

6 Полученные результаты и расчеты указывают на необходимость проведения многолетних исследований качественных характеристик водных ресурсов с расширением количества изучаемых водотоков, используемых для орошения.

#### Список использованных источников

1 Иванютин, Н. М. Водооборот и антропогенная нагрузка в бассейне реки Салгир / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова, В. И. Кременской // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 174–188. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec452-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec452-field6.pdf).

2 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на качественные характеристики вод реки Салгир и их оценка по степени пригодности для целей орошения / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 95–103.

3 Мелиоративные системы и сооружения: СНиП 2.06.03-85: утв. Госстроем СССР 17.12.85: введ. в действие с 01.07.86. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

4 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: СанПиН 2.1.4.1175-02: утв. Гл. гос. санитарным врачом Рос. Федерации 17.11.02: введ. в действие с 01.03.03. – М., 2003.

5 Подовалова, С. В. Оценка качества вод реки Салгир с использованием метода биотестирования / С. В. Подовалова, Н. М. Иванютин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 127–143. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec501-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec501-field6.pdf).

6 ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. – Введ. 1991-07-01. – М., 1990.

7 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 189 с.

УДК 626.82

**Р. Т. Хожамуратова**

Каракалпакский государственный университет, Нукус, Республика Узбекистан

**Э. И. Чембарисов**

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

**Ж. Б. Мирзакобулов**

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

#### ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН

*В статье представлены характеристики уровня залегания, минерализации и химического состава грунтовых вод орошаемой зоны Республики Каракалпакстан. Приведен анализ многолетнего изменения этих характеристик и их распределения по отдельно выделенным районам.*

*Ключевые слова: орошаемая зона, Республика Каракалпакстан, уровень залегания грунтовых вод, минерализация, химический состав.*

\*\*\*\*\*

**R. T. Khozhamuratova**

Karakalpak State University, Nukus, Republic of Uzbekistan

**E. I. Chembarisov**

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

**Zh. B. Mirzakobulov**

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

**PECULIARITIES OF GROUNDWATER SALINITY AND CHEMICAL  
COMPOSITION DISTRIBUTION OF THE IRRIGATED ZONE  
OF THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN**

*The article presents the peculiarities of the level of occurrence, mineralization and chemical composition of groundwater in the irrigated zone of the Republic of Karakalpakstan are presented. An analysis of the long-term changes of these characteristics and their distribution over allocated regions is given.*

*Key words: irrigated zone, Republic of Karakalpakstan, groundwater table, salinity, chemical composition.*

Дельта Амударьи на территории Каракалпакии сложена многими видами и типами отложений мелового, третичного и четвертичного периодов. Меловые отложения имеют место на правом берегу реки. Третичные отложения встречаются у Туя-Муюна, Кызылкума, Устюрта и в других районах в виде отложений красных и красно-желтых глин. Четвертичные отложения широко распространены повсеместно на территории современной и формирующейся дельты р. Амударьи и состоят из песков, супесей, суглинков и глин, приносимых водой. Эти отложения имеют сравнительно хорошую водопроницаемость, неустойчивость к процессам размыва, рыхлую структуру. Четвертичные отложения являются объектом мелиорации, в них формируются грунтовые воды и их режим [1, 2].

Сложность геологического строения дельты р. Амударьи, наличие и хозяйственное использование орошаемых земель в дельте обуславливают особенности ее гидрогеологических условий и формирования режима грунтовых вод. В плане проведения гидроэкологического мониторинга большой практический интерес вызывает анализ минерализации и состояния уровня грунтовых вод за многолетний период.

Анализ имеющихся данных о гидрогеолого-мелиоративной обстановке показал, что на орошаемых землях высокие уровни грунтовых вод наблюдаются в марте и апреле, в период интенсивных промывных поливов, по окончании промывок происходит некоторое падение уровня [2].

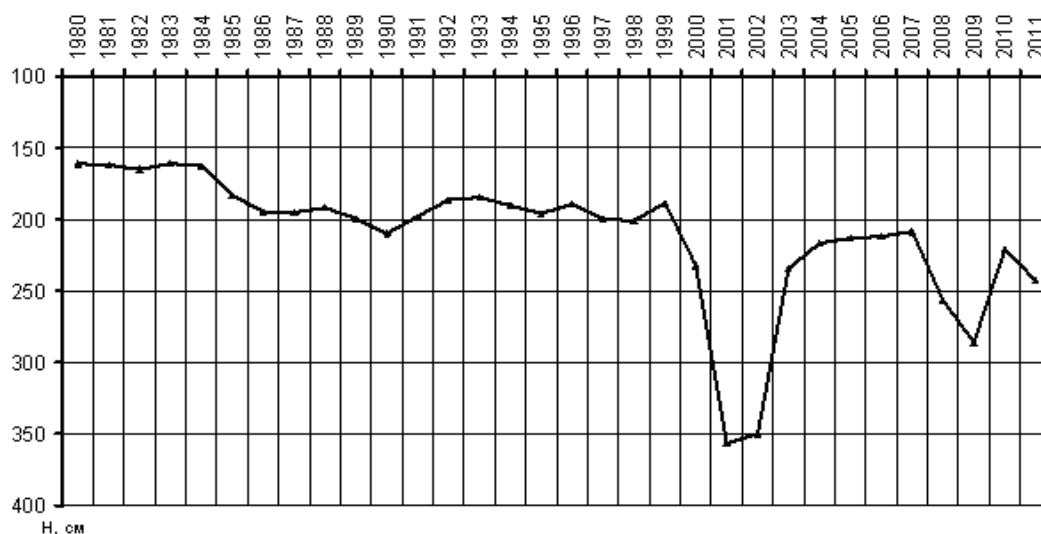
По условиям формирования грунтовых вод низовья р. Амударьи отличаются от остальных оазисов Узбекистана тем, что главная речная артерия здесь проходит по командным отметкам территории, формируя потоки грунтовых вод, движущиеся от реки вглубь оазиса [1, 3].

На орошаемой площади размером 515,3 тыс. га территории с грунтовыми водами на глубине 0–1 м занимают 7,8 тыс. га, 1,0–1,5 м – 48,9 тыс. га, 1,5–2,0 м – 268,6 тыс. га, 2–3 м – 120,9 тыс. га, 3–5 м – 66,9 тыс. га, более 5 м – 2,21 тыс. га. Минерализация грунтовых вод изменяется следующим образом: участки с минерализацией грунтовых вод 0–1 г/л занимают 2,7 тыс. га, 1–3 г/л – 433,7 тыс. га, 3–5 г/л – 72,8 тыс. га, 5–10 г/л – 6,0 тыс. га и более 10 г/л – 0,3 тыс. га.

График колебания грунтовых вод по Республике Каракалпакстан за период 1963–2011 гг. приведен на рисунке 1. Видно, что с 1980 по 1999 г. глубина грунтовых вод колебалась в пределах 210–180 см, а в маловодные 2000, 2001 гг. уровень грунтовых вод опустился до 350–360 см.

Грунтовые воды, насыщающие толщу дельтовых отложений и почти лишенные общего стока, образуют обширный бассейн с неоднородными гидрогеологическими

условиями. Неоднородность выражается в различии глубины залегания грунтовых вод, их минерализации, условий местного стока и зависит от питания, рельефа и литологического строения пород.



**Рисунок 1 – График колебания уровня грунтовых вод по Республике Каракалпакстан за период 1980–2011 гг.**

В формировании подземных вод дельты основную роль играют сама река и ее притоки. Атмосферные осадки в питании грунтовых вод заметную долю составляют только весной на участках неглубокого залегания. Грунтовые воды расходуются преимущественно на испарение. Подземный сток имеет подчиненное значение, находясь в зависимости от местных литолого-геоморфологических условий. Участки более или менее хорошо выраженного местного подземного стока расположены у реки и ее притоков.

Периферические части дельты, вблизи Устюрта на западе и в Тахтакупырском районе на востоке, характеризуются обычно глубоким (ниже 10 м) залеганием грунтовых вод; испарение крайне ослаблено.

В пределах площадей вблизи Аральского моря, характеризующихся обилием часто меняющихся протоков реки, разливами и озерами, грунтовые воды залегают неглубоко (обычно не глубже 3 м). Местный подземный сток в этих частях дельты заметно выражен вдоль действующих русел (река и ее протоки), играющих роль источников питания грунтовых вод. Подземный сток, направляющийся от русел вглубь береговой полосы, быстро затухает (у протоков – на расстоянии нескольких сотен метров, а у главного русла реки – на расстоянии 1–2 км), так как в большинстве случаев он осуществляется при неглубоком залегании грунтовых вод, которые на пути стока в значительном количестве испаряются. Структура регионального баланса грунтовых вод всей дельты от Туя-Муёна до Арала (без учета орошения) характеризует бассейн как территорию естественного соленакопления (таблица 1).

**Таблица 1 – Структура регионального баланса грунтовых вод всей дельты от Туя-Муёна до Арала (без учета орошения)**

| Приход                                     |     | Расход                                                               |     |
|--------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------|-----|
| Потери из р. Амударьи (без учета разливов) | 320 | Подземный отток                                                      | 0   |
| Атмосферные осадки                         | 30  | Суммарное испарение, повышение уровня грунтовых вод и возврат в реку | 350 |
| Подземный приток                           | 0   | Итого                                                                | 350 |
| Итого                                      | 350 |                                                                      |     |

В м<sup>3</sup>/с

Минерализация грунтовых вод в зоне застоя пестрая, наблюдается неравномерное распределение солей, которое зависит в основном от наличия местного подземного стока [2].

Наименьшей минерализацией обладают грунтовые воды приречной полосы и участков, прилегающих к протокам. При этом преобладающее значение имеют гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые, а в непосредственной близости к водотокам – гидрокарбонатные кальциевые воды. По мере возрастания общего содержания солей в воде, что особенно резко выражено в средних частях междуречных понижений, повышается содержание сульфатов и хлоридов, а в сильно минерализованных (40–60 г/л) водах преобладают хлориды. Из катионов преобладают натрий и магний.

В вертикальном профиле минерализация грунтовых вод также изменчива. Их опресняют через местный подземный сток фильтрационные воды Амударьи и ее притоков.

Наконец, соленосные, особенно третичные, породы коренного ложа обуславливают часто повышенную минерализацию грунтовых вод в нижней части водоносной толщи. Поэтому в одних случаях с глубиной наблюдается понижение минерализации, в других – повышение.

При рассмотрении условий залегания грунтовых вод нетрудно заметить особенность строения водоносной толщи дельтовых отложений. В теле дельты широко развиты песчаные образования русловых фаций. В результате блуждания реки и ее притоков русловые фации погребались под фациями разливов и озер, которые представлены слоистым комплексом супесей, суглинков и глин, содержащих прослойки мелкозернистого песка. Отложения русел в теле дельты имеют ярусное строение. В результате изменчивости направлений гидрографической сети на протяжении всей истории ее развития горизонтальные проекции древних погребенных и современных русел сложно пересекались.

Русловые фации представляют большой интерес как участки возможных естественных коллекторов (в случае создания в них районного понижения зеркала грунтовых вод при помощи откачек из скважин). Эти участки наиболее благоприятны и для локализации подземного, хотя и слабого, стока.

На территории бассейна выделяется согласно работам Н. Н. Ходжибаева [1] несколько групп потоков грунтовых вод:

- группа потоков грунтовых вод левобережья Амударьи. Располагается в западной части бассейна, на территории приаральской части дельты Амударьи. Границы ее на востоке и юго-востоке проходят по Амударье, на юге – по выходам коренных пород через выступ Назымхан до плато Аккелин, на западе – по чинку Устюрта, на северо-западе – по сороковой гидроизогипсе, являющейся границей описываемого потока и потока грунтовых вод со стороны оз. Судочье, на севере (условно) – по линии современной формирующейся дельты. Источники питания грунтовых вод – фильтрационные потери поверхностного стока и инфильтрация атмосферных осадков. На отдельных участках в старых руслах в отложениях мела и четвертичного возраста наблюдаются линзы пресных вод с минерализацией до 1 г/л. Минерализация грунтовых вод увеличивается от зоны питания (0,5 г/л) к зоне разгрузки (50–60 г/л) (от пресных до горько-соленых);

- группа потоков грунтовых вод современной Аральской дельты. Находится в северо-западной части бассейна. На западе она ограничена Амударьей, на севере – современной формирующейся дельтой, на северо-востоке граница проходит вдоль юго-западного склона возвышенности Бельтау, на юго-востоке – по пескам Табакум. Источники питания грунтовых вод – фильтрационные воды временно и постоянно действующих водотоков и в некоторой степени – инфильтрация атмосферных осадков. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 1–5 до 10–20 м. Минерализация изменяется от 0,5 (в зоне питания) до 10–50 г/л (в зоне разгрузки). В районе группы потоков преоб-

ладает процесс вертикального водообмена. Территория естественно слабодренирована, а в нижней части, где испарение преобладает над стоком, не дренирована;

- группа потоков грунтовых вод северных склонов гор Султануиздаг. Располагается в юго-восточной части описываемого бассейна. Источники питания грунтовых вод – поверхностные воды Амударьи, атмосферные осадки и перелив вод коренных отложений. Воды отличаются слабой минерализацией (от 0,5 до 1,5 г/л) в старых руслах Амударьи и повышенной (до 10–15 г/л) – на песчаной равнине. В зонах питания грунтовые воды залегают на отметках 95–105 м, в зонах разгрузки – 40 м. Направление движения потока – с юга на север и северо-восток.

Благодаря затрудненному подземному стоку, а также климатическим условиям района грунтовые воды расходуются в основном на испарение и транспирацию. Незначительное количество вод расходуется на подземный отток в сторону Сарыкамышской впадины. Несколько улучшен отток по руслам староречий. Минерализация грунтовых вод оазиса зависит от характера питания и расходования грунтовых вод и их связи с рекой. Минерализация – от 0,5 до 5 г/л и выше.

Наименее минерализованные воды развиты вдоль Амударьинских староречий Дарьялыка и ДAUDANA, наиболее минерализованные распространены главным образом за пределами оазиса. Это свидетельствует о существенном перемещении водных масс, а следовательно и солей, внутри дельты под действием естественных геологических факторов.

Гидрохимический профиль на всей территории Присарыкамышской дельты имеет одну форму: некоторое повышенное значение минерализации у зеркала грунтовых вод, уменьшение ее в интервале 5–15–25 м и вновь увеличение с глубиной.

По химическому составу грунтовые воды изменяются от гидрокарбонатно-сульфатных до хлоридно-сульфатных. Соотношение питания грунтовых вод с испарением определило особенности химического состава – интенсивное накопление в грунтовых водах оазиса хлоридов.

Для территории бассейна характерно распространение грунтовых вод с глубиной залегания зеркала от 1–2 до 30 м. Наиболее близкое залегание уровня наблюдается в приамударьинской полосе; с удалением к ее периферии он погружается и в пустынной части дельты находится на глубине свыше 15 м.

Разгрузка грунтовых вод в левобережье происходит за счет испарения, транспирации и подземного оттока в сторону Сарыкамышской котловины, частичная – путем выклинивания в районе озер юга Хорезма, на Акчадарьинской дельте – за счет испарения, транспирации и частично выклинивания в оз. Ащиккуль.

По данным мелиоративной службы Министерства сельского и водного хозяйства РУз, земли со средней и сильной степенью засоления в Республике Каракалпакстан составляли в разные годы от 40 до 50 % орошаемой территории, сильной – от 22,7 до 64,5 тыс. га, в Хорезме – от 12 до 39 тыс. га. Если такие земли оставить без промывки, то на них вообще невозможно получить урожай. Сезонное засоление зависит от глубины грунтовых вод, режима и технологии поливов в вегетацию хлопчатника. При недостатке подачи оросительной воды сверху и неудовлетворительном дренировании территорий к концу вегетации в верхнем корнеобитаемом слое накапливаются соли. Засоление – результат неоптимального управления водными ресурсами, вследствие которого имеются значительные потери урожая хлопчатника и других сельскохозяйственных культур. Неудовлетворительное водоотведение способствует застою грунтовых вод, но основная причина подъема уровня грунтовых вод – большие потери воды из каналов и на полях при поливах сельхозкультур.

Средний уровень грунтовых вод орошаемой зоны по Республике Каракалпакстан за 2013 г. приведен в таблице 2. Видно, что в пределах мелиоративных систем средний годовой уровень грунтовых вод изменяется от 157 до 561 см.

Таблица 2 – Средний уровень грунтовых вод орошаемой зоны по Республике Каракалпакстан за 2013 г.

В см

| Наименование<br>мелиоративной<br>системы | Район           | Месяц |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     | Среднегодовой уровень<br>грунтовых вод |
|------------------------------------------|-----------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|----------------------------------------|
|                                          |                 | I     | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII |                                        |
| Южная                                    | Турткуль        | 217   | 198 | 170 | 167 | 179 | 185 | 171 | 162  | 170 | 180 | 194 | 200 | 183                                    |
|                                          | Элликкала       | 220   | 201 | 173 | 175 | 184 | 188 | 176 | 166  | 177 | 191 | 206 | 214 | 189                                    |
|                                          | Беруни          | 196   | 158 | 137 | 138 | 154 | 169 | 162 | 150  | 153 | 173 | 197 | 200 | 166                                    |
| Амударьинская                            | Амударья        | 164   | 139 | 134 | 146 | 166 | 177 | 150 | 135  | 146 | 171 | 191 | 166 | 157                                    |
| Левобережная                             | Ходжейли        | 182   | 151 | 136 | 153 | 170 | 193 | 186 | 166  | 177 | 202 | 221 | 203 | 178                                    |
|                                          | Шуманай         | 199   | 165 | 169 | 176 | 185 | 215 | 229 | 214  | 215 | 224 | 229 | 217 | 203                                    |
|                                          | Канлыкуль       | 206   | 193 | 190 | 197 | 201 | 210 | 206 | 188  | 192 | 206 | 220 | 217 | 202                                    |
|                                          | Кунград         | 196   | 173 | 184 | 176 | 190 | 204 | 198 | 184  | 171 | 178 | 178 | 195 | 186                                    |
|                                          | Муйнак          | 563   | 559 | 542 | 550 | 543 | 553 | 567 | 564  | 567 | 577 | 576 | 576 | 561                                    |
| Правобережная                            | Нукус           | 242   | 226 | 235 | 230 | 228 | 233 | 220 | 222  | 226 | 248 | 262 | 254 | 236                                    |
|                                          | Кегейли         | 265   | 252 | 240 | 243 | 244 | 264 | 279 | 269  | 271 | 293 | 304 | 305 | 269                                    |
|                                          | Чимбай          | 212   | 173 | 175 | 189 | 202 | 227 | 236 | 218  | 229 | 259 | 275 | 287 | 224                                    |
|                                          | Караузьяк       | 189   | 188 | 190 | 178 | 190 | 205 | 204 | 196  | 207 | 220 | 237 | 252 | 205                                    |
|                                          | Тахта-<br>купыр | 224   | 219 | 220 | 211 | 213 | 221 | 217 | 217  | 222 | 232 | 243 | 255 | 225                                    |
| По Республике Каракалпакстан             |                 | 234   | 214 | 207 | 209 | 218 | 232 | 229 | 218  | 223 | 240 | 252 | 253 | 227                                    |

**Выводы.** Анализ имеющихся данных о гидрогеолого-мелиоративной обстановке в орошаемой зоне Республики Каракалпакстан показал, что на орошаемых землях высокие уровни грунтовых вод наблюдаются в марте и апреле, в период интенсивных промывных поливов, по окончании промывов происходит некоторое падение уровня.

На орошаемой площади размером 515,3 тыс. га участки с грунтовыми водами на глубине 0–1 м занимают 7,8 тыс. га, 1,0–1,5 м – 48,9 тыс. га, 1,5–2,0 м – 268,6 тыс. га, 2–3 м – 120,9 тыс. га, 3–5 м – 66,9 тыс. га, более 5 м – 2,21 тыс. га. Территории с минерализацией грунтовых вод 0–1 г/л занимают 2,7 тыс. га, 1–3 г/л – 433,5 тыс. га, 3–5 г/л – 72,8 тыс. га, 5–10 г/л – 6,0 тыс. га и более 10 г/л – 0,3 тыс. га.

В результате проведенного анализа выявлено, что с 1980 по 2011 г. глубина грунтовых вод колебалась в пределах 210–180 см, а в маловодные 2000, 2001 гг. уровень грунтовых вод опустился до 350–360 см. За прошедшие годы наблюдалась общая тенденция к понижению уровня грунтовых вод.

Наименьшей минерализацией обладают грунтовые воды приречной полосы и участков, прилегающих к протокам. По мере возрастания общего содержания солей в воде повышается содержание сульфатов и хлоридов, из катионов преобладают натрий и магний.

Рассмотренные выше закономерности составляют теоретическую основу для прогнозов вторичного засоления почв и грунтов при длительном орошении. Было выявлено, что в настоящее время преобладает хлоридно-сульфатный тип вторичного засоления. При длительной эксплуатации оросительных систем и отмывке хлористых и сульфатных солей происходит уменьшение минерализации грунтовых вод, они метаморфизуются в обратном направлении.

#### **Список использованных источников**

1 Ходжибаев, Н. Н. Естественные потоки грунтовых вод Узбекистана / Н. Н. Ходжибаев. – Ташкент: Фан, 1970. – 174 с. – (Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР. Вып. 7).

2 Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударья) / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник, Р. Т. Хожамуратова. – Нукус: Каракалпакстан, 2016. – 187 с.

3 Чембарисов, Э. И. Прикладная экология (на примере Республики Каракалпакстан): учеб. пособие / Э. И. Чембарисов, Р. Т. Хожамуратова. – Нукус: Билим, 2012. – 84 с.

УДК 626.823

**А. Ю. Гарбуз**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ТРЕЩИНЫ БЕТОННЫХ ОБЛИЦОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АНАЛОГИЙ**

*Целью исследований являлось моделирование процесса фильтрации через малые трещины бетонных облицовок каналов с использованием экспериментального метода электрогидродинамических аналогий (ЭГДА). Для достижения поставленной цели автором были выполнены экспериментальные исследования по оценке водопроницаемости малых трещин различной глубины и ширины раскрытия, которые проводились на установке ЭГДА-9/60. В качестве закольматированных трещин применялась медная проволока диаметром 0,14 мм, которая с помощью клея БФ-2 с добавлением сажи крепилась к модели области фильтрации. По результатам проведенных исследований была по-*