

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРАХ

Феофанов Ю. А., Ряховский М. С.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, Санкт-Петербург, [ул. 2-я Красноармейская, 4](#)), e-mail: mr1982@list.ru

Скважины инфильтрационных водозаборов получили широкое распространение. При строительстве и эксплуатации скважин инфильтрационных водозаборов отсутствует антропогенное воздействие на поверхностные водоемы, существенно улучшается качество добываемой воды, требуются относительно низкие инвестиции на их строительство и эксплуатацию, они надежно работают в сложных гидрологических и климатических условиях. В процессе работы скважин инфильтрационных водозаборов появляется много особенностей и проблем, например, снижение дебета, ухудшение качества воды. В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на формирование качества воды при береговой фильтрации для четырех различных рек и меры оптимизации работы инфильтрационных водозаборов. Инфильтрационные водозаборы – это надежный, энергоэффективный, экологичный способ добычи воды для хозяйственно-питьевых, технологических нужд, сегодня он является наиболее перспективным.

Ключевые слова: скважины инфильтрационных водозаборов, скважины береговой фильтрации, качество воды скважин инфильтрационных водозаборов, оптимизация систем береговой фильтрации.

THE FACTORS INFLUENCING ON FORMING WATER QUALITY OF INFILTRATION WATER INTAKES

Feofanov Y. A., Ryakhovskiy M. S.

FGBOU VPO "Saint-Petersburg State University of architecture and civil engineering", St. Petersburg, Russia (St. Petersburg, [str. 2-ya Krasnoarmeyskaya, 4](#)), e-mail: mr1982@list.ru

Riverbank filtration (RBF) wells are used all over the world. There is no anthropogenous influence on a superficial reservoirs during building and using of RBF wells. The raw water quality gets improved and low investments on their construction and exploitation are required. They are reliable on operation in difficult hydrological and geological conditions. There are a lot of features and problems during the operation of RBF wells, for example, reducing of productivity, decreasing of raw water quality. The major factors influencing formation of water quality at RBF for four different rivers and measures of optimization of their work are shown in this article. RBF is a reliable, effective, ecological way of production of water for different purposes.

Keywords: riverbank filtration wells, water supply wells of coastal filtration, raw water quality of riverbank filtration wells, optimization of riverbank filtration systems.

Введение

Инфильтрационные водозаборы (ИВ) используются для нужд водоснабжения на всей территории страны и эксплуатируются на горных реках, реках: юга, европейской и центральной территорий, Сибири. С применением ИВ связаны проекты развития схем водоснабжения городов Заполярья, Поволжья, Урала, Дальнего Востока. Существует более чем столетний опыт эксплуатации и обслуживания ИВ в Европе, подобные схемы используются в Индии, Бразилии, Америке и т.д. ИВ нашли широкое применение в водоснабжении благодаря ряду преимуществ:

- относительно низкая стоимость проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, эксплуатации;

- отсутствие антропогенного влияния на поверхностный водоем при естественной береговой фильтрации (БФ);
- значительное улучшение качества воды, подаваемой на водопроводные очистные сооружения.

Цель исследования

При оценке использования БФ для нужд водоснабжения комплексно рассматривают гидрологические, геологические, гидрогеологические, геохимические и биологические факторы, с учетом пространственно-временных изменений и антропогенного воздействия. Понимание схем береговой фильтрации основывается прежде всего на знании, полученном в ходе исследований на существующих скважинах ИВ. Данные исследования существенно помогают при проектировании и реконструкции скважин ИВ в любой точке земного шара.

Материал и методы исследования

В ходе эксплуатации ИВ были выявлены следующие особенности и проблемы:

- снижение производительности ввиду заиливания русла реки, возникшего в результате превышения оптимальных объемов добычи воды из скважин;
- изменение дебета скважин и качества добываемой воды в зависимости от времени года;
- проникновение гидробионтов в скважины при высоких гидравлических градиентах потоков [1];
- вследствие антропогенного воздействия на поверхностный водоем и месторождение поверхностных вод в целом или ввиду значительной эрозии грунта в районе размещения скважин, в добываемой воде обнаружены концентрации органических соединений, солей тяжелых металлов, радиоактивных нестабильных и стабильных изотопов, патогенных микроорганизмов;
- высокие концентрации общего железа и марганца в воде, обусловленные природными факторами и местоположением скважин относительно поверхностного водоема; превышением оптимальных объемов добычи воды из скважин;
- увеличение общей жесткости, концентрации аммония, а также образование сероводорода и серы в результате изменения окислительно-восстановительных условий [2];
- низкая эффективность удаления полярных органических соединений, например, этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и 2-Амино-1,5-нафталиндисульфоната [3, 4, 5];
- повышенные концентрации аммония, нитратов [5], связанные с антропогенным влиянием на поверхностный водоем.

Зная все факторы, можно устранить большую часть вышеперечисленных проблем и снизить затраты на последующую очистку добываемой воды. Добиться оптимального качества воды позволяют:

- неукоснительное выполнение требований нормативно-правовых актов [9, 10];
- определение наиболее выгодного, с точки зрения производительности и качества добываемой воды, местоположения скважин ИВ на траектории притока берегового фильтрата и грунтовых вод.

Траектория притока определяется в ходе инженерно-экологических, инженерно-геологических, инженерно-гидрологических изысканий, для достижения наибольшей точности используются изотопно-аналитические и химические методы. Условно траекторию притока можно разделить на две части, так как процесс БФ состоит из двух основных зон: зона редуцирования, а также зона смешивания [2]. В зоне редуцирования проходят процессы фильтрации, сорбции, абиотической и биотической деградации, химического осаждения и реакции окисления. Эффективность удаления загрязняющих веществ зависит также от хронической и острой токсичности поверхностного водоема. В зоне смешивания процессы деградации и сорбции проходят с меньшей интенсивностью, но процессы смешивания и разбавления оказывают существенное влияние на качество воды (см. рис. 1).

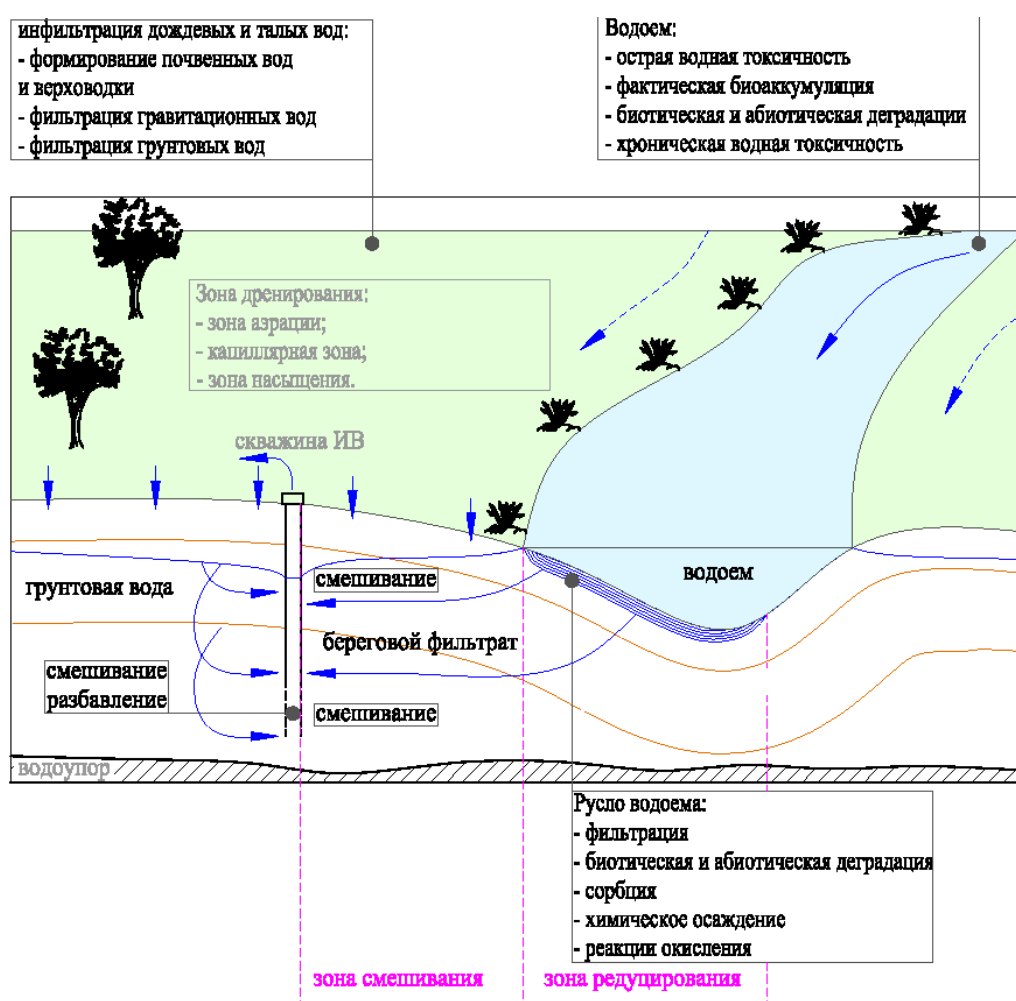


Рис. 1. Схематическая диаграмма процессов, протекающих при БФ

Определив траекторию притока берегового фильтрата и грунтовых вод к скважине ИВ, а также исследовав все процессы, протекающие в зонах береговой фильтрации, можно назначить месторасположение скважины с учетом прогнозируемых концентраций различных веществ в воде. Компьютерное моделирование, основанное на полученных опытных данных и существующей базе данных по эффективности удаления различного рода загрязнителей, является основанием для данного прогноза концентраций различных химических элементов в воде проектируемой скважины.

Результаты исследования

При выборе месторасположения скважины ИВ ориентируются на минимальные концентрации различных химических элементов в воде, в первую очередь на низкие концентрации аммония, нитратов. Береговая фильтрация не позволяет снизить концентрации хлоридов, железа, марганца, сульфатов, снижение данных концентраций достигается смешиванием и разбавлением. В качестве примера представлено 4 реки (см. рис. 2) с различными окислительно-восстановительными условиями в придонном слое [3]. Стоит отметить, что окислительно-восстановительные условия меняются на различных участках реки, но в данной работе рассматривались конкретные участки рек со стабильными условиями. Несмотря на то, что анаэробные условия обладают высоким потенциалом по очистке воды от органических соединений, относительно высокие концентрации аммония, железа, марганца в воде, добываемой из скважин, указывают на предпочтительное использование руслового водозабора, а не инфильтрационного.

Как видно по графику, у каждого из водоемов на определенном участке протекания свое оптимальное месторасположение скважины ИВ, определенное эмпирическим путем, например, для р. Д это 25 метров от русла, для р. А – 100 или 580 метров, в данном случае месторасположение определялось исходя из минимальных концентраций трудноустраняемых веществ.

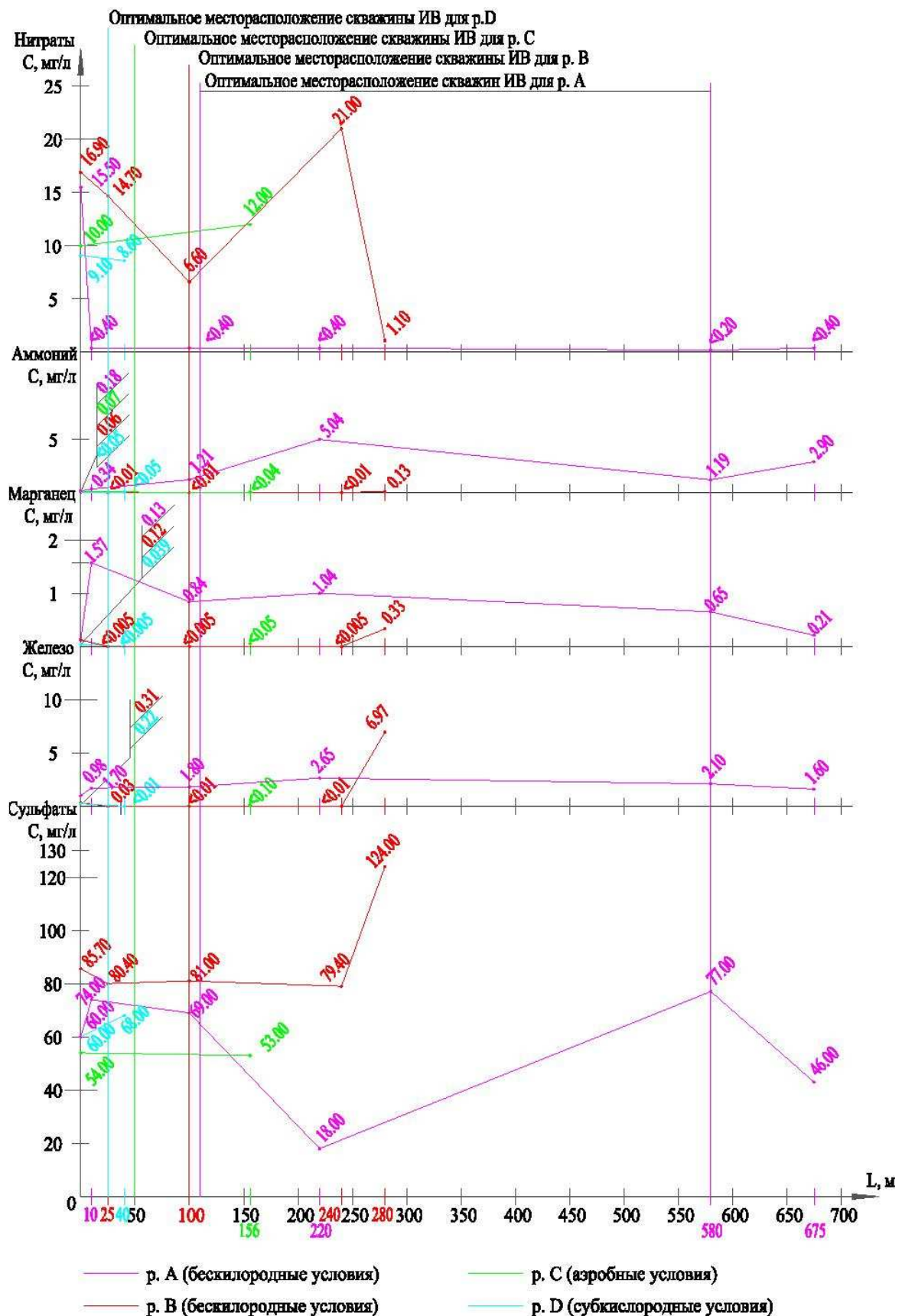


Рис. 2. Концентрации различных веществ в воде скважин ИВ в зависимости от удаления скважины ИВ от поверхностного водоема, на площадках береговой фильтрации с различными условиями окислительно-восстановительных процессов в зонах береговой фильтрации [3, 8]

Сильное влияние на концентрацию марганца, железа, сульфатов, аммония, нитратов в добываемой воде оказывают: условия, при которых протекают окислительно-восстановительные процессы; а также процессы смешивания, которые напрямую зависят от месторасположения скважины относительно реки. Кроме того, превышение оптимальных объемов добычи, или, наоборот, снижение оптимальной производительности скважин, приводят к ухудшению качества добываемой воды. Следует предусматривать постепенный ввод в работу, с многодневной откачкой воды без подачи на очистные скважин ИВ, работающих периодически или являющихся резервными.

Выводы

В ходе эксплуатации ИВ необходимо контролировать качество воды поверхностного водоема, грунтовых вод и экологическую ситуацию в зоне дренирования, для мониторинга – устраивать наблюдательные скважины. Существенным дополнением к гидрохимическим, гидрологическим и микробиологическим исследованиям является биомониторинг [6]. При наличии наблюдательных скважин мониторинг с использованием биомаркеров и биоиндикаторов упрощается.

Учет и контроль факторов, влияющих на формирование качества воды в ИВ, позволяет:

- удалить из воды взвешенные вещества, частицы, разлагаемые микроорганизмами соединения, бактерии, вирусы и паразиты; части адсорбированных соединений; сбалансировать изменения температуры и концентрации растворенных элементов в береговом фильтрате [2];

- обрабатывать воду от *Cryptosporidium parvum*, так как глубокая фильтрация через русло реки представляет один из главных барьеров для загрязнения ооцистами [2, 7];

- дополнительно очищать воду от водорослевых токсинов (яд цианобактерий) на вертикальных скважинах ИВ малой и средней производительности [2];

- снизить риски загрязнения нитратами и атразином на вертикальных скважинах ИВ малой производительности [2];

- удалять неполярные органические соединения, такие как полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы и многие хлорорганические инсектициды, и полярные органические соединения, в том числе фармацевтические [3].

Компоновка очистных сооружений будет напрямую зависеть от эффективности процесса береговой фильтрации и смешивания. В том случае, когда выполнены все меры по оптимизации работы скважин ИВ, себестоимость очищенной воды будет снижена за счет рациональных затрат на строительство и эксплуатацию водозаборно-очистных сооружений.

Примерами наиболее распространенных технологических схем очистных сооружений являются:

1) Озонирование – отстаивание в контактном резервуаре – фильтрация на сорбционном модуле – УФ – обеззараживание – хлорирование.

2) Аэрируемая фильтрация – фильтрация на сорбционном модуле – УФ – обеззараживание – хлорирование.

Список литературы

1. Кусковский, В. С. Влияние искусственного берегоукрепительного пляжа на качество воды инфильтрационного водозабора / В. С. Кусковский // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ: тр. Междунар. конф. «Создание и использование искусств. земельных участков на берегах и акватории водоемов», Новосибирск, 20-25 июля 2009 г. – Новосибирск, 2009. – С. 303-307.

2. Hiscock, K. M. Attenuation of groundwater pollution by bank filtration / K. M. Hiscock, T. Grischek // Journal of Hydrology. – 2002. – Vol. 266 – P. 139 – 144.

3. Dr. rer. Nat. Schmidt, C. K. Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserver- und -entsorgung, Teil I: Trinkwasser. Uferfiltration Schlussbericht Teilprojekt B6/ Dr. rer. Nat. Carsten K. Schmidt, Dr. rer. Nat. Frank Thomas Lange // Bonn: DVGW Water Technology Center, Karlsruhe - Germany, 2005. – S. 26-30, 54-55.

4. Hiscock, K. Hydrogeology: Principles and practice / Kevin M. Hiscock // by Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company – Australia, 2005. – P. 291-292.

5. Prof. Dr. – Ing. Jekel, M. Riverbank Filtration: The European Experience/ Prof. Dr. – Ing. M. Jekel, Prof. Dr. – Ing. T. Grischek // The Second International Riverbank Filtration Conference. Riverbank Filtration: The Future Is NOW! Edited by: Gina Melin – National Water Research Institute – United States of America, 2003. – P. 108

6. Dr. Matzke, D. Erhebung und bewertung der Grundwasserfauna Sachsen-Anhalts, Abschlussbericht/ Dr. D. Matzke, Dr. A. Fuchs, Dipl. – Georg. Sven Berkhoff, Dr. Jörg Bork, PD Dr. H. J. Hahn // Landau: Institut für Grundwasserökologie GbR – 2009. – S. 73-74.

7. Elimelech, M. Transport and Removal of Cryptosporidium Oocysts in Subsurface Porous Media/ M. Elimelech, Ph. D., G. Miller, Z. Kuznar // The Second International Riverbank Filtration Conference. Riverbank Filtration: The Future Is NOW! Edited by: Gina Melin – National Water Research Institute – United States of America, 2003. – P. 115.

8. Stuyfzand, P. J. Riverbank filtration in the Netherlands: well fields, clogging and geochemical reactions/ Piter J. Stuyfzand, Maria H. A. Juhász-Holterman & Willem J. de Lange/

NATO Advanced Research Workshop: Clogging in Riverbank Filtration Bratislava, 7-10 Sept. 2004. – P. 11.

9. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: утв. Госстроем СССР 27.07.1984: взамен СНиП II-31-74: дата введ. 01.01.1985. – М., 2002. – 82-87 с.

10. СанПиН 2.1.4.1110-02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения: санитар.-эпидемиол. правила и нормативы: утв. 26.02.2002: введ. в д. 01.06.02. – М., 2003. – 8-9 с.

Рецензенты:

Васильев Виктор Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидравлики ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.

Верстов Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.