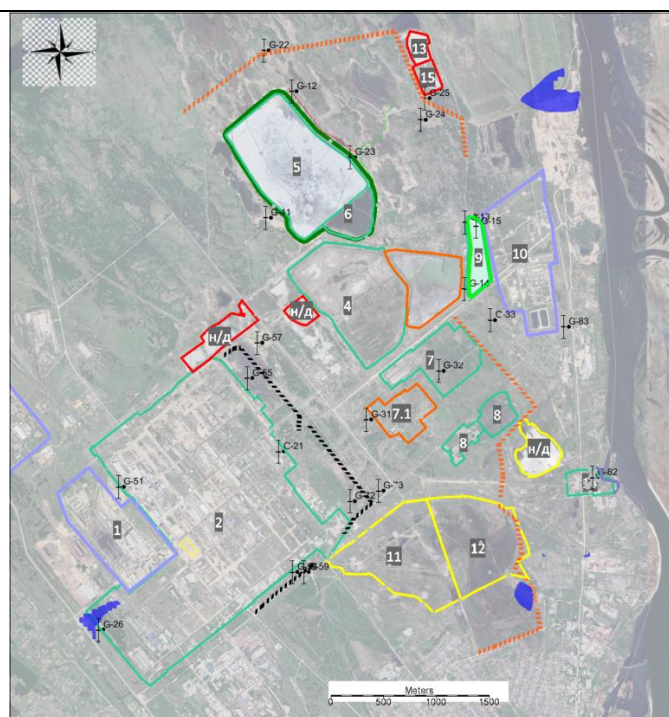
[illegible]

Рис.13.4.1 Схема распределения начальных концентраций соединений кадмия (Cd) в разных водах, принятая на геомиграционной модели в качестве начальных условий. ПДК С=0, 001 СанПиН 1.2.3685-21)

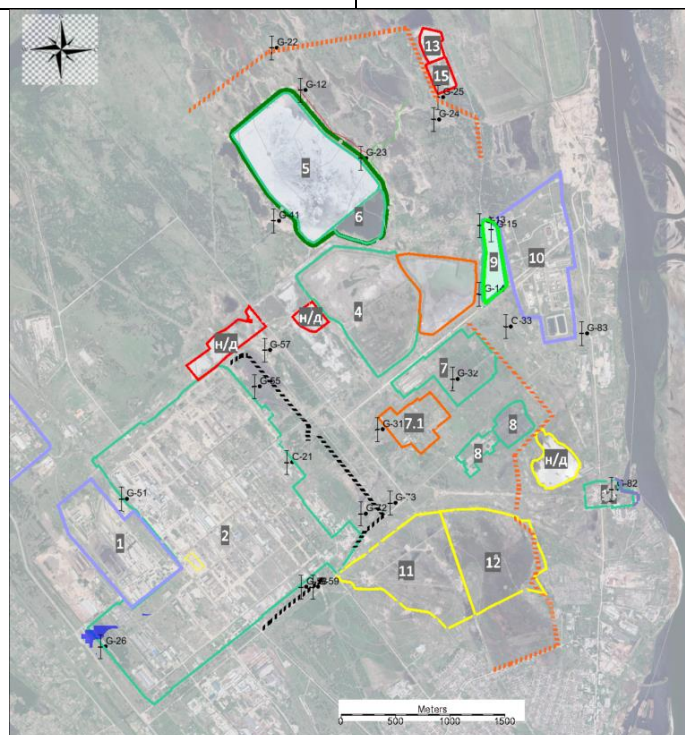
Figure 13.4.1 is a map showing the distribution of initial concentrations of cadmium (Cd) in groundwater. The map includes a color scale from 0.001 to 0.091 mg/dm³, a scale bar from 0 to 1500 meters, and a label 'G-26'.



|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|



T=10 лет (б)



T=100 лет (д)

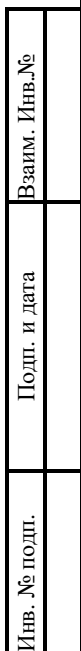


Лист

229

|              |              |              |   |       |      |                        |  |      |
|--------------|--------------|--------------|---|-------|------|------------------------|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв.№ |  <p style="text-align: center;">T=100 лет (д)</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="width: 150px; height: 20px; background: linear-gradient(to right, red, orange, yellow, green, blue);"></div> <div style="margin: 0 10px;">             0.56<br/>0.5<br/>0.44<br/>0.38<br/>0.32<br/>0.26<br/>0.2<br/>0.14<br/>0.08<br/>0.02           </div> <div>мг/дм³</div> </div> |       |      |                        |  |      |
|              |              |              | <p style="text-align: center;"><i>Рис.13.4.2 Прогнозная схема распространения загрязнителя (Cd), на рассматриваемой территории после устройства мероприятий первого и второго этапов</i></p>  |       |      |                        |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док.  | Подп. | Дата | <b>5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ</b> |  | Лист |
|              |              |              |   |       |      |                        |  | 229  |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|



|      |
|------|
| Лист |
| 230  |



### 13.5 Прогноз распространения соединений мышьяка (As) в результате реализации мероприятий первого и второго этапов

Схема распределения начальных концентраций соединений мышьяка представлена на рис. 13.5.1.

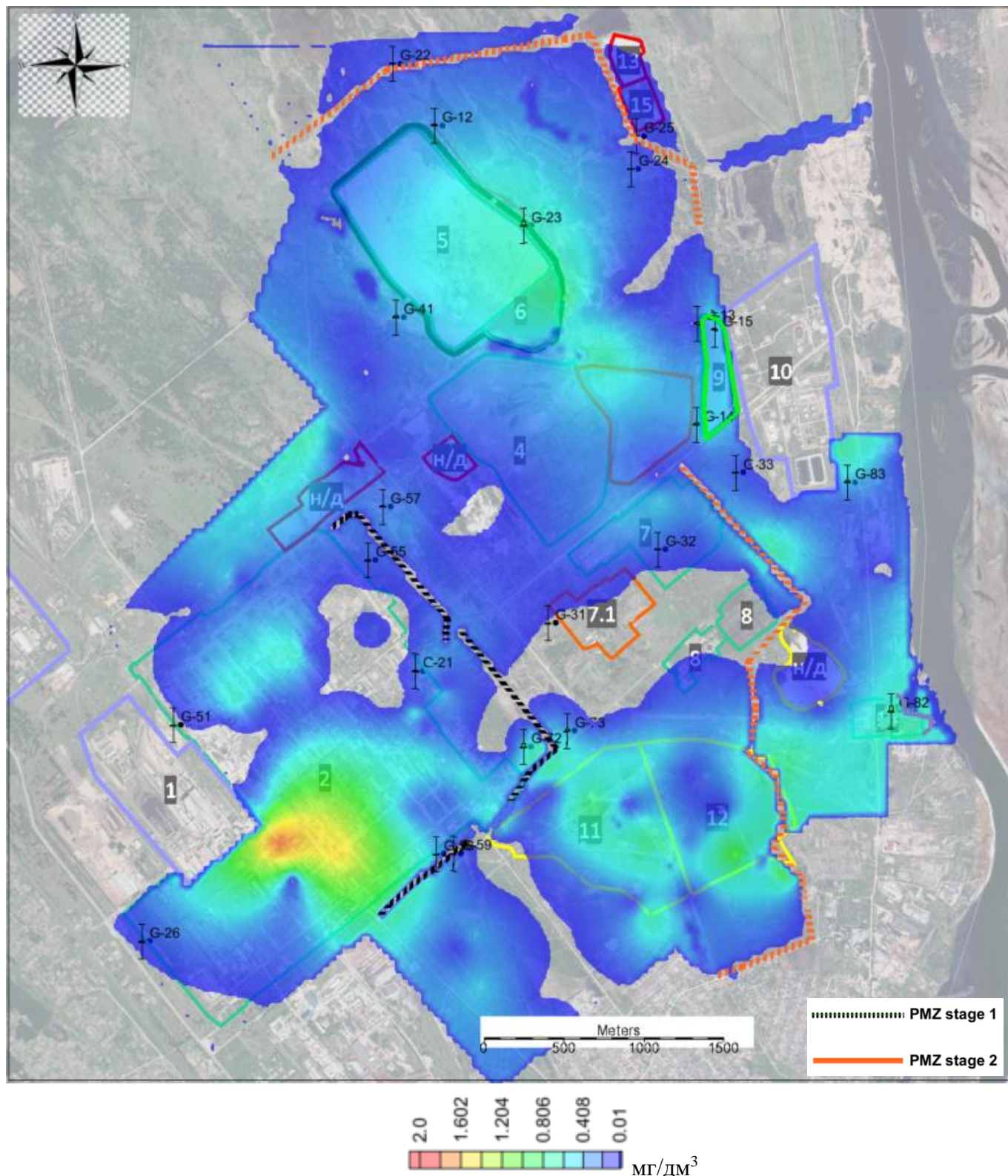
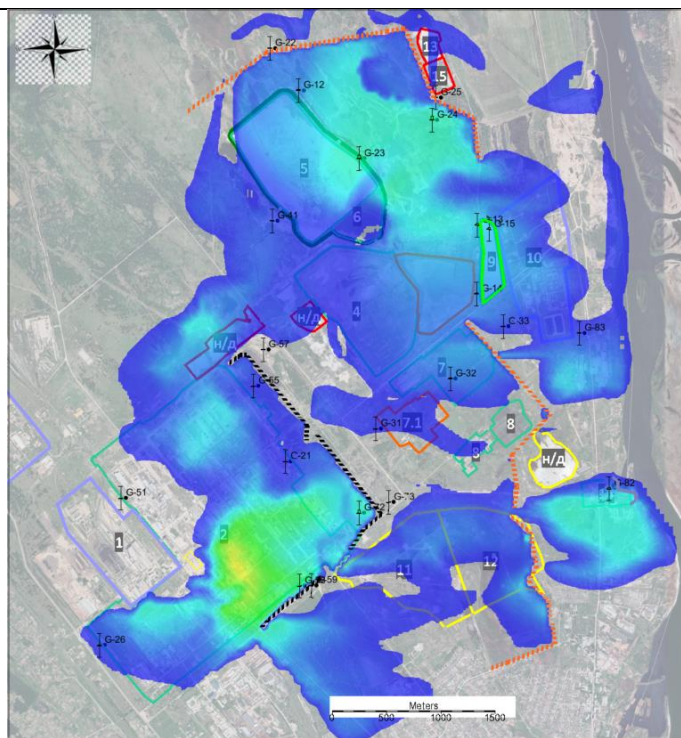


Рис.13.5.1 Схема распределения начальных концентраций соединений мышьяка в подземных водах, принятая на геомиграционной модели в качестве начальных условий, ПДК  $C=0,01$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21)

|              |              |              |      |      |      |       |                 |      |      |
|--------------|--------------|--------------|------|------|------|-------|-----------------|------|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |      |      |      |       | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |      | Лист |
|              |              |              | Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп.           | Дата | 231  |

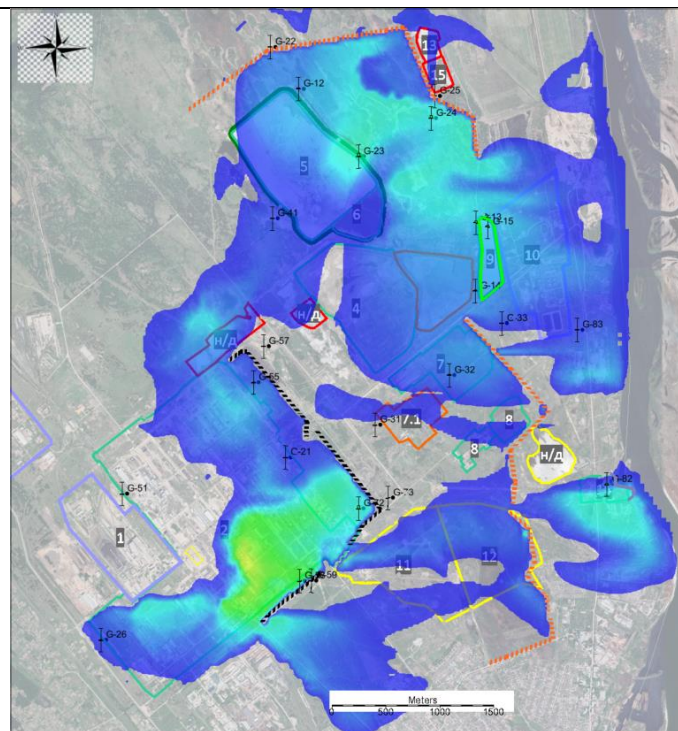
|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

[illegible]

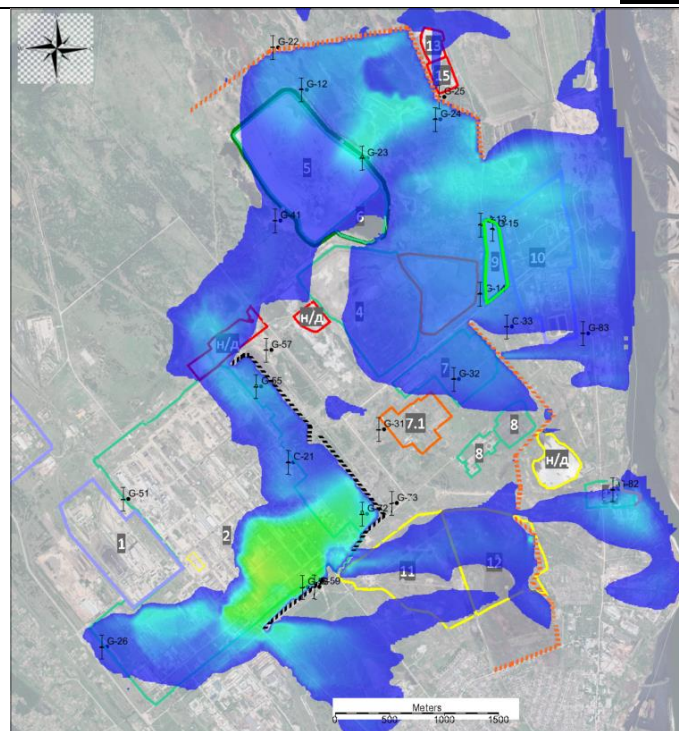
T=10 лет (б)

|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
|--------------|--------------|---------------|-------|-------|------|-----------------|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |       |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
|              |              |               |       |       |      |                 |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист          | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  | Лист |
|              |              |               |       |       |      |                 |  | 232  |

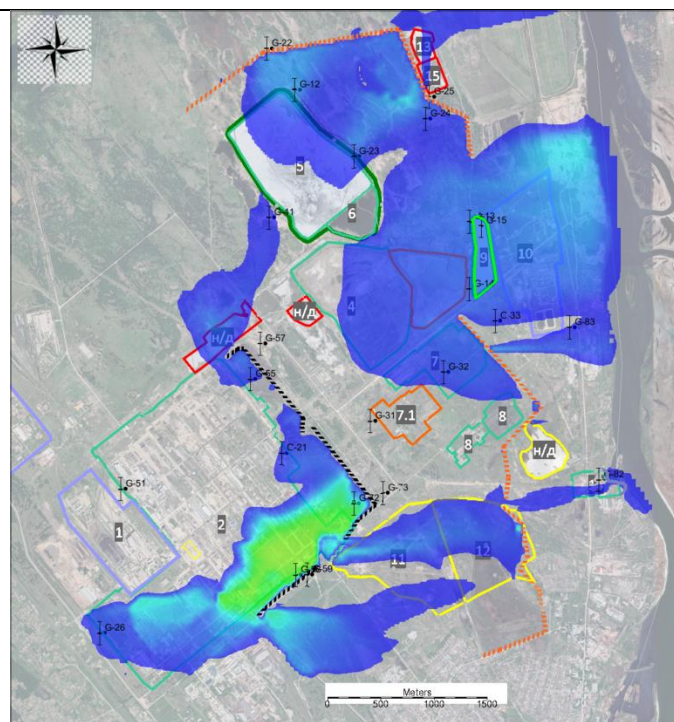




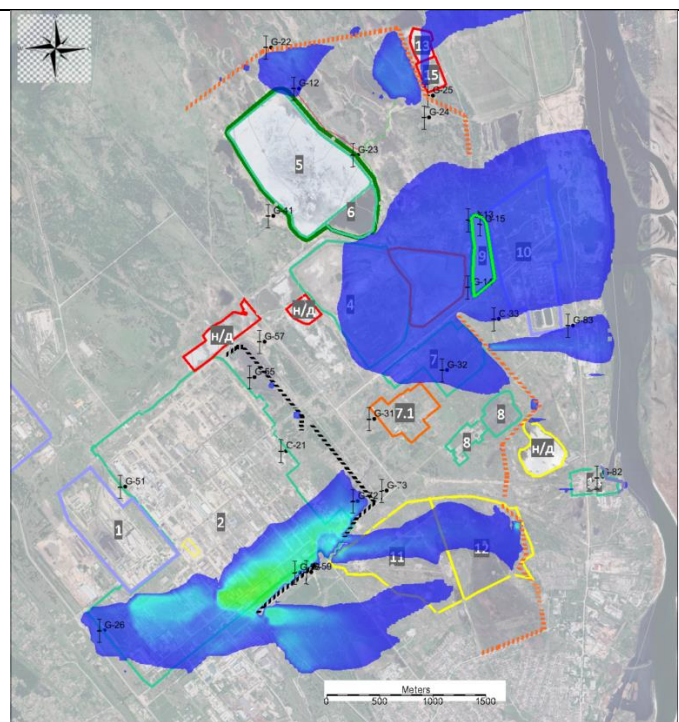
T=20 лет (в)



T=30 лет (г)



T=50 лет (д)



T=100 лет (е)

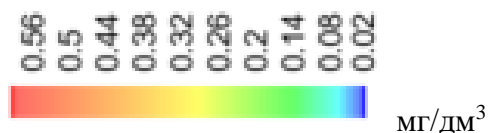


Рис.13.5.2 Прогнозная схема распространения загрязнителя (As), на рассматриваемой территории после устройства мероприятий первого и второго этапов

По результатам прогнозных геомиграционных расчетов на период 100 лет, общая концентрация сорбируемых модифицированной (см. приложение 4) завесой мышьяка в водоносном

|                 |              |      |       |       |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |
|                 | Подл. и дата |      |       |       |      |
|                 |              |      |       |       |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |
|                 |              |      |       |       |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       | Лист |
|                 |              |      |       |       | 233  |

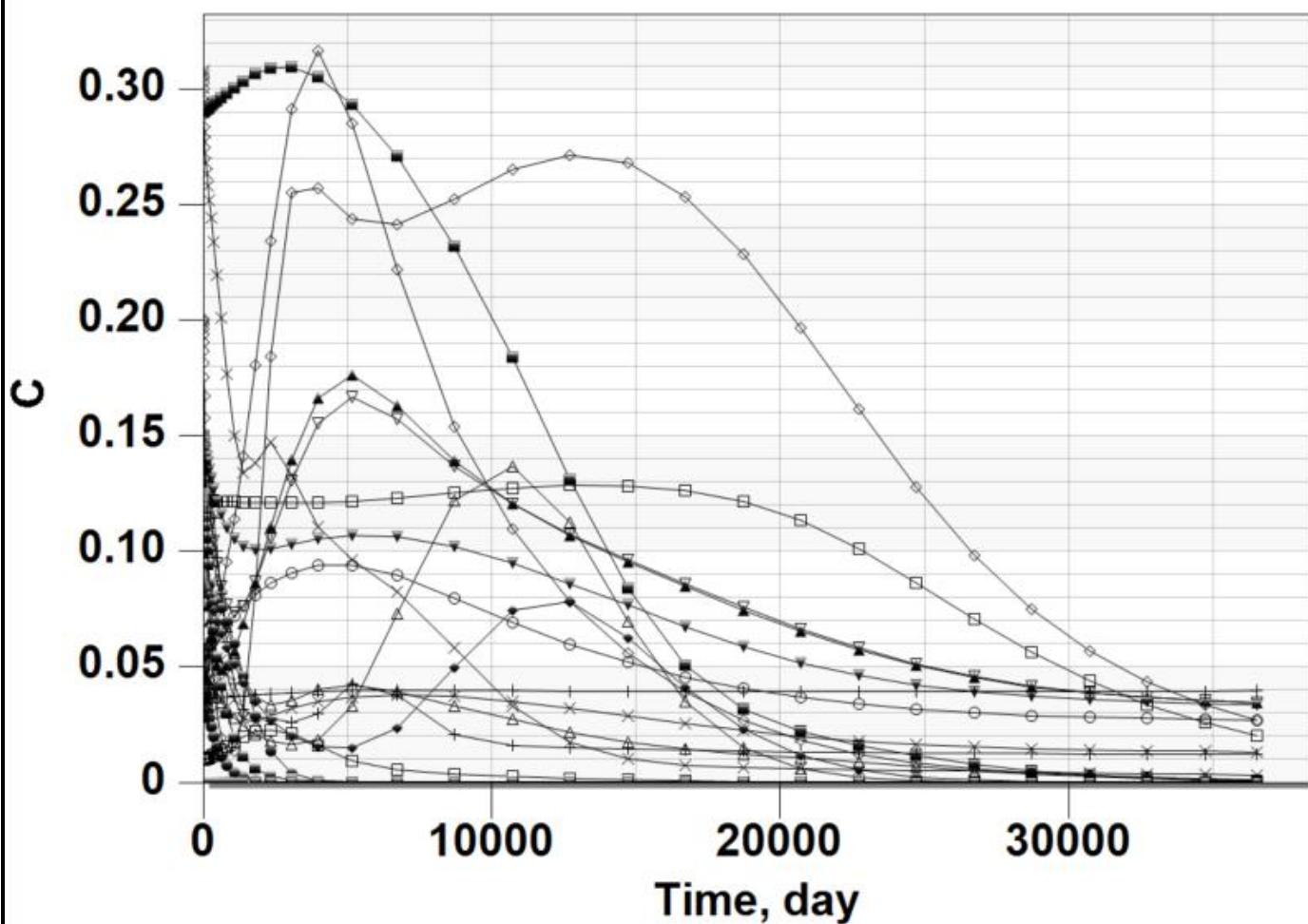


горизонте снижается. Ввиду наличия источников повторного загрязнения подземных вод превышение ПДК в подземных водах по мышьяку на конец расчётного периода сохранится на отдельных участках рассматриваемой территории.

|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |

As



- |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ● G-22            | ▲ G-22 - Observed | □ G-12            | ▼ G-12 - Observed | ■ G-23            |
| + G-23 - Observed | ◇ G-24            | □ G-24 - Observed | ◆ G-25            | ▽ G-25 - Observed |
| △ G-41            | ◇ G-41 - Observed | ▲ G-13            | ▲ G-13 - Observed | ▽ G-15            |
| + G-15 - Observed | ▼ G-14            | + G-14 - Observed | + G-83            | + G-83 - Observed |
| × G-33            | + G-33 - Observed | ○ G-32            | + G-32 - Observed | ● G-57            |
| + G-57 - Observed | □ G-31            | + G-31 - Observed | ■ G-73            | + G-73 - Observed |
| ◇ G-72            | + G-72 - Observed | ◆ G-21            | + G-21 - Observed | △ G-55            |
| + G-55 - Observed | ▲ G-51            | + G-51 - Observed | ▽ G-59            | + G-59 - Observed |
| ▼ G-58            | + G-58 - Observed | + G-26            | + G-26 - Observed | × G-82            |
| + G-82 - Observed |                   |                   |                   |                   |

Рис.13.5.3 Кривые выхода 3В (Cd),  $C \text{ (мг/дм}^3\text{)} = f(t, \text{сут})$ , ПДК  $C=0, 01 \text{ мг/л}$  (СанПиН 1.2.3685-21)

Основные задачи решаемые в ходе прогноза:

1. Оценка существующего распределения нефтепродуктов в подземных водах;
2. Оценка существующего распределения нефтепродуктов в грунтах;
3. Прогноз изменения концентрации нефтепродуктов в подземных водах при реализации проектных мероприятий по ликвидации;

Прогнозные расчеты выполнены на основании ранее калиброванной геофильтрационной модели.

В качестве исходных данных для определения начальных условий по распределению нефтепродуктов использовались материалы лабораторных определений нефтепродуктов как в грунтах, так и в подземных водах (том 5/2020ЕИ-ИЭИ4.2), а также доступные архивные материалы прошлых лет.

|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|-----------------|------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв.№ |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |  |
|              |              |              |       |       |      |                 | 236  |  |
|              |              |              |       |       |      |                 |      |  |



### 13.6.1 Оценка существующего распределения нефтепродуктов в подземных водах

В ходе инженерно-геологических изысканий 2020-2021 годов на рассматриваемой территории, в том числе и на прилегающей к ВЗУ “Ангара”, выполнен отбор проб грунтовых вод с определением концентрации нефтепродуктов.

Анализ общей картины распределения нефтепродуктов позволяет отметить значительные концентрации на большей части территории, при этом выделяется несколько основных очагов распространения ЗВ:

- промплощадка ТЭФ 11 (до 8 мг/дм<sup>3</sup>);
- промплощадка ООО «Усольехимпром» (до 21 мг/дм<sup>3</sup>);
- территория восточнее площадки рассолопромысла к-та «Сибсоль» (до 20 мг/дм<sup>3</sup>);
- участок прилегающий к ВЗУ “Ангара” (до 250 мг/дм<sup>3</sup>).

На рис. 13.6.1.1 представлена схема распространения нефтепродуктов в границах исследуемой территории выполненная на основании результатов лабораторных определений химического состава в подземных водах в период 2020-2021 гг (том 5/2020ЕИ-ИЭИ4.2).

|              |               |      |       |       |      |                 |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      | Лист            |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      |                 |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |               |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      | 237             |

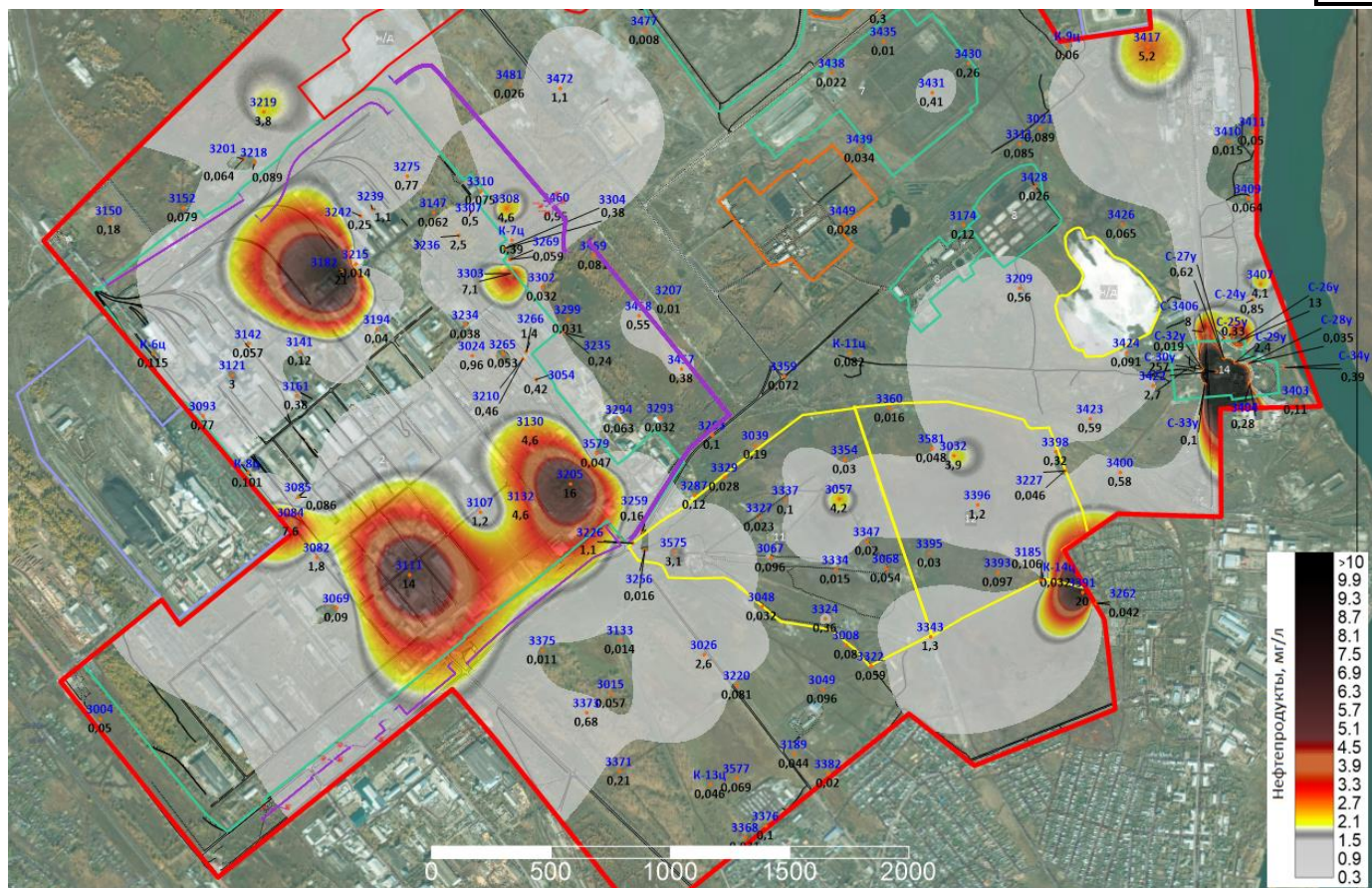


Рис. 13.6.1.1. Схема распространения нефтепродуктов в границах исследуемой территории на основании результатов лабораторных определений химического состава подземных вод в 2020-2021 гг. На карте отмечены точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/дм<sup>3</sup>. На карте выделены только значения, превышающие ПДК  $C \geq 0,3$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21)

Анализ схемы распределения нефтепродуктов позволяет заключить, что более 30% территории расположено в зоне превышения ПДК по содержанию нефтепродуктов. Рассмотрим подробнее территорию прилегающую к ВЗУ “Ангара” (рис. 13.6.1.2).

Как видно из схемы на рис. 13.6.1.2, на прилегающей к ВЗУ территории в 2020-2021 годах выполнен отбор 12 проб на содержание нефтепродуктов – скв. 3406, 3404, С-24у, С-25у, С-26у, С-27у, С-28у, С-29у, С-30у, С-32у, С-33у, С-34у. Плановое положение точек определения представлено на схеме рис. рис. 10.6.1.2.

|                 |              |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | Лист |
|                 |              |      |       |       |      | 238  |



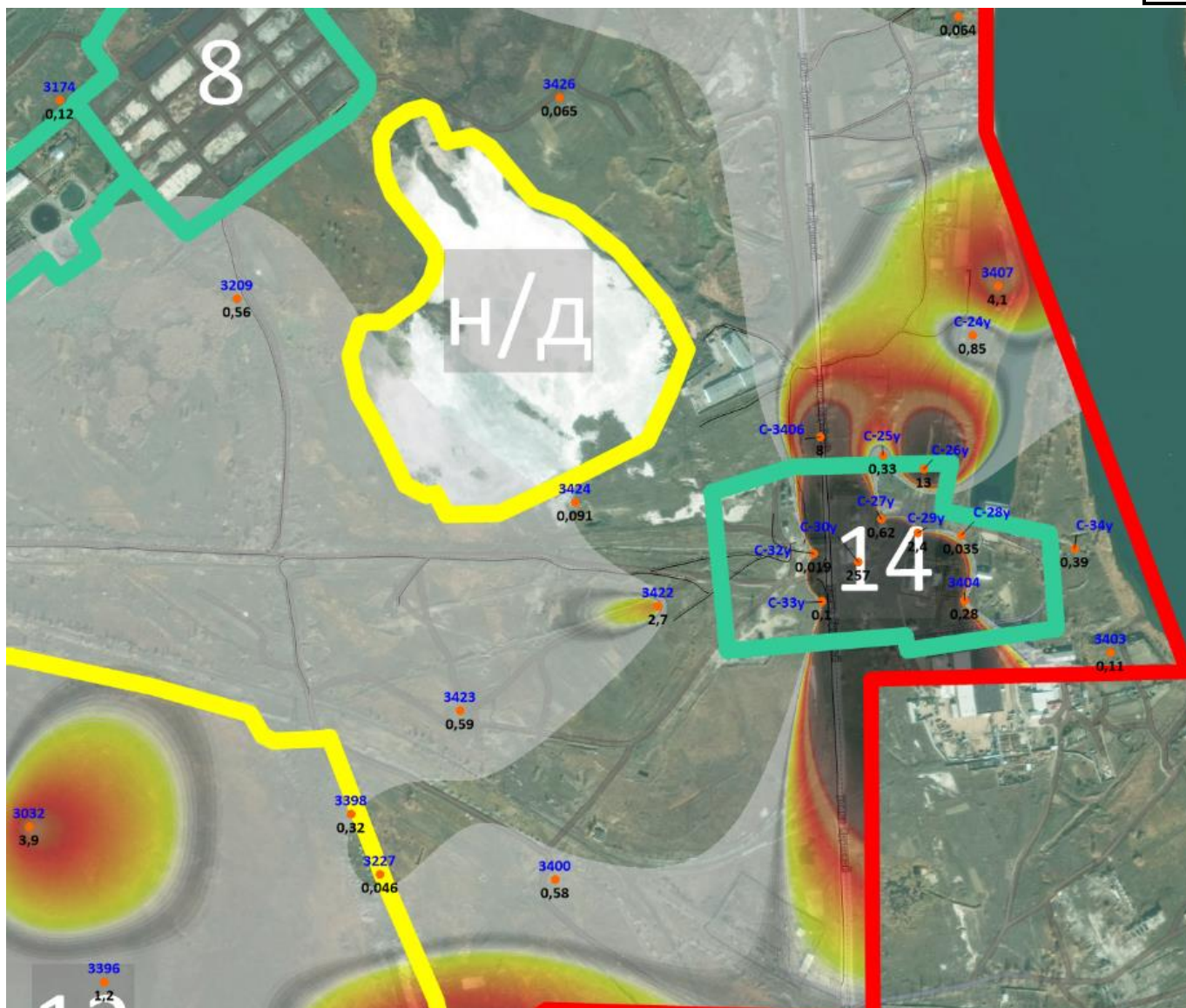


Рис. 13.6.1.2. Положение точек определения концентрации нефтепродуктов в подземных водах выполненных в ходе изысканий 2020-2021 годах. На карте отмечены точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в  $\text{мг/дм}^3$ . На карте выделены только значения, превышающие ПДК  $C \geq 0,3 \text{ мг/л}$  (СанПиН 1.2.3685-21)

Структура потока подземных вод четвертичного водоносного комплекса отражающая основные пути миграции загрязнителя представлена на рис. 13.6.1.3.

Территория размещения водозаборного ковша представляет собой вынесенный от основной береговой линии базис дренирования подземных вод, что в свою очередь определяет направление миграции и аккумуляции загрязняющих веществ направленных с потоком подземных вод.

|              |              |              |       |       |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
|--------------|--------------|--------------|-------|-------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |       |       |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Лист |
|              |              |              |       |       |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 239  |
| Изм.         | Кол.         | Лист         | № док | Подп. | Дата |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |      |



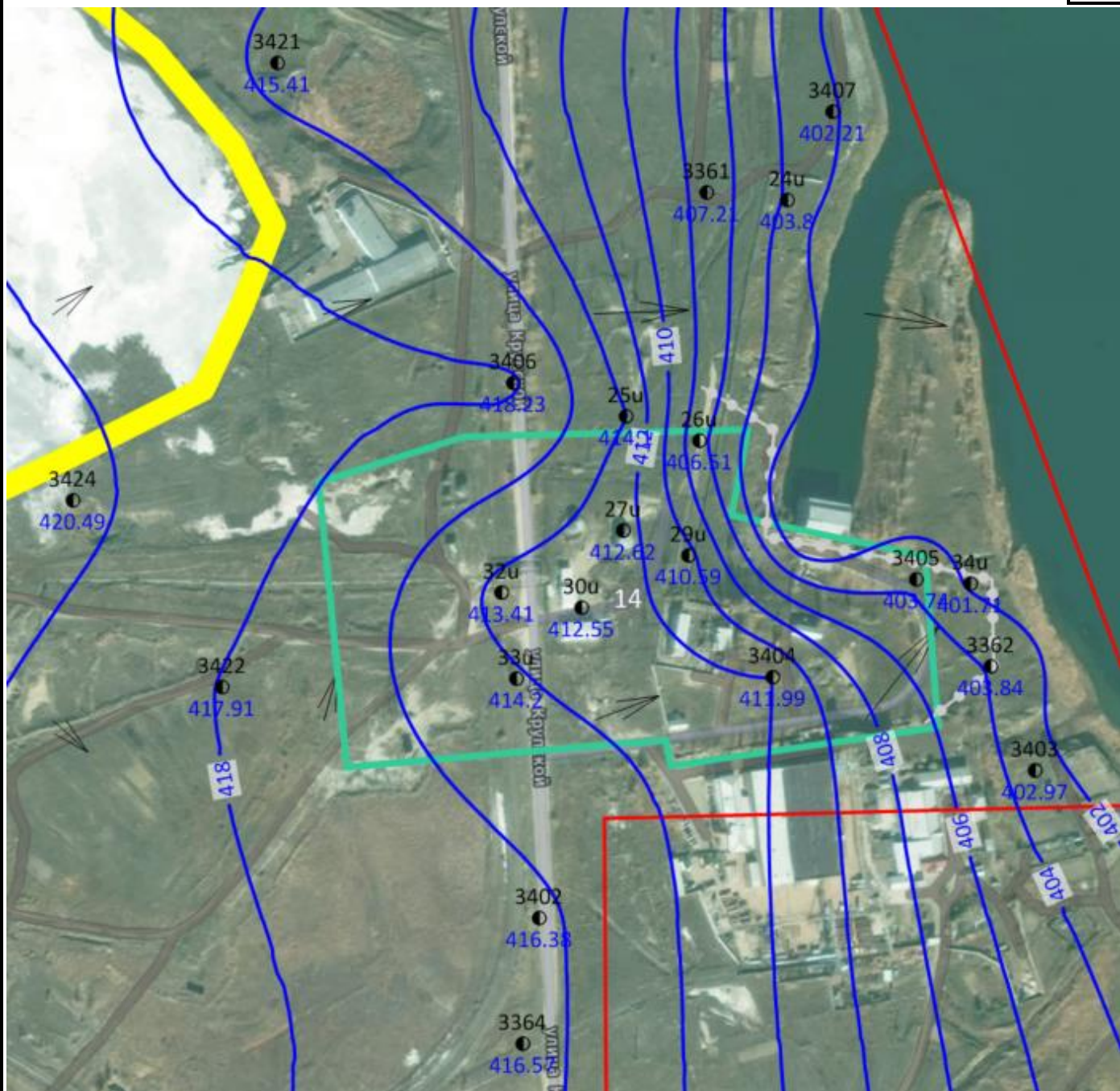


Рис. 13.6.1.3. Схема гидроизогипс четвертичного водоносного горизонта на территории, прилегающей к ВЗУ Ангара (по состоянию на 2020-2021 годы). Стрелками указан вектор скорости потока подземных вод. На карте отмечены точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/дм<sup>3</sup>

Как видно из схем на рис. 13.6.1.2 и 13.6.1.3, наибольшее загрязнение в районе ВЗУ фиксируется скважиной С-30у и достигает 257 мг/дм<sup>3</sup>. Положение скважины приурочено к участку в 50 м южнее резервуаров с нефтепродуктами.

Также в районе ВЗУ наблюдается фронт движения загрязнения в сторону водозаборного ковша севернее основного наблюдаемого очага загрязнения. Так, скважинами С-3406, С-26-у и С-3407 фиксируются значительные концентрации нефтепродуктов достигающие 13 мг/дм<sup>3</sup>. При этом положение скважин С-3406 и С-3407 не позволяет связать наблюдаемые в них загрязнения только с

|                 |              |      |       |       |      |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |      |
|                 | Подл. и дата |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
|                 |              |      |       |       |      |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | Лист |
|                 |              |      |       |       |      | 240  |

возможными утечками из резервуаров, поскольку они расположены вне границ ленты тока проходящей на участке расположения резервуаров.

Таким образом, на рассматриваемой территории можно фиксировать практически повсеместное загрязнение подземных вод нефтепродуктами.

Ранее в 2018 году силами ООО “АГЭ” на основании муниципального контракта №695/Ф.2018.461406 выполнены работы по гидрогеологическим изысканиям на ВЗУ “Ангара”.

Согласно техническому заданию целевым назначением выполнения изысканий является предварительная оценка масштабов и интенсивности очага загрязнения свободными нефтепродуктами участка недр в районе водозабора «Ангара» в г. Усолье-Сибирское.

С 1992 по 2009 гг. Ангарской геологической экспедицией проводился мониторинг подземных вод на территории горного отвода комбината «Сибсоль». За период наблюдений с 1992 по 1993 гг. на территории цеха участка рассолопромысла прослеживалось наличие линзы свободных нефтепродуктов на зеркале грунтовых вод, прослеживающийся от насосной станции до ковша водозабора «Ангара». В 1993 году мощность слоя нефтепродуктов в наблюдательных скважинах составляла 0,5 – 1,5 м на территории цеха и 4,5 м вблизи ковша водозабора. Наибольший слой свободных нефтепродуктов (0,6 – 1,5 м) в наблюдательных скважинах отмечался в 1993, 1997 и 1999 г вблизи насосной станции цеха рассолопромысла (скв. 21, 23). Вблизи ковша водозабора наибольший слой нефтепродуктов наблюдался в 1992, 1993, 2000, 2009 гг. (скв. 8, 8а). По результатам предшествующих работ было установлено, что основная масса свободных нефтепродуктов, в виде пропитанных нефтепродуктами грунтов, приурочена к цеху рассолопромысла комбината «Сибсоль», где расположены нефтехранилища и станция перекачки нефтепродуктов к рассолодобычным скважинам. При этом мощность линзы загрязнителя увеличивается (см. рис. 10.6.1.4) от насосной станции к ковшу водозабора по направлению движения грунтовых вод. В крест потока мощность линзы увеличивается от 0,0 м (скв. 9) до 0,5 м (скв. 22). Достигая максимума в этом сечении 0,75 м (скв. 21). Из чего следовало, что основной источник загрязнения локализуется вблизи насосной станции.

Кроме всего материалами отчета ООО “АГЭ” отмечается на береговой части участка водозабора наличие законсервированной рассолодобычной скважины комбината «Сибсоль». В трубе, выходящей из скважины, отмечается наличие густого нефтепродукта. Есть вероятность того, что нефтепродукт, закаченный в соляную камеру при добыче рассолов, до сих пор находится там и при создании пластового давления или обрушения кровли камеры его выдавливает на поверхность. А значит, при разгерметизации скважины или выходе из строя задвижек возможен выброс из скважины значительного количества нефтепродуктов на дневную поверхность, а в следствии и в р. Ангарау.

|             |              |   |      |      |       |       |      |                 |      |
|-------------|--------------|---|------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Взам. Инв.№ | Подп. и дата | Кроме всего материалами отчета ООО “АГЭ” отмечается на береговой части участка водозабора наличие законсервированной рассолодобычной скважины комбината «Сибсоль». В трубе, выходящей из скважины, отмечается наличие густого нефтепродукта. Есть вероятность того, что нефтепродукт, закаченный в соляную камеру при добыче рассолов, до сих пор находится там и при создании пластового давления или обрушения кровли камеры его выдавливает на поверхность. А значит, при разгерметизации скважины или выходе из строя задвижек возможен выброс из скважины значительного количества нефтепродуктов на дневную поверхность, а в следствии и в р. Ангару. |      |      |       |       |      |                 |      |
|             |              |   |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|             |              | Изм.  | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |                 | 241  |

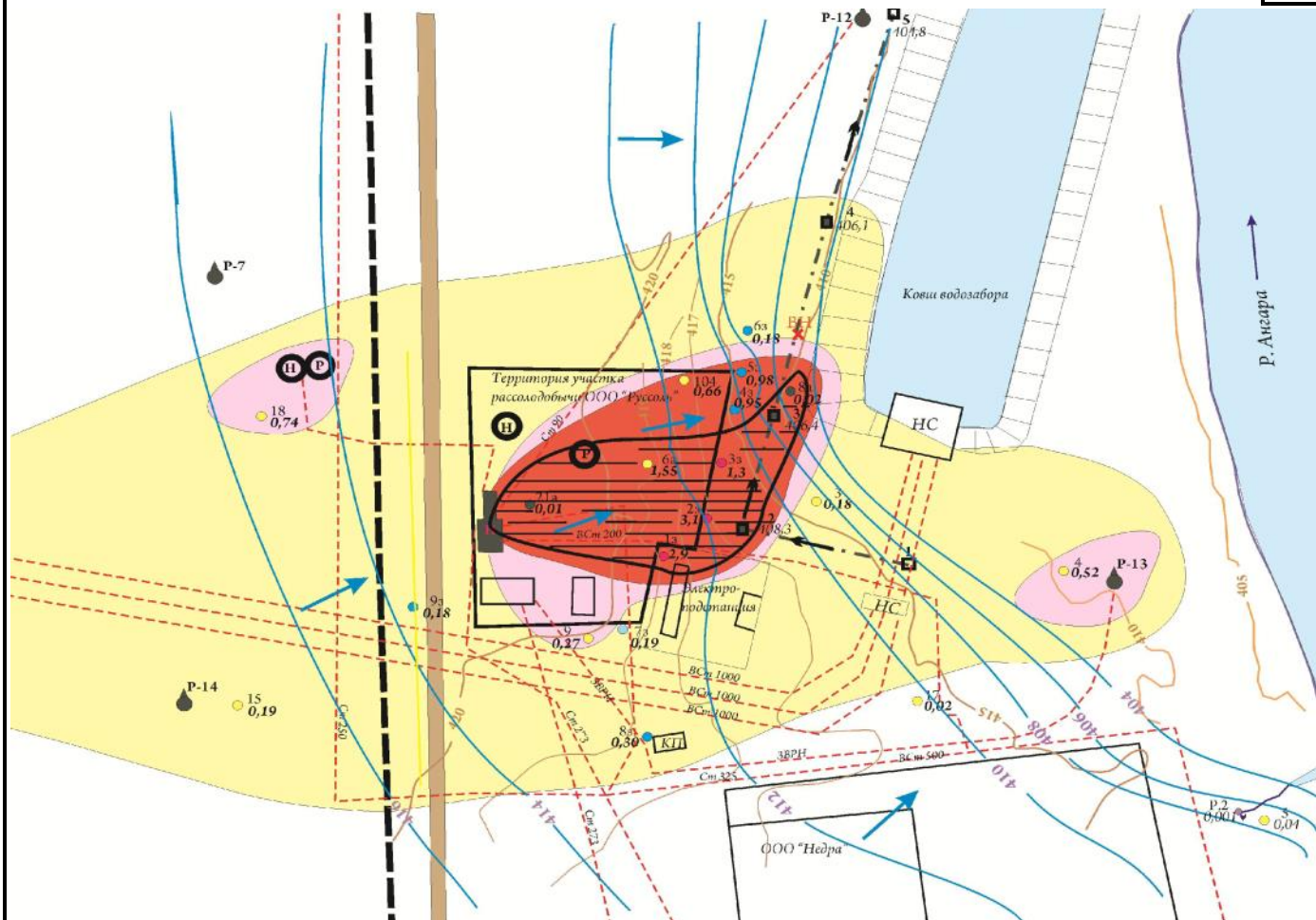
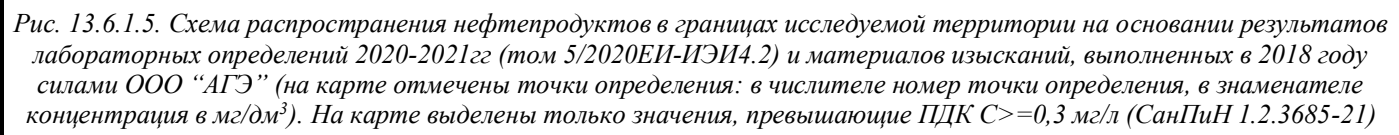


Рис. 13.6.1.4. Схема загрязнения участка водозабора «Ангара» нефтепродуктами на октябрь 2018 г (по материалам отчета ООО «АГЭ»)

|                 |              |      |       |       |      |              |  |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|--------------|--|
| Инв. № подл.    | Подп. и дата |      |       |       |      | Взаим. Инв.№ |  |
|                 |              |      |       |       |      |              |  |
|                 |              |      |       |       |      |              |  |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |              |  |
|                 |              |      |       |       |      |              |  |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       |      | Лист         |  |
|                 |              |      |       |       |      | 242          |  |



|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|



|      |
|------|
| Лист |
| 243  |

Анализа обобщенной схемы распределения нефтепродуктов представленной на рис. 13.6.1.5 позволяет выделить в районе водозаборного узла в подземных водах две основных зоны загрязнения нефтепродуктами - зона 1 и 2.

Значительная часть зафиксированных при изысканиях очагов загрязнения подземных вод нефтепродуктами, подтверждаемая представительным набором фактических данных, приурочена к участкам ранее расположенных и демонтированных углеводородсодержащих ёмкостей, агрегатов, подземных хранилищ и коммуникаций (зона 1).

Наблюдаемое на территории водозабора загрязнение подземных вод нефтепродуктами связано не только с возможными утечками из резервуаров. Так, в 100-150 м севернее бывших резервуаров хранения, на основании скважин С-3406, С-26у, С-24у и С-3407 прослеживается зона 2. При этом положение зоны не позволяет напрямую связать наблюдаемые в них загрязнения только с возможными утечками из резервуаров. Влияние зоны 1 на зону два может проявляться только в скважине С-26у. При этом важно отметить, что положение зоны 2 указано условно, на основании четырех проб подземных вод из скважин, что не позволяет локализовать контур и достоверно определить источник.

Далее, для определения источников повторного загрязнения проведем анализ содержания нефтепродуктов в пробах грунта.

|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |      |
|--------------|--------------|-------------|-------|-------|------|-----------------|--|--|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. Инв.№ |       |       |      |                 |  |  | Лист |
|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |      |
|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |      |
|              |              |             |       |       |      |                 |  |  |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист        | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |  | 244  |





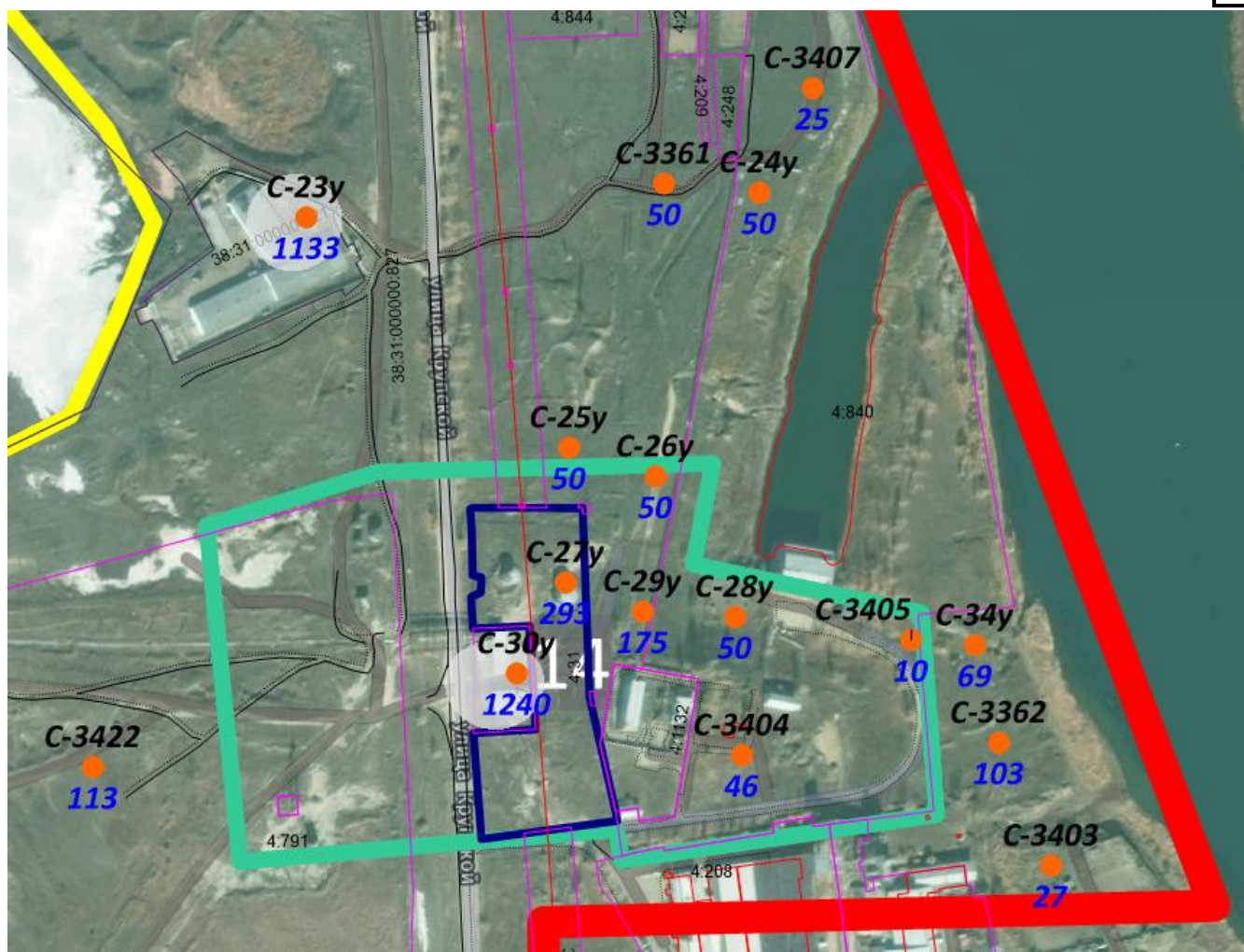


Рис. 13.6.2.2 Схема распространения нефтепродуктов в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 0,5–1,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/кг

|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взаим. Инв.№    |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|              |              |      |       |       |      | Лист            |  |
|              |              |      |       |       |      | 246             |  |





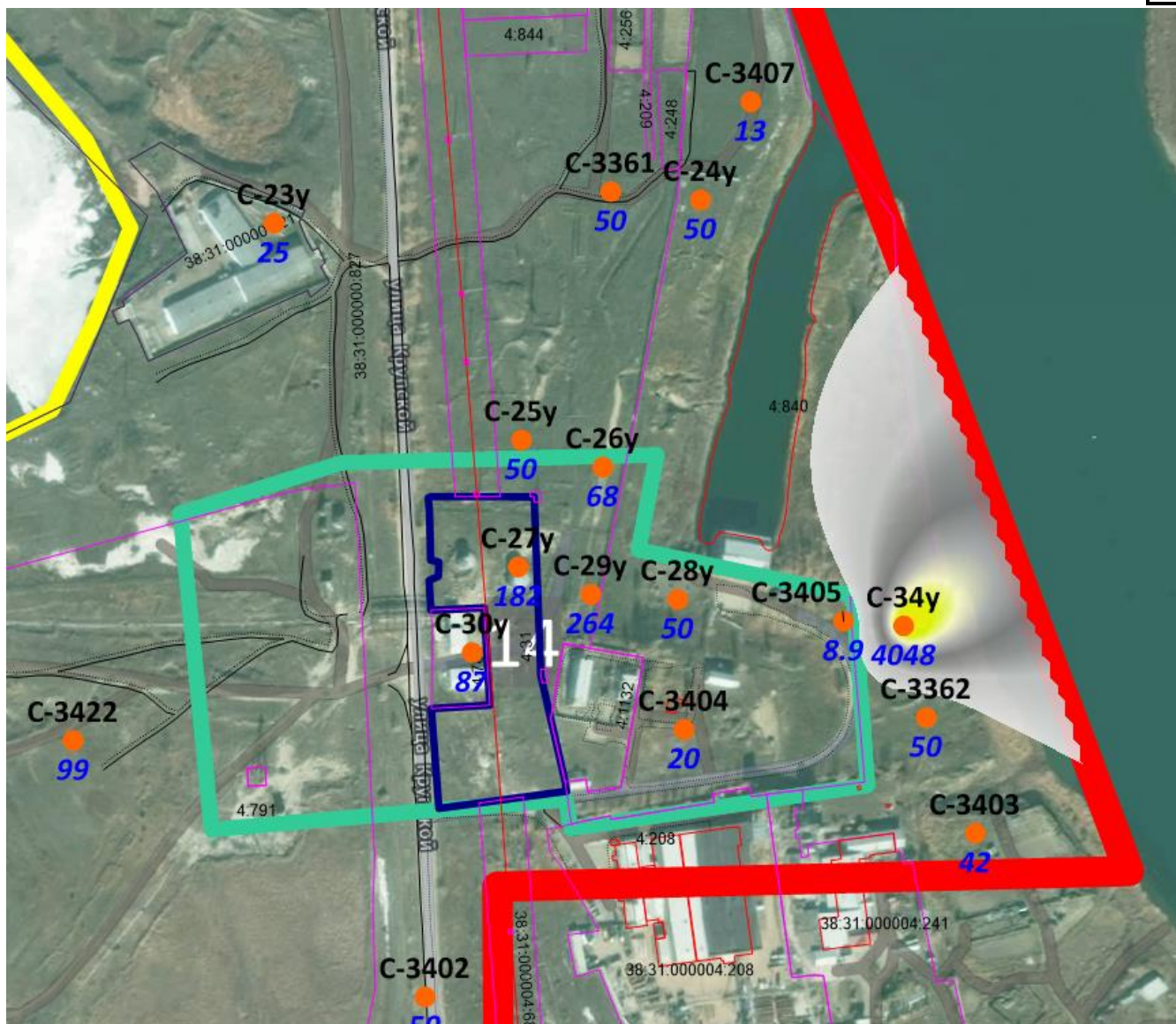


Рис. 13.6.2.4. Схема распространения нефтепродуктов в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 2,0–3,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/кг

|              |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |
|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата | Инв. № подл. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Лист<br>248 |
|              |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |
|              |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |
|              |              |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |

5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ



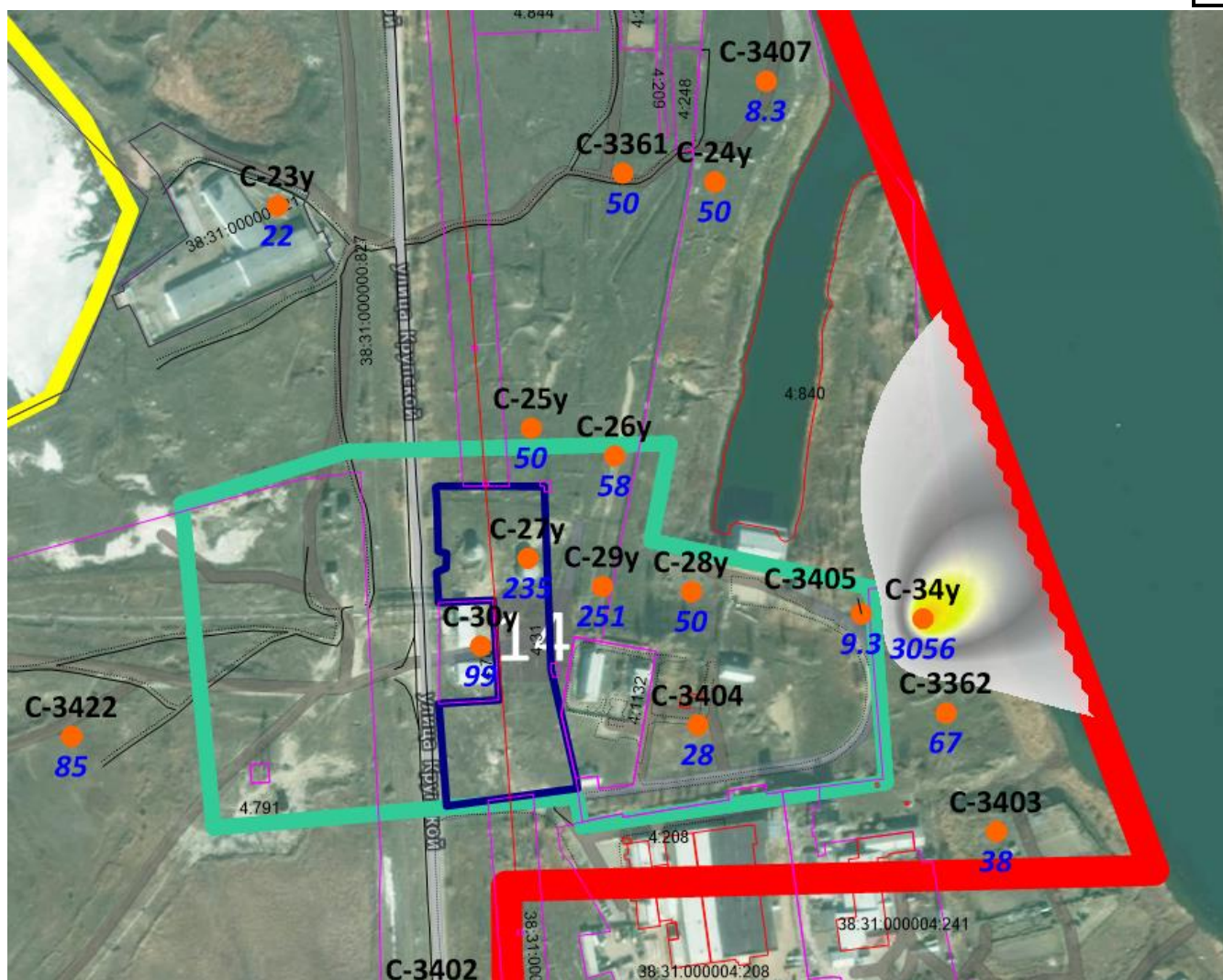


Рис. 13.6.2.5. Схема распространения нефтепродуктов в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 3,0–4,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/кг

|              |               |      |       |       |      |             |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |             |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |             |
|              |               |      |       |       |      |             |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата | Лист<br>249 |
|              |               |      |       |       |      |             |

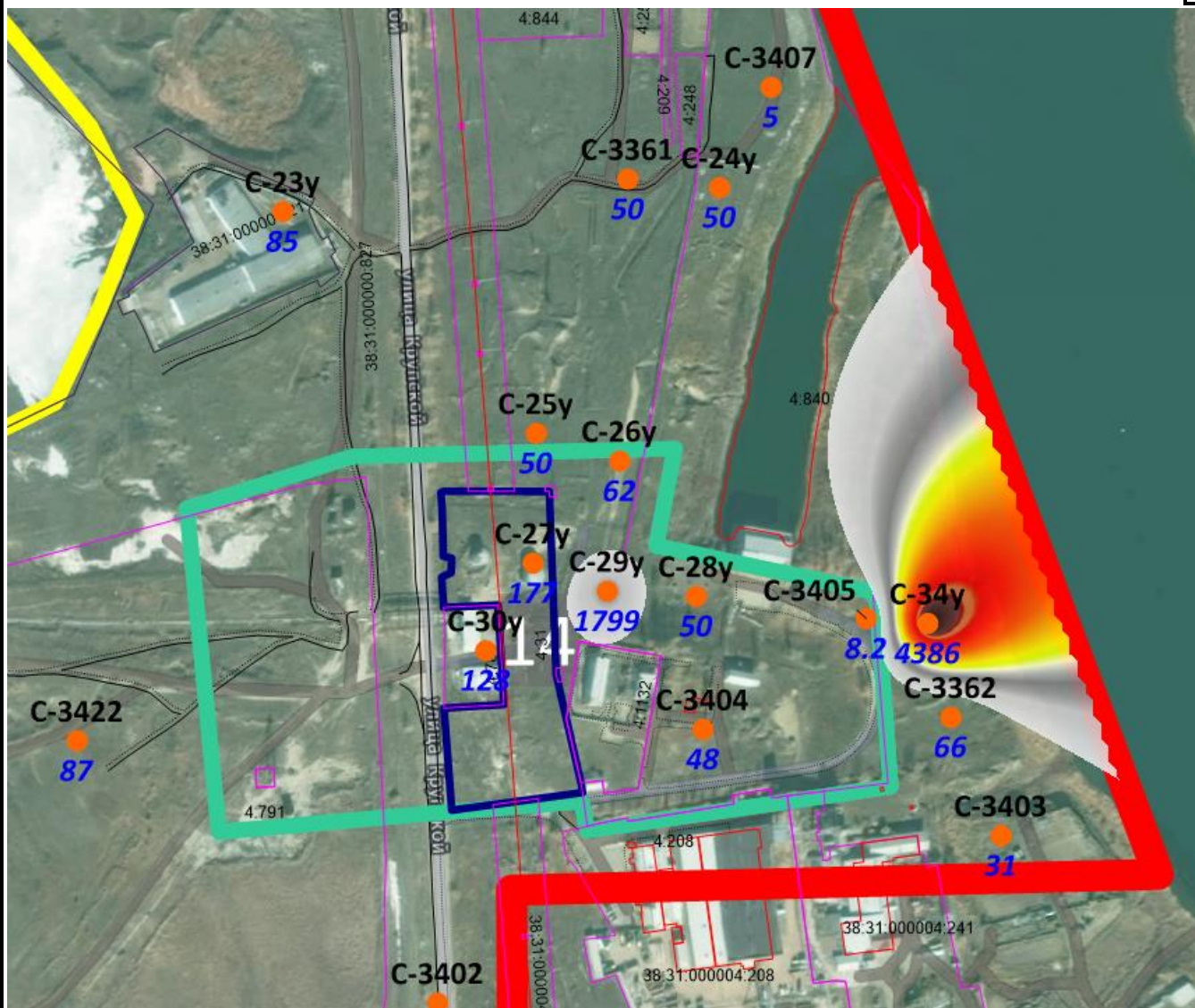


Рис. 13.6.2.6 Схема распространения нефтепродуктов в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 4,0–5,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/кг

|              |               |      |       |       |      |                 |
|--------------|---------------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв. № |      |       |       |      |                 |
|              | Подп. и дата  |      |       |       |      |                 |
|              |               |      |       |       |      |                 |
| Изм.         | Кол.          | Лист | № док | Подп. | Дата |                 |
|              |               |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|              |               |      |       |       |      | Лист            |
|              |               |      |       |       |      | 250             |







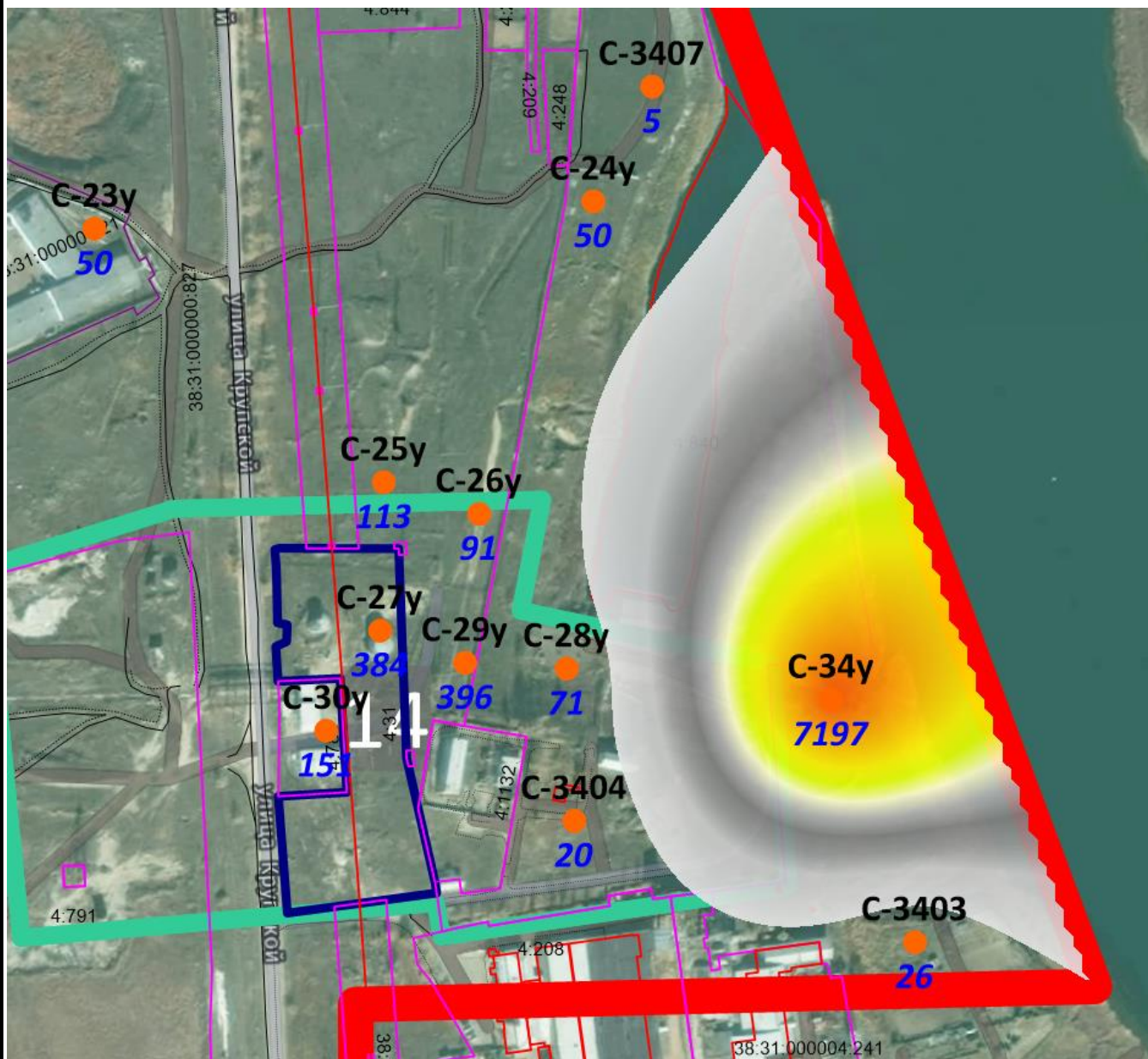


Рис. 13.6.2.8 Схема распространения нефтепродуктов в грунтах в границах исследуемой территории в интервале 6,0–10,0 м. На карте отмечены номера точки определения: в числителе номер точки определения, в знаменателе концентрация нефтепродуктов в мг/кг

|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|--|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взаим. Инв.№    |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |  |
|              |              |      |       |       |      |                 |  |
|              |              |      |       |       |      | Лист            |  |
|              |              |      |       |       |      | 252             |  |

### 13.6.3 Прогнозные расчёты распространения нефтепродуктов (без учета мероприятий по ликвидации)

Для прогнозной оценки эффективности мероприятий по ликвидации загрязняющих веществ, на геомиграционной модели выполнены прогнозные расчёты.

В качестве начальной концентрации для расчётов принято распределение нефтепродуктов в подземных водах на основании результатов лабораторных определений 2020-2021 гг (том 5/2020ЕИ-ИЭИ4.2) и материалов изысканий, выполненных в 2018 году силами ООО “АГЭ”.

На рисунке 13.6.3.1 представлена схема распространения нефтепродуктов на территории ВЗУ принятая в геомиграционной модели в качестве начальных полей концентрации.

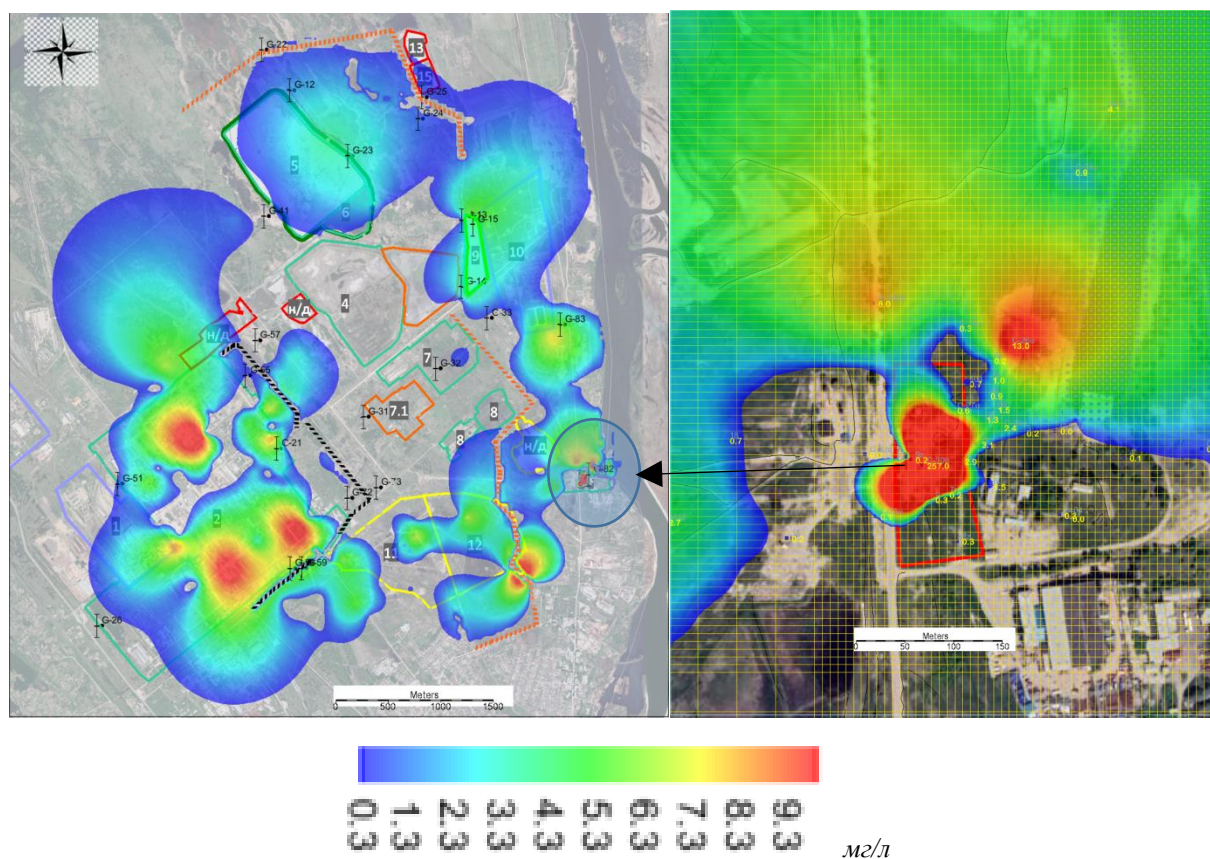


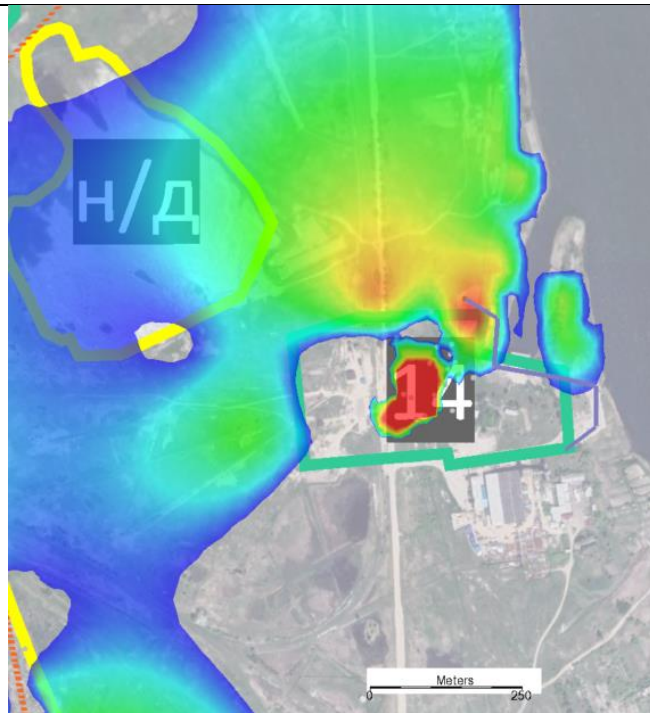
Рис. 13.6.3.1. Схема распространения нефтепродуктов на территории ВЗУ принятая в геомиграционной модели в качестве начальных полей концентрации. На карте выделены только значения, превышающие ПДК  $C > 0,3$  мг/л (СанПиН 1.2.3685-21)

Для учёта вторичного загрязнения нефтепродуктами подземных вод, на загрязненных участках фиксируемых скважинами вблизи ВЗУ в пробах грунта (С-29у, С-30у, С-34у) в блоках модели заданы концентрации нефтепродуктов в подземных водах. Величина концентрации принята равной значению фиксируемому в подземных водах.

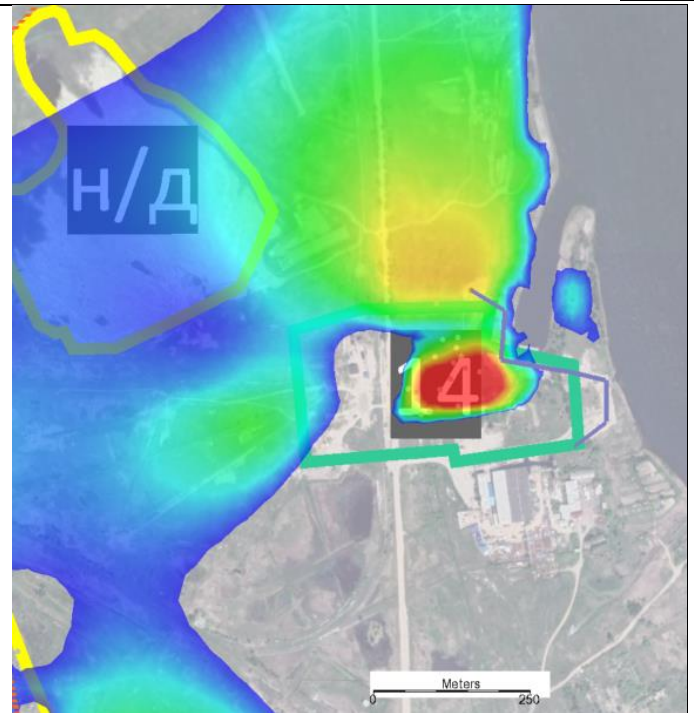
Прогноз распространения загрязнения выполнен на 100-летний период. Развитие загрязнения представлено на рис. 13.6.3.2а...е.

|              |              |      |       |       |      |  |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|--|
| Инв. № подл. | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |  |
|              | Подп. и дата |      |       |       |      |  |
|              |              |      |       |       |      |  |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |  |
|              |              |      |       |       |      |  |
|              |              |      |       |       |      |  |

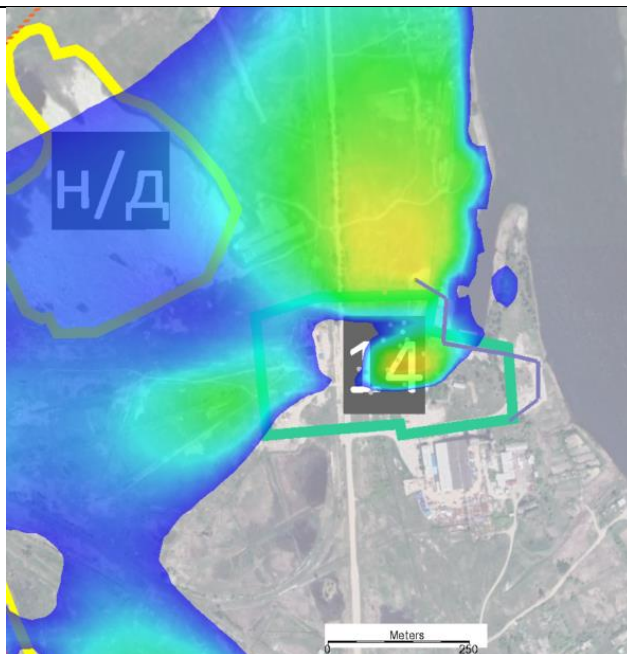




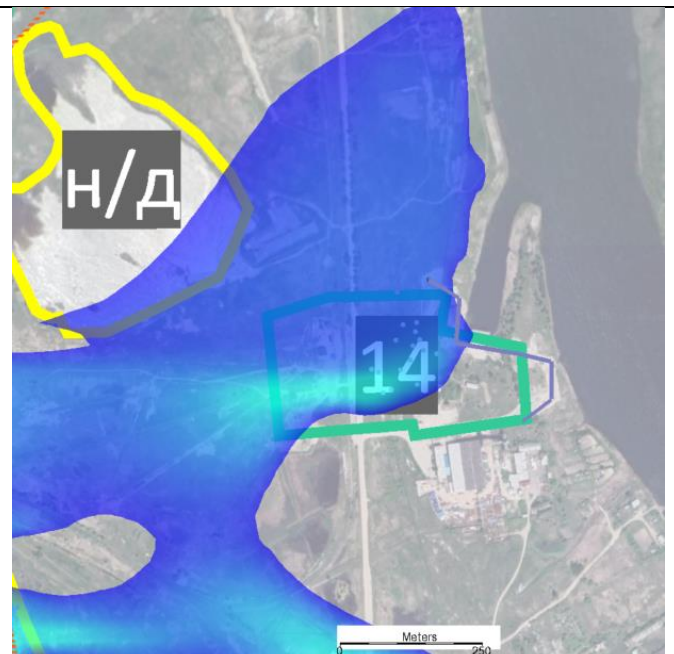
Текущее состояние/начальные условия (а)



Прогнозный период. T=1 год (б)



T=5 лет (в)



T=10 лет (г)



|              |  |
|--------------|--|
| Взаим. Инв.№ |  |
| Подп. и дата |  |
| Инв. № подл. |  |

|      |      |      |       |       |      |
|------|------|------|-------|-------|------|
|      |      |      |       |       |      |
| Изм. | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |



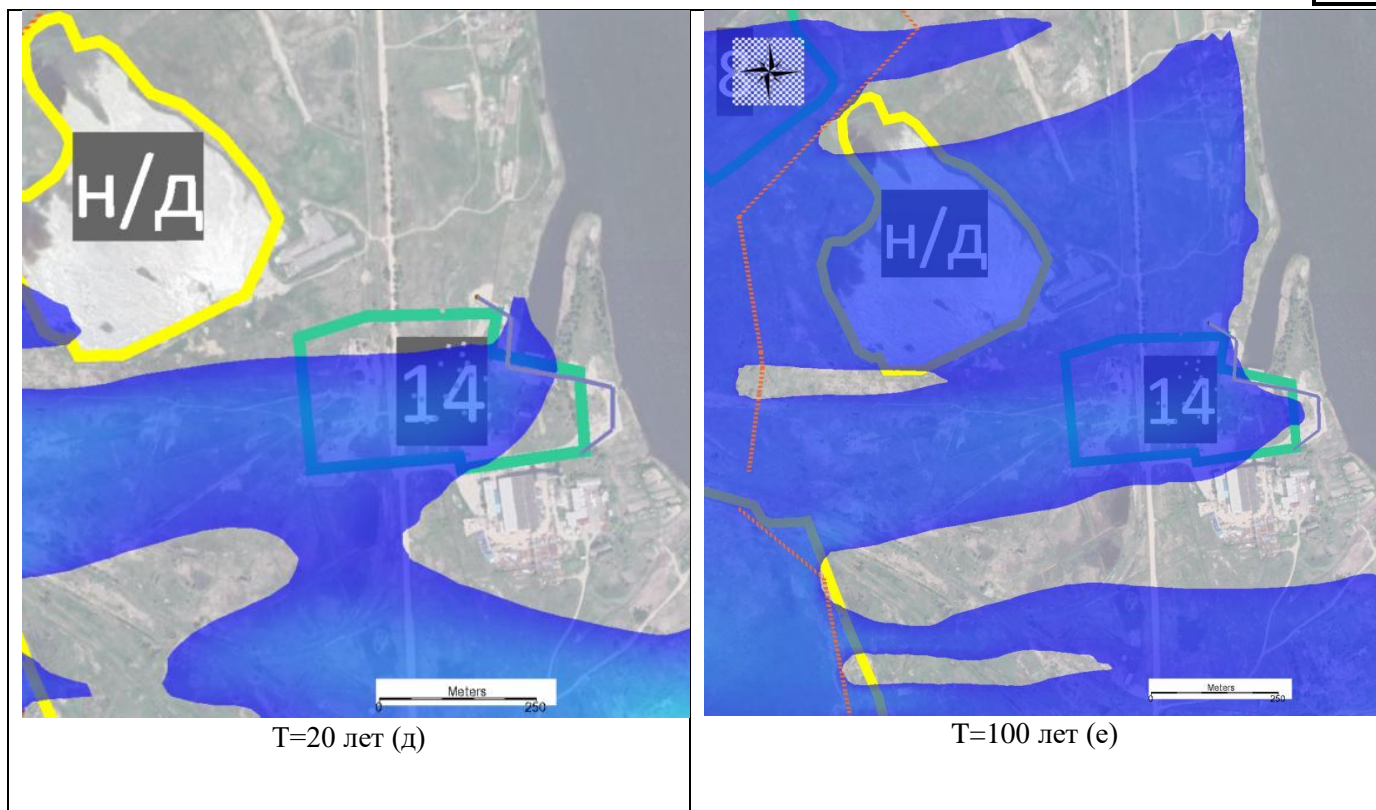


Рис. 13.6.3.2. Прогнозные карты распространения нефтепродуктов в первом от поверхности водоносном горизонте на 100-летний период

Прогнозные миграционные расчёты распределения нефтепродуктов (без разделения на фракции) выполнены без учета биodeградации и процессов сорбции интенсивность которых на изучаемой площадке не определена.

Результаты прогнозного моделирования позволяют заключить, что относительно фиксируемых условий (2020-2021 гг) на расчётный срок 100 лет, при отсутствии повторного загрязнения подземных вод нефтепродуктами, на окружающей территории, загрязнение нефтепродуктами сократится до значений близких к ПДК (0,3 мг/л, рис. 13.6.3.2е). Следует отметить, что с потоком подземных вод на территорию ВЗУ поступают нефтепродукты с расположенной выше по потоку территории, которые формируют дополнительные ореолы загрязнения.

Согласно заданию Заказчика для ликвидации нефтяного загрязнения рассмотрен вариант устройства шпунтового ограждения согласно схеме представленной на рис. 13.6.3.3.

|                 |              |      |       |       |      |
|-----------------|--------------|------|-------|-------|------|
| Инв. № подл.    | Взаим. Инв.№ |      |       |       |      |
|                 | Подп. и дата |      |       |       |      |
|                 |              |      |       |       |      |
| Изм.            | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата |
|                 |              |      |       |       |      |
| 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |              |      |       |       | Лист |
|                 |              |      |       |       | 255  |

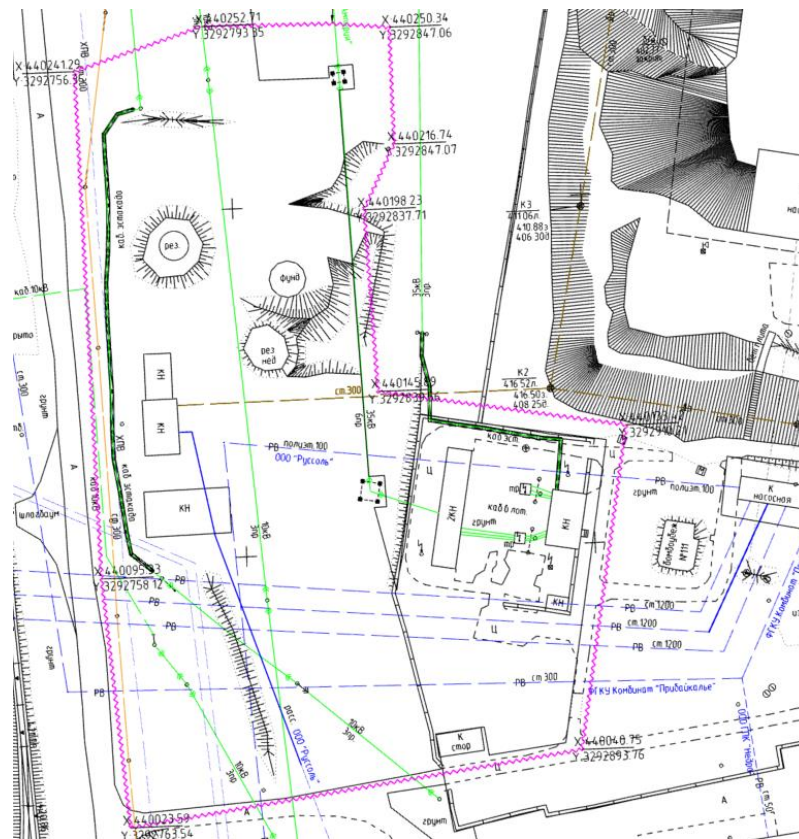


Рис. 13.6.3.3. План-схема с вариантом противомиграционных мероприятий (шпунтовое ограждение)

Условные обозначения

 - шпунтовое ограждение

Профиль вдоль трассы шпунтового ограждения представлен на рис. 13.6.3.4. Как видно из профиля, шпунтовое ограждение, не совершенное по степени вскрытия водоносного горизонта, и перекрывает 30-70% водонасыщенной части.

Согласно материалам лабораторных исследований, на рассматриваемой территории встречаются различные формы загрязнения нефтепродуктов в грунтовых водах: плавающая «линза» нефтепродуктов, мощность которой может достигать метров, зона «плёночного» растекания и зона растворённых нефтепродуктов. В отношении первых двух форм загрязнителя предлагаемые к реализации мероприятия будут в относительной степени эффективны, поскольку ввиду плотностной разницы контаминант расположен на поверхности уровня грунтовых вод. В тоже время растворенные формы нефтепродуктов, составляющие согласно выполненным лабораторным определениям значительную часть загрязнения, не могут быть локализованы шпунтовым ограждением, поскольку последнее не перекрывает полностью поток подземных вод.

|              |              |      |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата |      |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |      |       |       |      |                 |      |
| Инв. № подл. |              |      |      |       |       |      | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |      |      |       |       |      |                 | 256  |
|              | Изм.         | Кол. | Лист | № док | Подп. | Дата |                 |      |



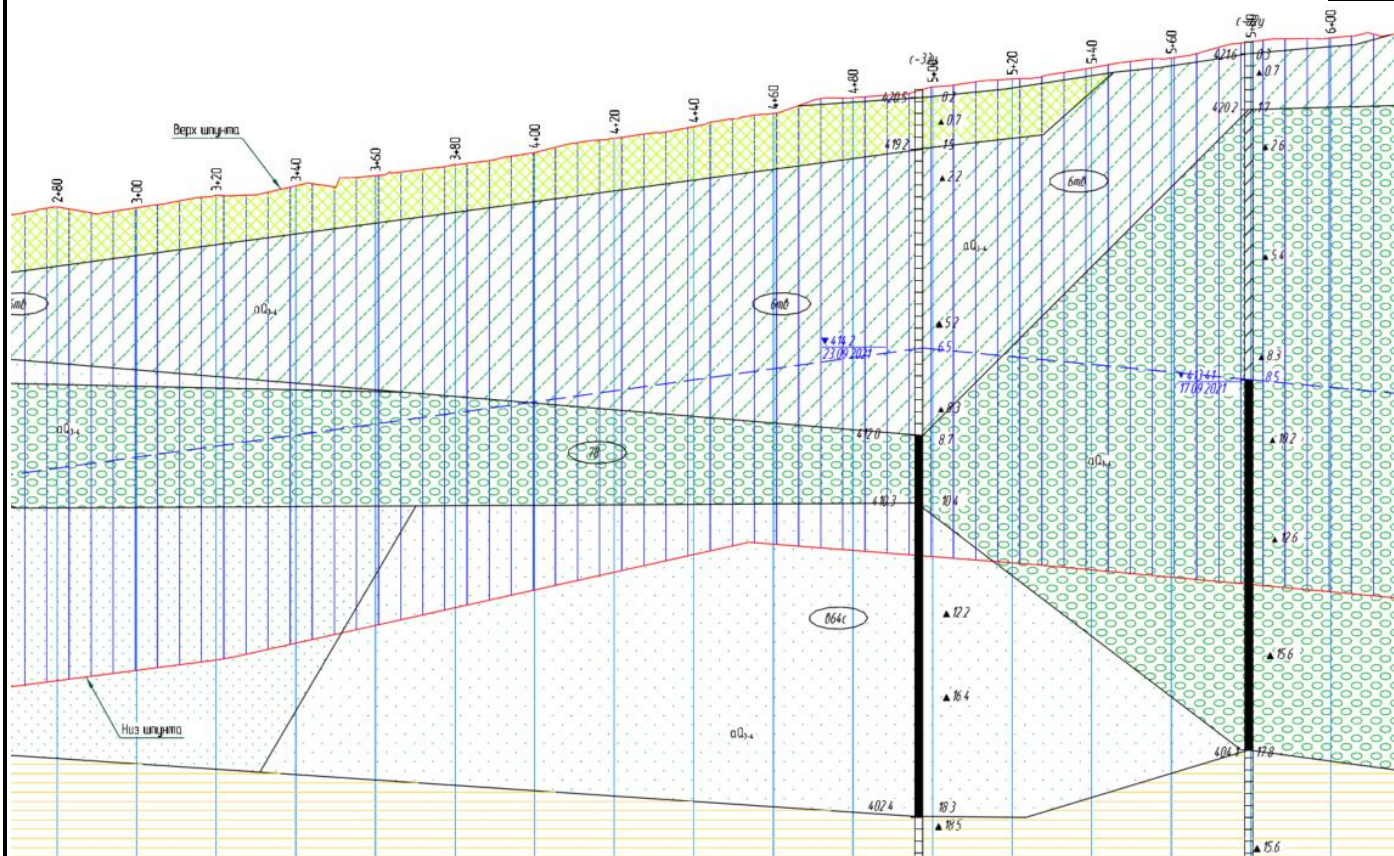


Рис. 13.6.3.4. Схема с положением шпунтового ограждения относительно водоносного горизонта

Таким образом, предлагаемые мероприятия по локализации загрязнителя не позволяют в полной мере ограничить его распространение. Работы по локализации нефтяной линзы, как правило, выполняются путём создания с помощью дрен или скважин депрессионной воронки, к которой направляется основной поток загрязненных подземных вод, откачиваемый далее с помощью насосов. Откачанные загрязнённые воды отводятся в наземные очистные сооружения, а очищенные – могут закачиваться обратно в горизонт через водопоглощающие скважины. Количество необходимых циклов оборота подземных вод для полной очистки определяется экспериментально, так как процесс очистки является многофакторным и может растянуться на многие годы, если объём накопленных нефтепродуктов значителен. В тоже время если выполнено извлечение загрязненных нефтепродуктами грунтов, то развитие дополнительного загрязнения не ожидается и прогноз развития контаминанта сводится к расчёту конвективного переноса, рассмотренного выше и представленного на рис. 13.6.3.2а...е.

|              |  |              |  |               |  |
|--------------|--|--------------|--|---------------|--|
| Инв. № подл. |  | Подп. и дата |  | Взаим. Инв. № |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |
|              |  |              |  |               |  |



|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

## Шламонакопитель

- Устройство по поверхности шламонакопителя противофильтрационного экрана (сокращение инфильтрационного питания с 300 до 5-10 мм/год, исключение возможности эвапотранспирации с поверхности шламонакопителя);

- Перераспределение поверхностного стока с территории шламонакопителя и его сбросом на восток (увеличение инфильтрационного питания на территории восточнее шламонакопителя);

- Ликвидация водоёма, оказывающего дренирующее влияние и расположенного в южной части шламонакопителя (учтено удалением водоёма расположенного на юге шламонакопителя).

- Также дополнительно рассмотрено устройство П-образной несорбирующей завесы.

4. В результате устройства верхнего экрана произойдет изменение гидродинамических условий территории. Максимальное понижение УПВ на площади шламонакопителя достигнет 1,2 м в северной и центральной части шламонакопителя, понижение в 0,5 м и более затронет более 60% площади объекта. В южной и восточной частях шламонакопителя в результате ликвидации водоёма оказывающего здесь дренирующее влияние и устройства вертикальной планировки, произойдет подпор уровней подземных

|              |                 |   |       |       |      |  |      |
|--------------|-----------------|---|-------|-------|------|--|------|
| Взаим. Инв.№ | Подп. и дата    | загрязняющих веществ на участках ПМЗ-2 (второго этапа) для расчётного срока на геомиграционной модели в слоях пересекаемых ПМЗ задавалось обеспечивающим их полный перехват за расчётный срок 100 лет.  |       |       |      |  |      |
|              |                 | 4. В результате устройства верхнего экрана произойдет изменение гидродинамических условий территории. Максимальное понижение УПВ на площади шламонакопителя достигнет 1,2 м в северной и центральной части шламонакопителя, понижение в 0,5 м и более затронет более 60% площади объекта. В южной и восточной частях шламонакопителя в результате ликвидации водоёма оказывающего здесь дренирующее влияние и устройства вертикальной планировки, произойдет подпор уровней подземных |       |       |      |  |      |
| Инв. № подл. |                 |   |       |       |      |  | Лист |
|              | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |   |       |       |      |  |      |
| Изм.         | Кол.            | Лист  | № док | Подп. | Дата |  |      |

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

- |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв.№ |
|              |              |              |

**5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ**



- |              |              |               |
|--------------|--------------|---------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взаим. Инв. № |
|              |              |               |



также к ВЗУ Ангара и зоне севернее (0,001-0,11 мг/дм<sup>3</sup>). На конец расчётного периода 100 лет, превышение ПДК по кадмию практически не наблюдается.

17. **Нефтепродукты.** Превышение ПДК по нефтепродуктам в подземных водах выявлено в более чем 30 % проб, отобранных на исследуемой территории. Анализ карты распределения нефтепродуктов в подземных водах свидетельствует о значительном загрязнении исследуемого участка с крупными очагами на территории промплощадки, а также в районе ВЗУ “Ангара”. В качестве мероприятий по ограничению и ликвидации накопленного вреда рассмотрены следующие виды работ, предлагаемые проектной документацией, разрабатываемой ООО “Геотехпроект”: - извлечение загрязненных грунтов, с их последующим обезвреживанием.

18. Несовершенное по степени перекрытия водоносного горизонта шпунтовое ограждение предлагаемое для локализации загрязнения нефтепродуктами не позволяют в полной мере ограничить распространение. Растворенные формы нефтепродуктов, составляющие согласно выполненным лабораторным определениям значительную часть загрязнения, не могут быть локализованы шпунтовым ограждением, поскольку последнее не перекрывает полностью поток подземных вод. Работы по локализации нефтяной линзы, как правило, выполняются путём создания с помощью дрен или скважин депрессионной воронки, к которой направляется основной поток загрязненных подземных вод, откачиваемый далее с помощью насосов. В тоже время если выполнено извлечение загрязненных нефтепродуктами грунтов, то развитие дополнительного загрязнения не ожидается и прогноз развития контаминанта сводится к расчёту конвективного переноса. По результатам прогнозных расчетов конвективного переноса на конец 100-летнего периода, шлейф загрязнения подземных вод нефтепродуктами связанный с зоной 1 (резервуары хранения нефтепродуктов) сократится до значений близких к ПДК.

|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|--------------|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата |      |       |       |      | Взаим. Инв. №   |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
|              |              |      |       |       |      |                 |      |
| Изм.         | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ | Лист |
|              |              |      |       |       |      |                 | 261  |

## Список используемой литературы

1. Блохин Ю.И., Результаты геоэкологических исследований и картографирования масштаба 1:200 000 (ГЭИК-200) Усолье-Сибирского промрайона (лист N-48-XXVI), региональное геологическое и геоэкологическое изучение Иркутской области. Задание 3.5/4. Информационный отчет эколого-гидрогеологической партии по работам в 2001 г.

2. Дроздов В.И., Подсчет запасов бромных хлоридных натриевых рассолов бельского водоносного горизонта нижнего кембрия на территории ООО Санаторий Усолье в г. Усолье-Сибирское Иркутской области, по состоянию на 01.06.09 г.

3. Информационная справка о гидрогеологических условиях участка, расположенного в г. Усолье Сибирское, п.о. № 12 промплощадка ООО «Усольехимпром» в рамках проектирования объекта «Корректировка проектно-сметной документации «Ликвидация (демеркуризация) выведенного из эксплуатации цеха ртутного электролиза в г. Усолье Сибирское».

4. Отчетная документация по инженерным изысканиям «Ликвидация накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области». Раздел 2 Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Подраздел 2 Гидрогеологические исследования.

5. Отчетная документация по инженерным изысканиям «Ликвидация накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области». Раздел 2 Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Подраздел 2 Инженерно-геологические изыскания.

6. Отчетная документация по инженерным изысканиям «Ликвидация накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области». Раздел 3. Технический отчет по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям.

7. Отчетная документация по инженерным изысканиям «Ликвидация накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области». Технический отчет по результатам инженерно-экологических изысканий.

8. Паничкин В.Ю., Илющенко М.А., Постолов Л.Е. «Прогноз распространения ртутного загрязнения подземных вод в районе промышленной площадки ООО «Усольехимпром» г. Усолье-Сибирское, Приангарье, Россия»

9. Пастухов М.В. Заключительный отчет на выполнение научно-исследовательской работы «Специализированные эколого-геохимические и медико-экологические исследования в зоне влияния общества с ограниченной ответственностью «Усольехимпром» и по акватории Братского водохранилища» (по Государственному контракту № 63-41-34/14).

|              |  |  |  |  |  |      |
|--------------|--|--|--|--|--|------|
| Взам. Инв.№  | 8. Паничкин В.Ю., Илющенко М.А., Постолов Л.Е. «Прогноз распространения ртутного загрязнения подземных вод в районе промышленной площадки ООО «Усольехимпром» г. Усолье-Сибирское, Приангарье, Россия»   |  |  |  |  |      |
|              | 9. Пастухов М.В. Заключительный отчет на выполнение научно-исследовательской работы «Специализированные эколого-геохимические и медико-экологические исследования в зоне влияния общества с ограниченной ответственностью «Усольехимпром» и по акватории Братского водохранилища» (по Государственному контракту № 63-41-34/14). |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
| Подп. и дата |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
| Инв. № подл. |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  | Лист |
|              |  |  |  |  |  | 262  |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |
|              |  |  |  |  |  |      |

10. Скребнев Е.И. Информационная записка о эколого-гидрогеологических условиях территории подверженной ртутному загрязнению в районе промплощадки ООО «Усольехимпром» в г. Усолье-Сибирское на 2007 г.

11. Скребнев Е.И. Отчет по результатам мониторинга геологической среды на объектах ООО «Усольехимпром» в 2013 г. Мальта, 2013 г.

12. Скребнев Е.И. Отчет по результатам мониторинга геологической среды на объектах ООО «СольСиб» в 2013 г. Мальта, 2013 г.

13. Смирнов А.Н. Отчета о проведении гидрогеологических изысканий на водозаборе «Ангара». Муниципальный контракт № 695/Ф.2018.461403.

14. Фокин Ю.А. Отчет о разведке Мальтинского месторождения лечебных грязей для обеспечения ресурсами санатория «Усолье» Иркутской области, с дифференциацией запасов по промышленным категориям и государственной экспертизой балансовых запасов. Лицензия ИРК 02383 МР. ТКЗ № 836.

15. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Усольехимпром> (редакция от 23 июня 2021, 06:04).

16. ОТЧЕТ по договору № 612 от 31.05.2021 г. на выполнение работ по «Обоснованию эффективности противодиффузионного и противомиграционного экранов в составе раздела «Технологические решение» для выполнении проектных работ по объекту: «Выполнение работ по проведению инженерно-экологических изысканий; обследованию: подземных коммуникаций, с расположенными на них вспомогательными зданиями и сооружениями, а также участка, загрязненного нефтепродуктами, в районе водозабора «Ангара» и технологических емкостей с неустановленным содержимым; разработке проектной и рабочей документации (за исключением разделов проектной и рабочей документации: «Схема планировочной организации земельного участка», «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», «Оценка воздействия на окружающую среду намечаемой хозяйственной деятельности», «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства») в рамках проектирования ликвидации накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье - Сибирское Иркутской области», МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва 2021 г.

|   |              |      |       |       |      |                 |
|---|--------------|------|-------|-------|------|-----------------|
| Иркутской области», МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва 2021 г. |              |      |       |       |      |                 |
| Инв. № подл.  | Взам. Инв.№  |      |       |       |      | Лист            |
|   | Подп. и дата |      |       |       |      |                 |
|   |              |      |       |       |      |                 |
|   |              |      |       |       |      |                 |
| Изм.  | Кол.         | Лист | № док | Подп. | Дата | 5/2020ЕИ-ГГМ-ТЧ |
|   |              |      |       |       |      |                 |
|   |              |      |       |       |      | 263             |



# Приложение 1. Регистрационные данные программного комплекса

Уважаемый Клиент, спасибо за Ваш заказ!

Приведенный ниже текст получен от производителя ПО, поэтому он приведен на другом языке.

Регистрационные данные для продукта:

Продукт лицензируется на имя: ООО "TINGIDIS"

## SOFTWARE LICENSE AGREEMENT

Processing Modflow 11  
Processing Modflow (c) 1991-2021, Simcore Software. All rights reserved.

This document is a legal agreement between you (the Licensee) and Simcore Software (Company). By using Processing Modflow 11 (the Software), you agree to be bound by the terms of this agreement.

## LICENSE KEY

The license key of the Software is  
PM110 GNAPL K\_LQN C' "J" E UL5

## DOWNLOAD

The installation file of current version and future updates of the Software can be downloaded from <https://www.simcore.com/wp/products/>

## LICENSE

This is a license agreement for using the Software and not an agreement for sale. You have the non-exclusive right to use the Software.

You may

- install and use the license key to unlock the Software onto licensee-owned computers.

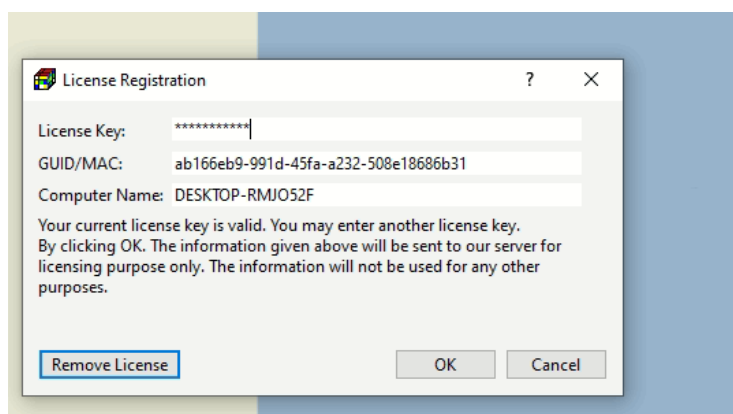
You may not

- distribute copies of the Software and the License Key to others by any means.
- unlock the Software with the license key on computers that do not belong to the licensee.
- assign sublicense, or transfer this license.
- rent or lease the Software.
- reverse engineer, disassemble, decompile, modify, adapt, translate, or create derivative works of the Software or documentation.

## TERM

This license is effective until terminated. You may terminate it at any time by destroying the Software and documentation and all copies thereof. The license will also terminate if you fail to comply with any term or condition of the license. Upon such termination you must destroy all copies of the Software and documentation.

## DISCLAIMER



СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



## СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ RA.CA.AB86.H01193

Срок действия с 04.09.2019 по 16.09.2021

№ 0536621

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ RA.RU.11AB86

ООО ЦСПС. Орган по сертификации программной продукции в строительстве  
125057 г. Москва, Ленинградский проспект, дом 63, тел. (499) 157-1990

**ПРОДУКЦИЯ** Программа Visual MODFLOW Flex  
для геофильтрационного и геомиграционного  
моделирования

код ОК

58.29.29.000

*обеспечение программное прикладное прочее на электронном носителе, серийный выпуск*

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ 28195-89, разд. 2, п.2.1 (пп.1.1, 1.2, 2.1 - 2.3, 3.1 - 3.3, 6.1, 6.2),  
ГОСТ 28806-90, разд. 2, пп.13 - 16, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, разд. 4,  
пп.4.1 - 4.4, ГОСТ Р ИСО 9127-94, разд. 6, пп.6.1.1, 6.3.1, 6.3.3, 6.5.1 - 6.5.3,  
ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000, разд. 3, пп.3.1.1, 3.1.3, 3.2.1 - 3.2.5

код ТН ВЭД

**ИЗГОТОВИТЕЛЬ** Nova Metrix Ground Monitoring (Canada) Ltd.,  
Waterloo Hydrogeologic, 219 Лабрадор Драйв, офис 100 Уотерлу, Онтарио,  
Канада N2K 4M8

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

ООО "Компания СОВЗОНД", ИНН 7720568664, Россия, 115563, г. Москва,  
ул. Шипиловская, д. 28 «А», ГКО «Милан», тел. (495) 642-8870, (915) 206-0665

НА ОСНОВАНИИ

Заключения ООО ЦСПС № 01-43-19 от 03 сентября 2019 г. на 3-х страницах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Схема сертификации 3



Руководитель органа

Эксперт

С.Д.Ратнер

инициалы, фамилия

Т.Н.Бубинова

инициалы, фамилия

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

## Приложение 2. Техническое задание

Приложение № 1 к Договору  
№ 2107-8 от «13» июля 2021 г

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

На оценку изменения гидрогеологических условий с применением геофильтрационного и геомиграционного моделирования по объекту с титулом: «Работы по проведению инженерно – экологических изысканий; обследование: подземных коммуникаций, с расположенными на них вспомогательными зданиями и сооружениями, а также участка, загрязненного нефтепродуктами, в районе водозабора «Ангара» и технологических емкостей с неустановленным содержимым; разработка проектной и рабочей документации (за исключением разделов проектной и рабочей документации: «Схема планировочной организации земельного участка» «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», «Оценка воздействия на окружающую среду намечаемой хозяйственной деятельности», «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства») в рамках проектирования ликвидации накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье - Сибирское Иркутской области»

| № п.п. | Перечень требований  | Содержание требований  |
|--------|----------------------|--|
| 1      | 2                    | 3  |
| 1.     | Наименование объекта | «Работы по проведению инженерно – экологических изысканий; обследование: подземных коммуникаций, с расположенными на них вспомогательными зданиями и сооружениями, а также участка, загрязненного нефтепродуктами, в районе водозабора «Ангара» и технологических емкостей с неустановленным содержимым; разработка проектной и рабочей документации (за исключением разделов проектной и рабочей документации: «Схема планировочной организации земельного участка» «Перечень мероприятий по охране окружающей среды», «Оценка воздействия на окружающую среду намечаемой хозяйственной деятельности», «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства») в рамках проектирования ликвидации накопленного вреда окружающей среде на территории городского округа г. Усолье - Сибирское Иркутской области» |
| 2.     | Адрес объекта        | г. Усолье - Сибирское Иркутской области  |
| 3.     | Исполнитель          | ООО «ГеоТехПроект»   |
| 4.     | Соисполнитель        | ООО «Тингидис»   |
| 5.     | Цель                 | Оценка изменения гидрогеологических условий с применением геофильтрационного и геомиграционного моделирования  |



|    |   |   |
|----|---|---|
| 6. | Состав работ  | <p><b>Этап 1.</b> Оценка изменения гидрогеологических и гидрогеохимических условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Сбор исходных данных и их верификация. Гидрогеологическая (геофильтрационная) схематизация условий. Разработка и калибровка геофильтрационной стационарной модели.</li> <li>• Эпигнозные расчеты с воссозданием текущей гидрогеодинамической ситуации с учетом всего периода техногенного освоения территории</li> <li>• Прогноз (оценка) изменения гидрогеологических и гидрогеохимических условий с применением геофильтрационного и геомиграционного моделирования для стадии рекультивации и пострекультивационного периода с учетом всех разработанных Исполнителем проектных решений, связанных с воздействием на гидросферу</li> </ul> <p><b>Этап 2.</b> Сопровождение в ходе общественных слушаний и в государственных экспертизах (ГЭЭ и ГГЭ):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Соисполнитель сопровождает Исполнителя на всем протяжении общественных слушаний и государственных экспертиз (ГЭЭ и ГГЭ) и при необходимости выполняет корректировку материалов в соответствии с поступившими замечаниями по разработанным Соисполнителем разделам.</li> </ul> |
| 7. | Исходные данные, предоставляемые Исполнителем Соисполнителю | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Генеральный план объекта М 1:500;</li> <li>- Материалы инженерных изысканий (ИГИ, ИГМИ, ИГДИ, ИЭИ);</li> <li>- Проектные материалы, отражающие все решения, влияющие на изменение гидрогеологических условий</li> <li>- Фондовые и архивные материалы по геологическому строению и гидрогеологическим условиям</li> <li>- Результаты режимных наблюдений за уровнями, температурой и химическим составом подземных вод</li> </ul>  |
| 8. | Требования к составу и оформлению                           | <p>В соответствии с требованиями:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 г. №1090-ФЗ с изменениями и дополнениями.</li> <li>• Приказ Минстроя России от 12.05.2017 N 783/пр «Об утверждении требований к формату электронных документов, представляемых для проведения государственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий и проверки достоверности определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства».</li> <li>• ГОСТ Р 21.1101-2013 «Основные требования к проектной и рабочей документации», государственными стандартами СПДС и ЕСКД,</li> </ul>   |

|    |  |  |
|----|--|--|
|    |  | <p>нормативными документами действующих в РФ, законодательными актами РФ и данным Техническим заданием.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ГОСТ Р 55201-2012 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства».</li> <li>ГОСТ Р 22.0.02-2016. «Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения».</li> <li>СП 165.1325800.2014. Свод правил. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90».</li> <li>Постановление Правительства РФ от 04.07.2020 N 985 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».</li> <li>Законодательные акты и нормативные требования в действующей редакции (с учетом внесенных изменений по состоянию на дату получения положительных заключений по всем этапам проектирования), применяемые в соответствии с Законодательством Российской Федерации в отношении объекта проектирования.</li> </ul> |
| 9. | Количество экземпляров выполненных работ | <p>По окончании работ Подрядчик передает заказчику Отчет на электронном носителе в формате PDF в 1 экз. После получения положительного заключения экспертизы отчетные материалы оформляются и передаются Заказчику в количестве – 5 (Пяти) экз на бумажном носителе и 2 (Двух) экземпляра на электронном носителе.</p> <p>Комплекты электронных копий документов должны передаваться на USB-флеш-накопителях. Каждый USB-флеш-накопитель должен иметь отличительную информацию, нанесенную на корпус накопителя с указанием порядкового номера и опись на бумаге с перечнем содержимого накопителя.</p> <p>Документы на электронном носителе передаются в формате pdf. Чертежи и схемы – в формате, совместимом с Autocad, текстовые материалы, расчеты, графики – в форматах, совместимых с Microsoft Word, Microsoft Excel, презентационные материалы – в формате, совместимом с Microsoft Power</p>   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>Point, прочие графические материалы: топографическая основа, результаты геологических, гидрологических и других изысканий, результаты (схемы) математического моделирования, фотографии, карты района строительства и др. – в форматах dwg, jpg, tiff, pdf.</p> <p>Документация, подаваемая на экспертизу должна соответствовать Приказу Минстроя России от 12.05.2017 N 783/пр «Об утверждении требований к формату электронных документов, представляемых для проведения государственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий и проверки достоверности определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства».</p> <p>Состав и структура электронной версии проектной документации должны быть идентичны бумажному оригиналу</p> |
|--|--|--|

### ПОДПИСИ СТОРОН:

#### СОИСПОЛНИТЕЛЬ

Генеральный директор  
ООО «Тингидис»

\_\_\_\_\_ Л.С. Томс  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.  
М.П.

#### ИСПОЛНИТЕЛЬ

Генеральный директор  
ООО «ГеоТехПроект»

\_\_\_\_\_ А.В. Мордвинов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.  
М.П.



# Приложение 3. Выписка из реестра членов саморегулируемой организации



**ЛИГА  
ИЗЫСКАТЕЛЕЙ**

Ассоциация в области инженерных изысканий  
«Саморегулируемая организация  
«ЛИГА ИЗЫСКАТЕЛЕЙ»

ОГРН 1097799006326 ИНН 7725256098 КПП 771901001  
Р/счет 40703810402200000169 в АО «АЛЬФА-БАНК» г. Москва  
105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 18, корп. А, этаж 3, комн. 1М  
Тел.: (495) 146-40-90; [www.li-sro.ru](http://www.li-sro.ru); [info@li-sro.ru](mailto:info@li-sro.ru)

Сведения в реестре:



## ВЫПИСКА из реестра членов саморегулируемой организации (Утверждена приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 04 марта 2019г.№86)

28.01.2022  
(дата)

№ ЛИ-300/22  
(номер)

Ассоциация в области инженерных изысканий «Саморегулируемая организация «ЛИГА ИЗЫСКАТЕЛЕЙ»  
(Ассоциация «СРО «ЛИГА ИЗЫСКАТЕЛЕЙ»)

(полное и сокращенное наименование саморегулируемой организации)

саморегулируемая организация, основанная на членстве лиц, выполняющих инженерные изыскания

(вид саморегулируемой организации)

105187, г. Москва, вн. тер. г. м.о. Соколиная Гора, Окружной пр-зд, д. 18, к. А, этаж 3, ком. 1М,  
[www.li-sro.ru](http://www.li-sro.ru); [info@li-sro.ru](mailto:info@li-sro.ru)

(адрес места нахождения саморегулируемой организации, адрес официального сайта в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", адрес электронной почты)

СРО-И-013-25122009

(регистрационный номер записи в государственном реестре саморегулируемых организаций)

выдана Обществу с ограниченной ответственностью "Тингидис"

(фамилия, имя, (в случае, если имеется) отчество заявителя - физического лица или полное наименование заявителя - юридического лица)

| Наименование  | Сведения   |
|---|--|
| <b>1. Сведения о члене саморегулируемой организации:</b>  |  |
| 1.1. Полное и (в случае, если имеется) сокращенное наименование юридического лица или фамилия, имя, (в случае, если имеется) отчество индивидуального предпринимателя | Общество с ограниченной ответственностью "Тингидис"<br>(ООО "Тингидис")                                |
| 1.2. Идентификационный номер налогоплательщика (ИНН)  | 9701036530   |
| 1.3. Основной государственный регистрационный номер (ОГРН) или основной государственный регистрационный номер индивидуального предпринимателя (ОГРНИП)                | 1167746327110  |
| 1.4. Адрес места нахождения юридического лица   | Российская Федерация, 117545, г. Москва, 1-й Дорожный проезд, д. 6, стр. 3, эт. IV, п. VIII, ч. ком. 8 |
| 1.5. Место фактического осуществления деятельности (только для индивидуального предпринимателя)   | ----   |
| <b>2. Сведения о членстве индивидуального предпринимателя или юридического лица в саморегулируемой организации:</b>   |  |
| 2.1. Регистрационный номер члена в реестре членов саморегулируемой организации  | 252  |
| 2.2. Дата регистрации юридического лица или индивидуального предпринимателя в реестре членов саморегулируемой организации (число, месяц, год)                         | 30.11.2017   |
| 2.3. Дата (число, месяц, год) и номер решения о приеме в члены саморегулируемой организации   | 30.11.2017 Протокол Президиума № 268   |
| 2.4. Дата вступления в силу решения о приеме в члены саморегулируемой организации (число, месяц, год)   | 30.11.2017   |
| 2.5. Дата прекращения членства в саморегулируемой организации (число, месяц, год)   | ----   |
| 2.6. Основания прекращения членства в саморегулируемой организации  | ----   |

| Наименование  | Сведения  |  |
|---|---|--|
| <b>3. Сведения о наличии у члена саморегулируемой организации права выполнения работ:</b>   |   |  |
| 3.1. Дата, с которой член саморегулируемой организации имеет право выполнять инженерные изыскания, осуществлять подготовку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объектов капитального строительства по договору подряда на выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации, по договору строительного подряда, по договору подряда на осуществление сноса (нужное выделить):   |   |  |
| в отношении объектов капитального строительства (кроме особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, объектов использования атомной энергии)   | в отношении особо опасных, технически сложных и уникальных объектов капитального строительства (кроме объектов использования атомной энергии) | в отношении объектов использования атомной энергии                               |
| 30.11.2017  | 30.11.2017  | ----   |
| 3.2. Сведения об уровне ответственности члена саморегулируемой организации по обязательствам по договору подряда на выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации, по договору строительного подряда, по договору подряда на осуществление сноса, и стоимости работ по одному договору, в соответствии с которым указанным членом внесен взнос в компенсационный фонд возмещения вреда (нужное выделить):  |   |  |
| а) первый   | V   | стоимость работ по одному договору не превышает двадцать пять миллионов рублей   |
| б) второй   | ----  | стоимость работ по одному договору не превышает пятьдесят миллионов рублей       |
| в) третий   | ----  | стоимость работ по одному договору не превышает триста миллионов рублей          |
| г) четвертый  | ----  | стоимость работ по одному договору составляет триста миллионов рублей и более    |
| д) пятый <*>  | ----  | ----   |
| е) простой <*>  | ----  | ----   |
| <*> заполняется только для членов саморегулируемых организаций, основанных на членстве лиц, осуществляющих строительство  |   |  |
| 3.3. Сведения об уровне ответственности члена саморегулируемой организации по обязательствам по договору подряда на выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации, по договору строительного подряда, по договору подряда на осуществление сноса, заключенным с использованием конкурентных способов заключения договоров, и предельному размеру обязательств по таким договорам, в соответствии с которым указанным членом внесен взнос в компенсационный фонд обеспечения договорных обязательств (нужное выделить): |   |  |
| а) первый   | V   | предельный размер по таким договорам не превышает двадцать пять миллионов рублей |
| б) второй   | ----  | предельный размер по таким договорам не превышает пятьдесят миллионов рублей     |
| в) третий   | ----  | предельный размер по таким договорам не превышает триста миллионов рублей        |
| г) четвертый  | ----  | предельный размер по таким договорам составляет триста миллионов рублей и более  |
| д) пятый <*>  | ----  | ----   |
| <*> заполняется только для членов саморегулируемых организаций, основанных на членстве лиц, осуществляющих строительство  |   |  |
| <b>4. Сведения о приостановлении права выполнять инженерные изыскания, осуществлять подготовку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, снос объектов капитального строительства:</b>  |   |  |
| 4.1. Дата, с которой приостановлено право выполнения работ (число, месяц, год)  | ----  |  |
| 4.2. Срок, на который приостановлено право выполнения работ <*>   | ----  |  |
| <*> указываются сведения только в отношении действующей меры дисциплинарного воздействия  |   |  |

\_\_\_\_\_  
Директор  
(должность руководителя)



\_\_\_\_\_  
Е.В. Жучкова  
(ФИО руководителя)

Срок действия настоящей выписки из реестра членов саморегулируемой организации составляет один месяц с даты ее выдачи (ч.4 ст. 55.17 Градостроительного Кодекса Российской Федерации)



## Приложение 4. Информационное письмо о сорбционных свойствах ПМЗ в отношении мышьяка и кадмия

Эффективность работы щавелево-алюмосиликатного сорбента в отношении кадмия не вызывает сомнения. Поглощающая способность такого сорбента неоднократно определялась в ЛОГС в динамических условиях. Ее значения колеблется от 0,95 до 2,2 мг/см<sup>3</sup> сорбента в зависимости от исходной концентрации кадмия в загрязненных водах.

Мышьяк является высокотоксичным элементом, высокоподвижным в водных растворах, поэтому методы очистки природных вод на сегодняшний день хорошо разработаны. В отличие от металлов, мышьяк (V) присутствует в растворах в форме арсенат иона, который заряжен отрицательно. Для таких анионов лучшим сорбентом является гидроксиды железа (ферригидрит, гетит), которые эффективно и необратимо связывают как мышьяк (V), так и мышьяк (III). Существует обширная литература по исследованию адсорбции мышьяка на поверхности гидроксидов железа (III). Показано, что полная обменная емкость свежесозданной гидроокиси железа (III) по мышьяку (V) составляет до 100 мг/г, что отражает высокую поглощающую способность. Таким образом, добавка гидроксида железа к песчано-гелевой смеси (далее ксерогель) позволяет исключить выход мышьяка за пределы экрана.

Ожелезненные пески также являются природным барьером для мышьяка. Миграция мышьяка в грунтовых водах ограничивается присутствием гидроксидов железа. Соответственно, можно ожидать, что локальные высокие концентрации мышьяка будут частично адсорбированы грунтом до достижения барьерной завесы. Проектом предусматривается проведение детального анализа химического состава подземных вод непосредственно перед защитным барьером. В случае выявления концентраций мышьяка, превосходящих допустимые значения, барьер может быть легко модифицирован путем добавления гидроксида железа (III) в любой форме (в том числе в виде отходов) к ксерогелю. Это позволит адсорбировать мышьяк без изменения физико-химических характеристик защитного барьера. Однако, следует проводить такую модификацию только после анализа состава загрязнённых вод, которые будут фильтроваться через проектируемый геохимический барьер. Результатом анализа состава подземных вод на присутствие в них мышьяка будет определяться количество добавляемого к ксерогелю гидроксида железа. Из имеющихся данных химического состава подземных вод I-го водоносного горизонта следует, что максимальная концентрация мышьяка в них составляет 2,6 мг/л. Исходя из рассчитанной с помощью геофильтрационного моделирования скорости фильтрации следует, что техногенная нагрузка на экран составляет 0,04 мг/сут. Используя данные о поглощающей способности гидроксида железа(III) по отношению к мышьяку было рассчитано, что полное поглощение мышьяка



без появления его за пределами барьера будет происходить в течение 379 лет. При использовании экрана на протяжении 50 лет объём добавляемого гидроксида железа(III) при максимальной концентрации мышьяка составляет около 13% от объёма проектируемого экрана.

Расчёт, основанный на использовании медианной концентрации мышьяка в загрязнённых водах -0,17 мг/л, показал, что необходимая добавка гидроксида железа(III) составляет 1% от объёма проектируемого экрана.

Таким образом, проблема загрязнения территории объекта мышьяком может быть решена путём использования добавок гидроксидов железа. Гидрооксиды железа (III) являются мощным сорбентом для мышьяка, повсеместно используются для очистки природных вод.

1. Гидрооксиды железа, присутствующие в грунтах, являются природным геохимическим барьером, контролирующим миграцию мышьяка в природных водах.
2. Защитный барьер может быть легко модифицирован для увеличения поглощения мышьяка путем добавления гидроксида железа (III) в любой форме.
3. Проведение мероприятий по модификации ксерогеля рекомендуется проводить только после выявления зон с опасными концентрациями мышьяка непосредственно перед защитным барьером.

Заведующий ЛОГС геологического  
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,  
д.геол.-мин. наук, профессор



В.И. Сергеев

Д. геол.-мин. наук, профессор



А.Ю. Бычков

## **Приложение 5. Экспертное заключение по вопросу обоснования выбора “жесткой” схемы применительно при моделировании загрязняющих веществ в подземных водах**

### **Экспертное заключение по вопросу обоснования выбора «жесткой» схемы применительно при моделировании миграции загрязняющих веществ в подземных водах на территории городского округа г. Усолье-Сибирское Иркутской области**

При моделировании миграции металлов учет физико-химических реакций при взаимодействии в системе вода-порода представляется довольно сложным. Учет сорбционных-десорбционных процессов и задание параметров сорбции (даже наиболее простого параметра  $K_d$ ), определяемого как отношение содержаний элемента в твердой и жидкой фазах, является неоднозначным. В настоящее время апробированной альтернативы определению  $K_d$  в лабораторных условиях не существует, однако лабораторные исследования в связи со спецификой пробоподготовки и проведения испытаний дают завышенные значения, таким образом, возникают существенные неопределенности при переносе лабораторных значений «на массив». Так, например, при определении в лабораторных условиях (в статических условиях, по методике, разработанной ВСЕГИНГЕО) значений  $K_d$  ряда тяжелых металлов в образцах, отобранных на территории ОАО «СМК Металлург» (г. Скопин) выяснена существенная зависимость параметра от соотношения объемов твердых и жидких фаз в статическом опыте. При уменьшении этого соотношения величина  $K_d$ , как правило, существенно увеличивалась.

Учитывая данное обстоятельство, определение  $K_d$  на объекте «Усолье» не проводилось, и для определения параметра был использован приближенный метод, основанный на расчете соотношения фактического содержания элемента в разных литологических разностях к их концентрации в воде на участке работ. Одним из основных осложняющих обстоятельств при использовании данного подхода является отсутствие информации о минералого-геохимических формах нахождения элементов в твердой фазе, так как элементы могут находиться не только обменно-сорбированной, но и в карбонатной, органо-минеральной, аморфной гидроксидной и др.

Анализ результатов, полученных с использованием данного подхода, показывает, что значения  $K_d$  для участков с высоким содержанием загрязняющих веществ (ЗВ) в грунтах в среднем в 30 раз выше, чем для участков с низким содержанием. Подобная зависимость может быть обусловлена высоким содержанием малоподвижных форм ЗВ в грунтах.

Важно отметить, что для большинства элементов значения  $K_d$  представляются существенно завышенными относительно общепринятых значений, приводимых в литературных источниках. Это завышение вероятнее всего связано с наличием малоподвижных форм, в т.ч. осажденных форм рассматриваемых элементов. Прямые

миграционные расчеты с применением столь высоких значений  $K_d$  приводят к практически полной остановке миграции. Авторы отчета ставили перед собой задачу произвести миграционные расчеты в наиболее «жесткой постановке».

Применительно к миграции загрязняющих веществ «жесткая схема» заключалась в следующем.

1. При миграции ЗВ не учитывались физико-химические процессы (сорбция-десорбция, растворение-осаждение и др.). Миграция оценивалась для «консервативного» элемента, который не участвует в процессах взаимодействия в системе вода-порода.

2. На участках с повышенным содержанием ЗВ в подземных водах и грунтах задавалось инфильтрационное питание с концентрацией, соответствующей концентрации в подземных водах.

3. На остальных территориях задавалось чистое инфильтрационное питание.

Принятая предпосылка о постоянном поступлении ЗВ в подземные воды на загрязненных участках при применении «жесткой» оправдана, т.к. выбран наиболее опасный вариант поступления ЗВ в подземные воды.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод об обоснованности использования выбранной авторами отчета «жесткой» схемы миграции загрязняющих веществ на участке работ, учитывая, что при моделировании целесообразно использовать схемы, которые позволят дать оценку наиболее опасной ситуации загрязнения подземных вод.

Г.н.с, и.о. зав. лаб. гидрогеоэкологии  
ИГЭ РАН им. Е.М. Сергеева, д.г.-м.н.



Галицкая И.В.



## Приложение 6. Справка о возможности использования естественного геохимического барьера

**Справка о возможности использования естественного геохимического барьера на территории объекта «Ликвидация НВОС на территории городского округа г.Усолье-Сибирское Иркутской области»**

Верхняя грунтовая толща на территории промзоны г.Усолье-Сибирское сложена аллювиальными отложениями, представленными переслаиванием глин, суглинков, песков и супесей, а также гравелистыми элювиально-делювиальными образованиями. Поверхность грунтовых вод имеет самые высокие отметки в юго-восточной части территории с понижением в западном, северо-западном и северном направлении. Таким образом, потоки загрязненных грунтовых вод направлены в сторону рек Ангара и Белая, в которые и происходит разгрузка. Это показали результаты гидрогеологического моделирования (отчет ООО «Тингидис»). При этом основная разгрузка происходит через песчаные и гравелистые прослои, которые имеют коэффициенты фильтрации ( $K_f$ ) на несколько порядков выше, чем суглинистые отложения. Пески в среднем характеризуются значениями  $K_f = 10-30$  м/сут, суглинки –  $10^{-2}-10^{-4}$  м/сут. Соответственно, объем и скорость фильтрации через песчаные прослои в тысячи и сотни тысяч раз выше, чем через суглинистые отложения.

На фоне общей исключительно высокой степени загрязненности территории тяжелыми металлами и другими токсичными веществами, определены основные источники загрязнения подземных вод. Изоляция этих источников позволит существенно снизить скорость поступления токсичных веществ в реки, что положительно отразится на восстановлении речных экосистем.

Пески не могут рассматриваться в качестве естественного геохимического барьера для загрязнителей, так они не обладают поглощающей способностью ни в отношении тяжелых металлов, ни других токсикантов. Суглинистые грунты обладают сорбционными свойствами, однако, в данном случае эти свойства не могут учитываться, так как

грунтовые воды через них не фильтруются в имеющихся гидрогеологических условиях.

Для предотвращения распространения загрязнителей предложено создание сорбирующих завес на путях движения подземных вод. Как уже сказано выше, эти пути – это прослойки песчаных отложений. Создание искусственного вертикального геохимического барьера (завесы) на пути миграции загрязненных вод приведет к перехвату потока загрязняющих веществ и их иммобилизации в теле барьера за счет поглощающей способности материала, из которого будет создана сорбирующая завеса. При этом благодаря высокой водопроницаемости этого материала, естественный поток грунтовых вод не будет нарушен, он не будет испытывать подпорного эффекта.

Ведущий научный сотрудник ЛОГС  
геологического факультета  
МГУ им. М.В. Ломоносова



Т.Г. Шимко