**Содержание**

Введение

1. Формирование исходной модели

1.1 Стратиграфия и литология изучаемой территории

1.2 Гидрогеологические условия

1.3 Техногенные условия

2. Формирование информационной модели

3. Тестирование модели

Заключение

Список литературы

**Введение**

Целью данной работы является проведение диагностирования и составления прогноза состояния природно-технической гидрогеологической системы подольско-мячковского горизонта по содержанию хлора в его водах.

Основными задачами являются: анализ территории по набору гидрогеологических, геологических и техногенных условий состояния изучаемой территории; выяснение влияния имеющихся условий на загрязнение подольско-мячковского горизонта хлором; формирование информационно-диагностической модели; тестирование сформированной модели для прогноза состояния подольско-мячковского горизонта.

**1. Формирование исходной модели**

**1.1 Стратиграфия и литология изучаемой территории**

Исследуемая территория расположена в восточной части Московской области. Стратиграфия и литология изучается на основе гидрогеологического разреза. В геологическом строении данного района представлены следующие стратиграфические единицы: отложения среднего и верхнего карбона, средней юры, нижнего мела и четвертичные отложения.

Средний отдел карбона представлен глинистыми известняками подольско-мячковского горизонта и глинами. Мощность известняков по разрезу изменяется от 34 до 39 м., а глин >2 м. Верхний отдел карбона представлен известняками касимовского водоносного горизонта и пестроцветными глинами. Мощность касимовского горизонта около 50 м. Мощность глинистых отложений составляет 8-12 м.

Средний отдел юры на изучаемой территории представлен келловейским ярусом, который сложен черными глинами мощностью на западе 15 м., на востоке 9 м.

Нижний мел на данной территории представлен аптским ярусом, сложенным песками мощностью 11м. Пески обводнены.

Отложения четвертичной системы имеют широкое распространение и представлены пролювиальными, флювиогляциальными и ледниковыми осадками. Среднечетвертичные ледниковые отложения представлены: моренными суглинками мощностью на западе 21 м., на востоке 11 м., флювиогляциальными песками и супесью. Пролювиальные отложения представлены суглинками мощностью от 2 до 5 м.

**1.2 Гидрогеологические условия**

На изучаемой территории развито два водоносных комплекса: касимовский и подольско-мячковский.

Водовмещающими породами касимовского горизонта являются известняки с прослоями глинистых известняков мощностью 48-49 м. Водоносный горизонт напорный, верхним водоупором служат юрские черные глины, а нижним пестроцветные глины. Пьезометрический уровень расположен на глубине в западной части разреза 42 м, в восточной - 31 м.

Водовмещающими породами подольско-мячковского горизонта также являются известняки мощностью 34-39 м. Водоупор представлен глинами. Пьезометрический уровень этого горизонта расположен на глубине 45 м, то есть ниже уровня касимовского горизонта.

Пьезометрический уровень подольско-мячковского горизонта расположен ниже уровня касимовского горизонта. Таким образом, возможен переток воды через водоупор из касимовского горизонта в подольско-мячковский, а следовательно, подольско-мячковский водоносный горизонт может быть подвержен загрязнению. Используя данные по скважинам был построен геолого-гидрогеологический разрез по линии 1-13.

В качестве исследуемых показателей были приняты следующие: защищенность подольско-мячковского горизонта; суммарная защищенность подольско-мячковского горизонта; положение пьезометрического уровня касимовского водоносного горизонта; положение пьезометрического уровня подольско-мячковского водоносного горизонта; вертикальный градиент, определяющий направление и интенсивность перетекания между касимовским и подольско-мячковским водоносными горизонтами; водопроводимость подольско-мячковского водоносного горизонта; функциональный тип территории; уровень концентрации хлоридов в подземных водах подольско-мячковского водоносного горизонта; По первым четырем показателям были построены карты на основе данных по скважинам. Также были построены карты водопроводимости, типа территории и концентрации хлоридов в воде.

**1.3 Техногенные условия**

Анализ рисунков 6, 7 и 8 показал, что для территорий с/х назначения загрязнение хлоридами подольско-мячковского горизонта наибольшее и превышает 3 ПДК, но есть небольшая территория на северо-западе района, где содержание хлоридов < 1 ПДК. Что, видимо, связано с хорошей защищенностью на данной территории водоносного горизонта.

Территория индустриального назначения характеризуется содержанием хлоридов < 1 ПДК и 1-3 ПДК.

Селитебным районам соответствует содержание хлоридов в подольско-мячковском горизонте < 1 ПДК и 1-3 ПДК, но есть небольшая зона, где это содержание превышает 3 ПДК. Видимо, это связано с тем, что здесь сосредоточены большие участки с/х и индустриального использования.

Таким образом, можно сделать вывод, что максимальное загрязнение хлоридами водоносного горизонта происходит в основном в области распространения с/х угодий.

Для формирования информационной модели имеющиеся карты значений показателей разбили на 96 блоков, размер каждого составил 1x1 км, и вычислили средние значения этих показателей по блоку.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вертикальный градиент вычислялся как разность уровней касимовского и подольско-мячковского водоносных горизонтов, отнесенная к мощности кривякинского водоупора: Подсчитанные средние значения показателей представлены в таблице 1. Таблица 1. Средние значения показателей по блокам № блока | Суммарная защищенность | Защищенность | Уровень  | Уровень  | Вертикальный градиент  |
| 1 | 25,6 | 0 | 33 | 38,3 | -5,3 |
| 2 | 24,5 | 3,9 | 34,1 | 32,4 | 0,435897 |
| 3 | 28,9 | 7,5 | 32,8 | 31,9 | 0,12 |
| 4 | 32,5 | 11,4 | 32,1 | 33,2 | -0,09649 |
| 5 | 33,7 | 14,8 | 31,1 | 34,2 | -0,20946 |
| 6 | 33,1 | 17,0 | 31,4 | 34,7 | -0,19412 |
| 7 | 33,0 | 14,6 | 31,2 | 36,3 | -0,34932 |
| 8 | 32,2 | 12,6 | 30,1 | 38,9 | -0,69841 |
| 9 | 33,3 | 14,4 | 33,3 | 38,1 | -0,33333 |
| 10 | 37,0 | 19,1 | 36,6 | 37,1 | -0,02618 |
| 11 | 39,0 | 22,5 | 40,5 | 38,4 | 0,093333 |
| 12 | 39,2 | 24,0 | 43 | 42 | 0,041667 |
| 13 | 25,2 | 0 | 34,3 | 39,1 | -4,8 |
| 14 | 23,8 | 3,3 | 32,8 | 33,4 | -0,18182 |
| 15 | 26,7 | 6,8 | 31,1 | 29,8 | 0,191176 |
| 16 | 32,0 | 10,6 | 29,9 | 31,0 | -0,10377 |
| 17 | 37,3 | 14,0 | 28,4 | 32,3 | -0,27857 |
| 18 | 38,3 | 15,5 | 28,1 | 33,6 | -0,35484 |
| 19 | 34,9 | 13,5 | 29,6 | 37,8 | -0,60741 |
| 20 | 32,7 | 11,7 | 29,8 | 40,6 | -0,92308 |
| 21 | 36,3 | 13,6 | 31,7 | 40,3 | -0,63235 |
| 22 | 39,1 | 18,2 | 35 | 37,1 | -0,11538 |
| 23 | 42,5 | 22,3 | 39,1 | 38,1 | 0,044843 |
| 24 | 42,6 | 23,6 | 42,5 | 40,3 | 0,09322 |
| 25 | 25,4 | 1,5 | 33,9 | 41,2 | -4,86667 |
| 26 | 23,5 | 4,2 | 32,2 | 33,8 | -0,38095 |
| 27 | 25,7 | 6,6 | 30,8 | 32,1 | -0,19697 |
| 28 | 31,0 | 10,8 | 29,3 | 34 | -0,43519 |
| 29 | 34,9 | 14,3 | 28,1 | 36,1 | -0,55944 |
| 30 | 33,6 | 14,2 | 32.8 | 39 | -0,43662 |
| 31 | 32,5 | 12,5 | 36.2 | 42,4 | -0,496 |
| 32 | 31,4 | 10,5 | 33.9 | 43,7 | -0,93333 |
| 33 | 34,4 | 12,4 | 31.6 | 39,8 | -0,66129 |
| 34 | 37,9 | 16,9 | 33.3 | 36,4 | -0,18343 |
| 35 | 40,1 | 20,1 | 37.1 | 36,4 | 0,034826 |
| 36 | 41,1 | 22,3 | 40.6 | 36,1 | 0,201794 |
| 37 | 25,1 | 2,3 | 33.3 | 42,1 | -3,82609 |
| 38 | 23,2 | 5,5 | 32.1 | 39,1 | -1,27273 |
| 39 | 25,0 | 9,9 | 31.4 | 38,4  | -0,70707 |
| 40 | 28,5 | 11,6 | 29.7 | 39,7 | -0,86207 |
| 41 | 27,5 | 12,5 | 29.5 | 41,3 | -0,944 |
| 42 | 26,2 | 11,9 | 33.3 | 43,1 | -0,82353 |
| 43 | 26,5 | 10,6 | 41.2 | 46,5 | -0,5 |
| 44 | 30,2 | 9,3 | 39.1 | 45,0 | -0,63441 |
| 45 | 32,5 | 11,1 | 33.8 | 39,4 | -0,5045 |
| 46 | 34,5 | 14,7 | 31.5 | 36,5 | -0,34014 |
| 47 | 36,6 | 17,7 | 35.3 | 35,7 | -0,0226 |
| 48 | 38,2 | 20,1 | 40.5 | 34,5 | 0,298507 |
| 49 | 25,0 | 3,3 | 34.1 | 44,0 | -3 |
| 50 | 24,4 | 7,0 | 32.3 | 43,9 | -1,65714 |
| 51 | 22,5 | 11,3 | 31.2 | 43,8 | -1,11504 |
| 52 | 24,3 | 10,9 | 30.8 | 43,9 | -1,20183 |
| 53 | 24,9 | 10,0 | 31.2 | 44,3 | -1,31 |
| 54 | 26,9 | 9,1 | 31.3 | 45,0 | -1,50549 |
| 55 | 27,2 | 8,1 | 36.9 | 43,6 | -0,82716 |
| 56 | 26,8 | 7,3 | 42.9 | 42,8 | 0,013699 |
| 57 | 27,8 | 9,7 | 37.5 | 42,1 | -0,47423 |
| 58 | 30,3  | 13,3 | 34.7 | 38,8 | -0,30827 |
| 59 | 33,1 | 15,7 | 35.4 | 36,1 | -0,04459 |
| 60 | 35,1 | 18,2 | 38.8 | 34,3 | 0,247253 |
| 61 | 26,1 | 3,9 | 34.7 | 43,6 | -2,28205 |
| 62 | 24,1 | 8,7 | 33.2 | 43,4 | -1,17241 |
| 63 | 22,1 | 9,7 | 32.5 | 42,8 | -1,06186 |
| 64 | 23,8 | 9,1 | 32.6 | 42,9 | -1,13187 |
| 65 | 26,9 | 7,4 | 32.3 | 43,5 | -1,51351 |
| 66 | 28,4 | 6,6 | 32.5 | 44,5 | -1,81818 |
| 67 | 27,4 | 6,4 | 32.2 | 43,3 | -1,73438 |
| 68 | 25,4 | 8,2 | 38.1 | 43,3 | -0,63415 |
| 69 | 24,8 | 10,7 | 37.8 | 42,4 | -0,42991 |
| 70 | 27,9 | 13,7 | 36.5 | 38,6 | -0,15328 |
| 71 | 31,5 | 15,8 | 36.3 | 36,1 | 0,012658 |
| 72 | 33,1 | 18,1 | 38.2 | 34,1 | 0,226519 |
| 73 | 26,6 | 4,9 | 35.6 | 42,1 | -1,32653 |
| 74 | 24,8 | 8,5 | 34.2 | 41,2 | -0,82353 |
| 75 | 22,7 | 8,2 | 34.5 | 40,5 | -0,73171 |
| 76 | 23,6 | 6,6 | 34.7 | 40,4 | -0,86364 |
| 77 | 26,3 | 4,7 | 34.3 | 41,5 | -1,53191 |
| 78 | 28,4 | 7,3 | 34.1 | 42,4 | -1,13699 |
| 79 | 27,8 | 9,8 | 34.6 | 43,4 | -0,89796 |
| 80 | 26,4 | 11,0 | 34.8 | 44,5 | -0,88182 |
| 81 | 25,5 | 12,1 | 35.6 | 41,2 | -0,46281 |
| 82 | 26,3 | 15,2 | 36.3 | 37,2 | -0,05921 |
| 83 | 29,5 | 17,2 | 37.1 | 35,4 | 0,098837 |
| 84 | 31,5 | 19,6 | 37.2 | 34,1 | 0,158163 |
| 85 | 26,7 | 5,4 | 35.7 | 39,7 | -0,74074 |
| 86 | 25,4 | 6,1 | 35.9 | 39,1 | -0,52459 |
| 87 | 23,5 | 5,1 | 36.3 | 38,2 | -0,37255 |
| 88 | 22,7 | 5,6 | 36.7 | 37,4 | -0,125 |
| 89 | 25,1 | 5,8 | 36.4 | 38,4 | -0,34483 |
| 90 | 27,1 | 8,8 | 37.4 | 39,2 | -0,20455 |
| 91 | 28,1 | 11,7 | 37.5  | 41,1 | -0,30769 |
| 92 | 29,6 | 14,9 | 37.9 | 42,1 | -0,28188 |
| 93 | 28,9 | 16,8 | 37.8 | 40,9 | -0,18452 |
| 94 | 28,3 | 18,3 | 37.4 | 37,6 | -0,01093 |
| 95 | 29,5 | 19,6 | 37.5 | 34,3 | 0,163265 |
| 96 | 30,9 | 21,1 | 37.2 | 34,1 | 0,146919 |
| max | 42,6 | 24 | 43 | 46,5 | 0,4359 |
| min | 22,1 | 1 | 28,1 | 29,8 | -5,3 |

* Далее было произведено разделение территории на обучающую и тестируемую. В нашем случае все 96 блоков на карте являются обучающими. А значения тестируемой части карты были даны изначально. Для оценки взаимной информативности имеющиеся средние значения показателей необходимо ранжировать. Для этого все имеющиеся 96 значений поделили на 3 ранга.

Важным является то, что число значений относящихся к тому или иному рангу не должно быть меньше 10. Иначе необходимо изменять шаги ранжирования. В нашем случае этим обстоятельством осложнилось ранжирование вертикального градиента, поэтому пришлось изменить шаги ранжирования, которые оказались неравнозначными. Ранжирование показателей приведено в таблице 2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  *Таблица 2. Ранжирование показателей №* п/п | Показатели | Значения показателей по рангам |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Защищенность | [0 – 8)  | [8 – 16)  | [16 – 24] |
| 2 | Суммарная защищенность | [22,1 – 28,9) | [28,9 – 35,7) | [35,7- 42,6] |
| 3 | Уровень  | [28,1 – 33,1) | [33,1 – 38,1) | [38,1 – 43,0] |
| 4 | Уровень  | [29,8 - 35,4) | [35,4 – 40,9) | [40,9 – 46,5] |
| 5 | Вертикальный градиент | [-5,3: -1,0) | [-1,0: -0,3) | [-0,3 0,4539) |
| 6 | Водопроводимость | < 100 | 100-200 | > 200 |
| 7 | Тип территории | индустриал | селитебная | с/х |
| 8 | Содержание хлоридов в  | < 1 ПДК | 1-3 ПДК | > 3 ПДК |

Проранжировав показатели, произведем переход от средних значений показателей к рангам. Ранжированные значения показателей по блокам приведены в таблице 3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 3. Ранжированные значения показателей по блокам № блока | Суммарная защищенность | Защищенность | Уровень  | Уровень  | Вертикальный градиент  | Водопроводимость *T* | Тип территории | *Содержание хлоридов в*  |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | *1* |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | *1* |
| 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | *2* |
| 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | *2* |
| 5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | *3* |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | *2* |
| 7 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | *1* |
| 8 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | *1* |
| 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | *1* |
| 10 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | *1* |
| 11 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | *2* |
| 12 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | *3* |
| 13 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | *1* |
| 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | *1* |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | *2* |
| 16 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | *2* |
| 17 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | *3* |
| 18 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | *2* |
| 19 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | *1* |
| 20 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | *1* |
| 21 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | *1* |
| 22 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | *1* |
| 23 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | *2* |
| 24 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | *3* |
| 25 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | *2* |
| 26 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | *1* |
| 27 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | *1* |
| 28 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | *2* |
| 29 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | *3* |
| 30 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | *2* |
| 31 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | *1* |
| 32 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | *2* |
| 33 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | *1* |
| 34 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | *2* |
| 35 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | *2* |
| 36 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | *3* |
| 37 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | *1* |
| 38 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | *2* |
| 39 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | *2* |
| 40 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | *2* |
| 41 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | *3* |
| 42 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | *2* |
| 43 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | *1* |
| 44 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | *2* |
| 45 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | *1* |
| 46 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | *1* |
| 47 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | *2* |
| 48 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | *3* |
| 49 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | *2* |
| 50 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | *2* |
| 51 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | *1* |
| 52 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | *1* |
| 53 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | *3* |
| 54 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | *3* |
| 55 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | *1* |
| 56 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | *1* |
| 57 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | *2* |
| 58 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | *3* |
| 59 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | *2* |
| 60 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | *1* |
| 61 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | *2* |
| 62 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | *2* |
| 63 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | *1* |
| 64 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | *1* |
| 65 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | *3* |
| 66 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | *3* |
| 67 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | *1* |
| 68 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | *1* |
| 69 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | *2* |
| 70 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | *3* |
| 71 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | *2* |
| 72 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | *1* |
| 73 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | *2* |
| 74 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | *1* |
| 75 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | *1* |
| 76 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | *2* |
| 77 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | *3* |
| 78 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | *2* |
| 79 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | *1* |
| 80 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | *2* |
| 81 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | *2* |
| 82 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | *3* |
| 83 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | *2* |
| 84 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | *1* |
| 85 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | *2* |
| 86 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | *2* |
| 87 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | *1* |
| 88 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | *1* |
| 89 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | *3* |
| 90 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | *3* |
| 91 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | *1* |
| 92 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | *1* |
| 93 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | *2* |
| 94 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | *2* |
| 95 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | *3* |
| *96* | *2* | *3* | *2* | *1* | *3* | *2* | *3* | *1* |

Число значений каждого из показателей, попавших в тот или иной ранг, приведены в таблице 4.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  Таблица 4. Число значений попавших в ранги № п/п |  Показатели | Число значений показателей входящих в ранг |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Защищенность | 27  | 49  | 20 |
| 2 | Суммарная защищенность | 22 | 30 | 14 |
| 3 | Уровень  | 35 | 49 | 12 |
| 4 | Уровень  | 19 | 40 | 37 |
| 5 | Вертикальный градиент | 20 | 39 | 37 |
| 6 | Водопроводимость | 16 | 40 | 40 |
| 7 | Тип территории | 19 | 42 | 35 |
| 8 | Содержание хлоридов в  | 39 | 36 | 21 |

Аналогичные формулы для: сложных двоичных признаков: сложных троичных признаков. В нашем случае в качестве функции отклика является содержание хлоридов в водоносном горизонте. Таким образом, имея ввиду наличие 3-х рангов по хлору полная информативность равняется: начения логарифмов приведены в приложении 1. Узнав значения логарифмов получаем полную информативность:  *бит*.

В дальнейшем при расчете взаимной информативности признаков 145,9 бит будут приняты за 100% информативности, по отношению к которой и будет выясняться наибольшая информативность признаков.

Производим расчет информативности простых признаков.

1. Суммарная защищенность.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 |  |
| 1 | 22 | 20 | 10 |  |
|  2 | 14 | 12 | 4 |  |
| 3 | 3 | 6 | 5 |  |
|  | 39 | 38 | 19 | 145,9-143=2,9 бит  |

В дальнейшем при расчете информативности в скобочках сразу будут приведены значения .

2. Защищенность.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 |  |
| 1 | 11 | 12 | 4 | 27=39,31 |
|  2 | 22 | 17 | 10 | 49=74,3 |
| 3 | 6 | 9 | 5 | 20=30,8 |
|  | 39 | 38 | 19 | 145,9-144,41=1,5 бит  |

1. Уровень касимовского горизонта

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 |  |
| 1 | 15 | 12 | 8 | 35=51,7 |
|  2 | 19 | 23 | 7 | 49=70,7 |
| 3 | 5 | 3 | 4 | 12=18,7 |
|  | 39 | 38 | 19 | 145,9-141, 1=4,8 бит  |

1. Уровень подольско-мячковского горизонта

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 |  |
| 1 | 8 | 7 | 4 | 19=29,1 |
|  2 | 16 | 16 | 8 | 40=60,9 |
| 3 | 15 | 15 | 7 | 37=55,8 |
|  | 39 | 38 | 19 | 145,9-145,8=0,1 бит  |

1. Вертикальный градиент

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 |  |
| 1 | 8 | 8 | 4 | 20=30,4 |
|  2 | 19 | 15 | 5 | 39=55,2 |
| 3 | 12 | 15 | 10 | 37=57,9 |
|  | 39 | 38 | 19 | 145,9-143,5=2,4 бит  |

1. Водопроводимость

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl *Т* | 1 | 2 | 3 |  |
| 1 | - | 6 | 10 | 16=15,3 |
|  2 | 13 | 18 | 9 | 40=61,2 |
| 3 | 26 | 14 | - | 40=37,4 |
|  | 39 | 38 | 19 | 145,9-113,9=32 бит  |
|  Тип территории Cl *ТТ* | 1 | 2 | 3 |  |
| 1 | 12 | 7 | - | 19=17,5 |
|  2 | 16 | 23 | 3 | 42=53,1 |
| 3 | 11 | 8 | 16 | 35=53,5 |
|  | 39 | 38 | 19 | 145,9-124,1=21,8 бит  |

Все произведенные выше расчеты информативности простых признаков приведены в таблице 5.

|  |  |
| --- | --- |
|  Таблица 5. Информативность простых признаков Показатели  | Информативность |
| бит | % |
| Суммарная защищенность | 2,9 | 1,9 |
| Защищенность | 1,5 | 1,0 |
| Уровень касимовского горизонта | 4,8 | 3,3 |
| Уровень подольско-мячковского горизонта | 0,1 | 0,06 |
| Вертикальный градиент | 2,4 | 1,6 |
| Водопроводимость | 32 | 21,9 |
| Тип территории | 21,8 | 14,9 |
| **Уровень концентрации хлоридов** | **145,9** | **100** |

Анализируя полученные результаты можно сказать, что половина признаков оказались практически не информативными, и ни один из признаков не показал минимальной информативности в 30% для дальнейшего их использования для диагностики и прогнозирования экологического состояния ПТГГС.

В сложившейся ситуации необходимо сформировать сложные двоичные и троичные признаки, чтобы повысить информативность имеющихся признаков с помощью способа перебора. Для этого выбираем 4 наиболее информативных признака таких как: суммарная защищенность; уровень касимовского горизонта; водопроводимость; тип территории ().

Нам необходимо выбрать 3 наиболее информативных двоичных признака и 1 троичный.

Вначале сформируем двоичные признаки и выберем наиболее информативные из них.

Здесь и в дальнейшем будут указаны в отдельном столбце сразу значения относительной информативности.

1. Суммарная защищенность и уровень касимовского горизонта ().

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 12 | 11 | 15 | 5 | 31 | 45,3 |
|  21 | 6 | 6 | 2 | 14 | 20,3 |
| 22 | 6 | 5 | 2 | 13 | 18,9 |
| 32 | 2 | 3 | - | 5 | 4,9 |
| 33 | - | 2 | 4 | 6 | 5,5 |
| 11 | 8 | 5 | 5 | 18 | 27,8 |
| 31 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3,75 |
| 13 | 3 | - | - | 3 | 0 |
| 23 | 2 | 1 | - | 3 | 2,8 |
| сумма |  |  |  | 96 | 130,25 |
| 145,9-130,25=15,7 бит  |

1. Суммарная защищенность и водопроводимость ().

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 13 | 17 | 10 | - | 27 | 25,7 |
| 23 | 7 | 3 | - | 10 | 8,8 |
| 22 | 5 | 8 | 3 | 16 | 23,6 |
| 33 | 3 | 1 | - | 4 | 3,2 |
| 32 | - | 5 | 1 | 6 | 3,7 |
| 31 | 1 | - | 4 | 5 | 3,6 |
| 12 | 6 | 5 | 5 | 16 | 25,3 |
| 11 | - | 5 | 5 | 10 | 10 |
| 21 | - | 1 | 1 | 2 | 2 |
| сумма |  |  |  | 96 | 105,9 |
| 145,9-105,9=40 бит  |

1. Суммарная защищенность и тип территории ()

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 13 | 7 | 2 | 8 | 17 | 24,2 |
| 22 | 8 | 6 | 1 | 15 | 18,8 |
| 23 | 5 | 5 | 3 | 13 | 20,1 |
| 31 | 2 | - | - | 2 | 0 |
| 32 | 1 | 5 | - | 6 | 3,8 |
| 33 | - | 1 | 5 | 6 | 3,9 |
| 12 | 6 | 12 | 2 | 20 | 25,9 |
| 21 | 1 | 1 | - | 2 | 2 |
| 11 | 9 | 6 | - | 15 | 13,1 |
| сумма |  |  |  | 96 | 111,8 |
| 145,9-111,8=34,1 бит  |

1. Уровень касимовского горизонта и водопроводимость ()

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 23 | 13 | 9 | - | 22 | 21,5 |
| 12 | 4 | 8 | 6 | 18 | 27,5 |
| 13 | 11 | 4 | - | 15 | 20,1 |
| 22 | 6 | 8 | 3 | 17 | 25,2 |
| 21 | - | 6 | 4 | 10 | 9,7 |
| 32 | 3 | 2 | - | 5 | 4,8 |
| 31 | - | - | 4 | 4 | 0 |
| 33 | 2 | 1 | - | 3 | 2,8 |
| 11 | - | - | 2 | 2 | 0 |
| сумма |  |  |  | 96 | 104,1 |
| 145,9-104,1=41,8 бит  |

1. Уровень касимовского горизонта и тип территории ()

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 23 | 6 | 5 | 4 | 15 | 23,5 |
| 12 | 8 | 8 | - | 16 | 16 |
| 13 | 3 | 3 | 8 | 14 | 20 |
| 22 | 6 | 11 | 3 | 20 | 28,1 |
| 21 | 8 | 6 | - | 14 | 13,8 |
| 32 | 3 | 3 | - | 6 | 6 |
| 33 | 2 | - | 4 | 6 | 5,5 |
| 11 | 4 | 1 | - | 5 | 3,6 |
| сумма |  |  |  | 96 | 116,5 |
| 145,9-116,5=29,4 бит  |

1. Водопроводимость и тип территории 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 33 | 7 | - | - | 7 | 0 |
| 32 | 12 | 14 | - | 26 | 25,9 |
| 22 | 4 | 8 | - | 12 | 11 |
| 23 | 4 | 7 | 9 | 20 | 30,3 |
| 31 | 7 | - | - | 14 | 0 |
| 13 | - | 1 | 7 | 8 | 4,3 |
| 21 | 5 | 3 | - | 8 | 7,6 |
| 11 | - | 4 | - | 4 | 0 |
| 12 | - | 1 | 3 | 4 | 3,2 |
| сумма |  |  |  | 96 | 82,3 |
| 145,9-82,3=63,6 бит  |

Анализируя имеющиеся результаты расчетов, выбираем 3 двоичных признака с наибольшей информативностью: , , .

Теперь необходимо сформировать троичные признаки.

1. Суммарная защищенность, уровень касимовского горизонта и водопроводимость 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 123 | 9 | 7 | - | 16 | 15,8 |
| 112 | 2 | 2 | 3 | 7 | 10,9 |
| 113 | 6 | 3 | - | 9 | 8,3 |
| 111 | - | - | 2 | 2 | 0 |
| 133 | 2 | - | - | 2 | 0 |
| 121 | - | 5 | 3 | 8 | 7,6 |
| 221 | - | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 222 | 3 | 3 | 1 | 7 | 10,1 |
| 232 | 2 | - | - | 2 | 0 |
| 122 | 3 | 3 | 2 | 8 | 12,5 |
| 223 | 3 | 1 | - | 4 | 3,2 |
| 213 | 4 | 1 | - | 5 | 3,6 |
| 212 | 2 | 5 | 2 | 9 | 12,9 |
| 323 | 2 | 1 | - | 3 | 2,8 |
| 332 | - | 2 | - | 2 | 0 |
| 331 | - | - | 4 | 4 | 0 |
| 312 | - | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 313 | 1 | - | - | 1 | 0 |
| 322 | - | 2 | - | 2 | 0 |
| 233 | - | 1 | - | 1 | 0 |
| сумма |  |  |  | 96 | 91,7 |
| 145,9-91,7=54,2 бит  |

2. Уровень касимовского горизонта, водопроводимость и тип территории 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 233 | 4 | - | - | 4 | 0 |
| 132 | 6 | 4 | - | 10 | 9,7 |
| 122 | 2 | 4 | - | 6 | 5,5 |
| 123 | - | 3 | 6 | 9 | 8,3 |
| 232 | 5 | 9 | - | 14 | 13,2 |
| 231 | 4 | - | - | 4 | 0 |
| 322 | 1 | 2 | - | 3 | 2,8 |
| 313 | - | - | 4 | 4 | 0 |
| 133 | 3 | - | - | 3 | 0 |
| 222 | 1 | 2 | - | 8 | 12,5 |
| 223 | 2 | 4 | 3 | 9 | 13,8 |
| 332 | 2 | 1 | - | 3 | 2,8 |
| 131 | 2 | - | - | 2 | 0 |
| 121 | 2 | 1 | - | 3 | 2,8 |
| 113 | - | - | 2 | 2 | 0 |
| 211 | - | 4 | 1 | 4 | 0 |
| 212 | - | 1 | 3 | 4 | 3,2 |
| 323 | 2 | - | - | 2 | 0 |
| 221 | 3 | 2 | - | 5 | 4,8 |
| 213 | - | 1 | 1 | 2 | 2 |
| сумма |  |  |  | 96 | 71,7 |
| 145,9-71,7=71,7 бит  |

3. Суммарная защищенность, уровень касимовского горизонта и тип территории 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 122 | 1 | 8 | 1 | 10 | 9,2 |
| 112 | 2 | 4 | - | 6 | 5,5 |
| 111 | 2 | 1 | - | 3 | 2,8 |
| 113 | 4 | - | 5 | 9 | 8,9 |
| 121 | 6 | 5 | 1 | 12 | 15,9 |
| 132 | 3 | - | - | 3 | 0 |
| 223 | 2 | 2 | 1 | 5 | 7,6 |
| 233 | 2 | - | - | 2 | 0 |
| 232 | - | 1 | - | 1 | 0 |
| 123 | 4 | 2 | 3 | 9 | 13,8 |
| 221 | - | 1 | - | 1 | 0 |
| 212 | 5 | 4 | - | 9 | 8,9 |
| 213 | - | 2 | 2 | 4 | 4 |
| 321 | 2 | - | - | 2 | 0 |
| 332 | - | 2 | - | 2 | 0 |
| 333 | - | - | 4 | 4 | 0 |
| 313 | - | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 312 | 1 | - | - | 1 | 0 |
| 322 | - | 2 | - | 2 | 0 |
| 211 | 1 | - | - | 1 | 0 |
| сумма |  |  |  | 96 | 86,3 |
| 145,9-86,3=59,6 бит  |

4. Суммарная защищенность, водопроводимость и тип территории 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cl  | 1 | 2 | 3 | Сумма | Относительная информативность  |
| 133 | 7 | - | - | 7 | 0 |
| 232 | 6 | 3 | - | 9 | 8,3 |
| 222 | 3 | 3 | - | 6 | 6 |
| 223 | 4 | 5 | 3 | 12 | 18,7 |
| 331 | 2 | - | - | 2 | 0 |
| 322 | - | 4 | - | 4 | 0 |
| 313 | - | - | 4 | 4 | 0 |
| 132 | 5 | 10 | - | 15 | 13,8 |
| 323 | - | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 332 | 1 | 1 | - | 2 | 2 |
| 122 | 1 | 1 | - | 2 | 2 |
| 121 | 5 | 3 | - | 8 | 7,6 |
| 113 | - | 1 | 3 | 4 | 3,2 |
| 131 | 4 | - | - | 4 | 0 |
| 111 | - | 3 | - | 3 | 0 |
| 212 | - | - | 1 | 1 | 0 |
| 112 | - | 1 | 2 | 3 | 2,8 |
| 211 | - | 1 | - | 1 | 0 |
| 231 | 1 | - | - | 1 | 0 |
| сумма |  |  |  | 96 | 70,3 |
| 145,9-70,3=75,6 бит  |

В результате проведения расчетов информативности методом перебора, необходимо выбрать наиболее информативных три двоичных и один троичный признаков для того, чтобы произвести тестирование модели. Итоговые значения наиболее информативных сложных двоичных и троичных признаков сведены в таблице 6.

Таблица 6. Наиболее информативные сложные признаки

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | Информативность |
| Бит | % |
|  | 40,0 | 27,4 |
|  | 41,8 | 28,6 |
|  | 63,6 | 43,6 |
|  | 75,6 | 51,9 |
| **Уровень концентрации хлоридов** | **145,9** | **100** |

3. Тестирование модели

После определения более информативных сложных признаков необходимо произвести тестирование сформированной модели для выяснения её пригодности для дальнейшего прогноза. Для этого используется контрольная модель, с помощью которой, с использованием матриц взаимных переходов, считается сумма голосов. В контрольной части смотрят сочетание значений признаков и по матрице взаимных переходов определяют количество попаданий этих сочетаний в 1, 2 и 3 ранг по хлору и в итоге суммируют их. Тот ранг, в который попадет наибольшее значение сочетаний, будет считаться прогнозным. Этот ранг будет сравниваться с фактическим значением ранга по хлору. Чем больше будет совпадений прогнозных значений с фактическими, тем более пригодной для прогноза окажется наша модель.

Результаты диагностирования модели приведены в таблице 7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Таблица 7. Диагностирование модели № блока | Ранги | Содержание хлора |
| 1 | 2 | 3 | фактическое | прогнозное |
| 97 |  |  |  | 2 | 1 |
| 98 |  |  |  | 1 | 2 |
| 99 |  |  |  | 3 | 1 |
| 100 |  |  |  | 2 | 3 |
| 101 |  |  |  | 2 | 2 |
| 102 |  |  |  | 2 | 3 |
| 103 |  |  |  | 3 | 2 |
| 104 |  |  |  | 2 | 2 |
| 105 |  |  |  | 2 | 1 |
| 106 |  |  |  | 1 | 3 |
| 107 |  |  |  | 2 | 2 |
| 108 |  |  |  | 1 | 3 |
| 109 |  |  |  | 2 | 1 |
| 110 |  |  |  | 1 | 2 |
| 111 |  |  |  | 3 | 1 |
| 112 |  |  |  | 2 | 3 |
| 113 |  |  |  | 2 | 2 |
| 114 |  |  |  | 2 | 3 |
| 115 |  |  |  | 3 | 1 |
| 116 |  |  |  | 2 | 2 |
| 117 |  |  |  | 2 | 1 |
| 118 |  |  |  | 1 | 3 |
| 119 |  |  |  | 2 | 2 |
| 120 |  |  |  | 1 | 3 |

Анализируя таблицу стоит обратить внимание на так называемый «отказ», который свидетельствует об недостаточности значений показателей входящих в ранг. В нашей ситуации при нашей модели, разбитой на 96 блоков, идеальным количеством значений входящих в 3 ранга составляло бы 32.. К сожалению, в нашей модели такое условие не выполняется. В некоторых случаях число значений входящих в ранг не превышает и 12. Это снижает эффективность нашей модели.

На основании составленной таблицы необходимо посчитать ошибку по формуле: , где - количество совпадений прогнозных значений и фактических.

Такая высокая ошибка свидетельствует об неэффективности сформированной нами информационной модели.

Если следовать методике диагностирования и прогноза экологического состояния ПТГГС, то после проведения тестирования имеющейся информационной модели, нам необходимо произвести прогноз состояния ПТГГС. В нашем случае, т.к. модель оказалась неэффективной, прогноз, с точки зрения здравого смысла, производить не стоит, потому что его результаты не будут корректными и достоверными. Но т.к. главной нашей целью является освоение методики проведения диагностирования и прогноза экологического состояния ПТГГС, прогноз необходимо произвести.

Результаты прогноза приведены в таблице 8.

Таблица 8. Результаты прогноза

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № блока | Ранги | Содержание хлора |
| 1 | 2 | 3 | прогнозное |
| 121 |  |  |  | 1 |
| 122 |  |  |  | 2 |
| 123 |  |  |  | 1 |
| 124 |  |  |  | 3 |
| 125 |  |  |  | 2 |
| 126 |  |  |  | 3 |
| 127 |  |  |  | 1 |
| 128 |  |  |  | 2 |
| 129 |  |  |  | 1 |
| 130 |  |  |  | 3 |
| 131 |  |  |  | 2 |
| 132 |  |  |  | 3 |

Как уже было сказано выше, данный прогноз является некорректным и не представляет никакой ценности.

**Заключение**

В процессе проведения данной работы нами были оценены гидрогеологические, геологические и техногенные условия изучаемой территории, выяснено влияния имеющихся условий на загрязнение подольско-мячковского горизонта хлором, была сформирована информационно-диагностическая модель, подвергавшаяся тестированию. Выяснилось, что имеющаяся модель не эффективна, потому как имеет большую ошибку . В таком случае необходимо повышать эффективность модели, теми или иными способами.

На мой взгляд, есть несколько способов повышения эффективности модели, а именно: - замена показателей, не полностью связанных с функцией отклика и не сильно влияющих на ее изменение. В нашем случае, такими признаками, на мой взгляд, являются защищенность и вертикальный градиент, т.к. он имеет важную роль в местах перетекания, а таких мест на карте не много, поэтому его роль незначительна; - введение дополнительного показателя, такого как минерализация вод подольско-мячковского горизонта; - разбиение имеющихся значений не на 3 ранга, а, предположим, на 2 или 4 ранга; - изменить способ разбиения на обучающую и контрольную части; - уточнение достоверности исходных данных; - разбиение на ранги таким образом, чтобы в каждый ранг входило одинаковое количество значений показателя.

Список литературы

1. Учебное пособие Природно-технические гидрогеологические системы. М.: 2006 г.
2. Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б. Попов Е.В., Экологическая гидрогеология