

Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В.

**ТҮШТҮК УРАЛДЫН МИСАЛЫНДА СУУ ТАРТЫШ
АЙМАКТАРДАГЫ СУУ ЧАРБА КӨЙГӨЙЛӨРҮ**

Гаев А.Я., Куделина И.В., Леонтьева Т.В.

**ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОДЕФИЦИТНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО УРАЛА**

A.Ya. Gaev, I.V. Kudelina, T.V. Leontieva

**WATER INDUSTRIAL PROBLEMS OF WATER DEFICIENCY TERRITORIES
ON THE EXAMPLE OF THE SOUTHERN URALS**

УДК: 556.3:628.1(043.3)

Казакстан жана Орто Азия, Түштүк Уралда кургак жана жарым кургак климатка карата биосфера жана гидросфера абдан сезгич техногендик жүгүнө, дуушар булгануудан жана соолуп калууда. Суу ресурстарына бул таасирин азайтуу үчүн сунуш кылынган: суу ресурстарын толуктоо аллювиалдык суу менен топон сууларды улам, булгануудан коопсуздук схемасы боюнча терүүнү пайдалануу, аймакта инженердик объектилерди жайгаштыруу, ошондой эле коргоочу, жана тоскоолдук технологиялар колдонуу; тазалоого кыйын агынды алып жер казынасына терең катмарларында жок кылуу. Комплекстик гидродинамиканы жана геохимиялык тоскоолдуктар ишенимдүү коргоо аралашкан суу тосмолору булганууда. Сунушталган технология туруктуу өнүгүү модели боюнча өткөөл аймактарында маанилүү шарттарынын бири болуп калууга тийиш.

Негизги сөздөр: техногендик жүктөм, чарчап калуу, суу ресурстарынын булганышы, алардын запастарын толуктоо, мейкиндиктерди сиңирип алуучу тоскоолдук технологиялар, сиңдирүү катмарлар.

На Южном Урале, в Казахстане и Центральной Азии в условиях аридного и полупустынного климата биосфера и гидросфера очень чувствительны к техногенной нагрузке, подвергаясь загрязнению и истощению. Для минимизации этих воздействий на водные ресурсы рекомендуется: восполнять запасы вод аллювиальных водозаборов за счет паводковых вод, использовать схемы типизации по защищенности от загрязнения, размещая инженерную инфраструктуру на площадях хорошо защищенных, и применяя барьерные технологии; удалять трудно очищаемые сточные воды в глубокие горизонты недр. Комплексные гидродинамические и геохимические барьеры надежно защищают аллювиальные водозаборы от загрязнения. Предложенные технологии должны стать одним из важнейших элементов перехода территорий на модель устойчивого развития.

Ключевые слова: техногенная нагрузка, истощение, загрязнение водных ресурсов, восполнение их запасов, барьерные технологии, поглощающие горизонты.

In the southern Urals, in Kazakhstan and Central Asia, in the conditions of an arid and semi-arid climate, the biosphere and hydrosphere are very sensitive to anthropogenic stress, being polluted and depleted. To minimize these impacts on water resources, it is recommended to: replenish the reserves of alluvial water intakes with flood waters, use typology schemes for protection from

pollution, placing engineering infrastructure in areas well-protected, and using barrier technologies; to remove difficulty purified sewage into deep horizons of the subsoil. Complex hydrodynamic and geochemical barriers reliably protect alluvial intakes from pollution. The proposed technologies should become one of the most important elements of the transition of territories to the model of sustainable development.

Key words: technogenic load, depletion, pollution of water resources, replenishment of their reserves, barrier technologies, absorbing horizons.

Постановка проблемы. При освоении южных регионов стран СНГ, где имеет место аридный и полупустынный климат, резко возрастает техногенная нагрузка, и обостряются водохозяйственные проблемы [3, 5].

Широко развиваются процессы истощения и загрязнения окружающей среды (ОС) и водных ресурсов (ВР), интенсивность которых увеличивается с ростом урбанизации территории. Эти регионы отличаются большой неравномерностью водного стока, до 90% которого приходится на короткий период паводков (1,5-2 мес.). В условиях техногенеза неравномерность водного стока еще возрастает. Так, в крупных городских агломерациях, например, Оренбургской с 30-35% населения области, используют, главным образом, воды аллювиальных горизонтов речных долин. На этих территориях работают сотни промышленных объектов, а в Оренбургской агломерации наряду с этим функционирует крупнейший в Европе нефтегазовый комплекс. С подъемом экономики в агломерациях обостряются водохозяйственные проблемы [4].

Исходные материалы исследований водохозяйственных проблем на примере Оренбуржья. В Оренбуржье исследователями установлена тесная взаимосвязь аллювиальных и речных вод. Так, в долине рек Урала, Сакмары и Самары речные и аллювиальные воды относятся к сульфатно-натриевому подтипу по генетической классификации Н.С. Курнакова – М.Г. Валяшко. В условиях техногенеза приобретают хлоридно-магниевый подтип [3, 4].

В осенне-зимний и летний меженные периоды водный сток и уровни поверхностных и подземных

вод резко снижаются и речной сток формируется преимущественно за счет подземного питания. В короткие периоды паводков подъем уровня воды в р. Урал может превышать 8 м [3, 13].

На Южном Урале разрабатываются месторождения нефти, газа, газового конденсата, рудные и нерудные полезные ископаемые. Нередко применяются крайне несовершенные технологии [9, 10].

С середины XX века на крупных месторождениях разрабатываются и внедряются мероприятия по охране вод и ОС в комплексе с режимными наблюдениями [3, 8].

Для нефтяных месторождений в Волго-Уральской области расходуется до 500000 тыс. м³/год воды. Речные и пресные аллювиальные воды не защищены от загрязнения и от перетока соленых вод из глубоких горизонтов [2, 4].

Рекомендуется размещать экологически опасные объекты на участках хорошо защищенных от загрязнения при проектировании, используя схему типизации по защищенности территории от загрязнения. Это позволит обезопасить зоны сосредоточения пресных вод от загрязнения [1, 6, 9].

В Восточном Оренбуржье в мезозое в условиях субтропического климата в вулканогенно-осадочных и магматических породах сформировалась кора выветривания мощностью в десятки метров [7].

Коллекторские свойства ее не изучены. Леонтьевой Т.В. для их оценки выполнена систематизация имеющейся информации и использована при построении карты водного стока Восточного Оренбуржья (рис. 1).

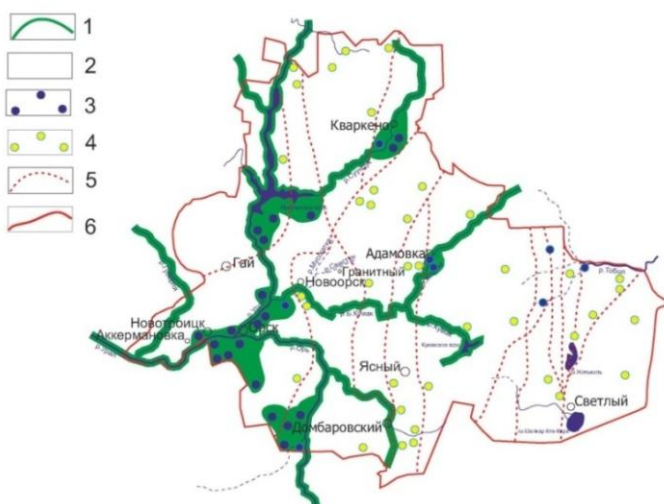


Рис. 1. Карта водного стока Восточного Оренбуржья. Составили: А.Я. Гаев, Т.В. Леонтьева по [2, 9, 13]: 1-зоны сосредоточения вод; 2-приводораздельные зоны; 3-скв. с дебитом $D \geq 0,3$ л/с; 4-с $D \leq 0,3$ л/с; 5-прогнозные зоны сосредоточения трещинных вод; 6-границы территории.

На нефтегазоносных территориях Южного Предуралья на земную поверхность от нефтепромыслов и их коммуникаций попадает много некондиционных и токсичных вод, которые не поддаются очистке, загрязняя окружающую среду и водные ресурсы. Основную их часть закачивают в глубокие поглощающие горизонты или утилизируют в системах заводнения залежей углеводородов.

Значительный опыт закачивания накоплен, например, на объектах нефтегазового комплекса в Оренбургской агломерации. Объемы такой локализации трудно очищаемых сточных вод в течение полувека достигают 10 тыс. м³/сут [4].

Сточные воды поступают в трещинно-карстовый коллектор карбонатного комплекса визейско-башкирского возраста (рис. 2).

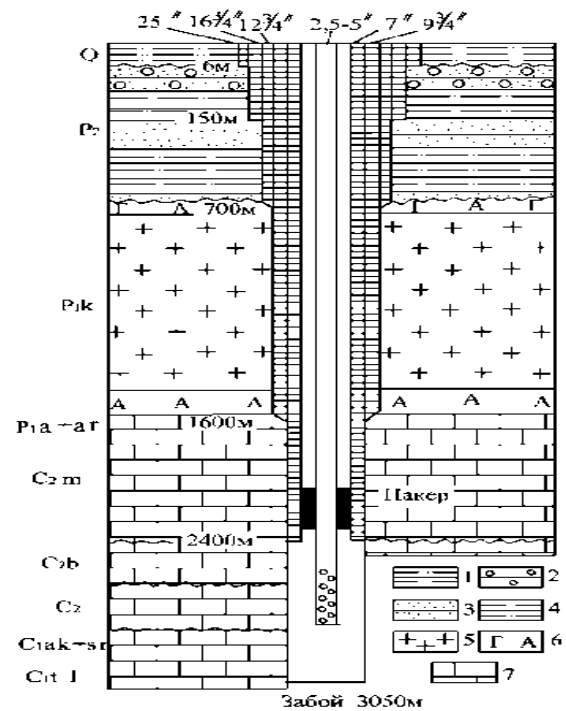


Рис. 2. Конструкция поглощающей скважины (колонны 2,5-5 и 7" в антикоррозионном исполнении). 1-суглинки, супеси; 2-конгломераты; 3-песчаники; 4-алевролиты и аргиллиты; 5-соли; 6-гипсы и ангидриты; 7-известняки и доломиты.

Чтобы обеспечить их совместимость с пластовой средой, они предварительно подвергаются отстаиванию и физико-химической подготовке.

Затем через магистральный трубопровод они подаются на станцию закачки, фильтруются и закачиваются в поглощающие горизонты.

Рядом со скважинами имеются аварийные емкости и наблюдательные скважины, обеспечиваю-

щие контроль распространения сточных вод, как по поглощающим горизонтам, так и в случае проникновения в горизонты пресных вод.

Скважины, через которые производится сброс сточных вод в поглощающие или продуктивные горизонты, оборудуются пакерами, предохраняющими трубы от деформаций и обеспечивающими промывку без операции по подъему труб. Через лифтовые колонны на пласт, принимающий стоки, оказывается давление, обеспечивающее гидравлический разрыв пласта, чтобы предотвратить колюматацию скважин. Пространство выше пакера заполняют инертной жидкостью для защиты трубы от коррозии, а сами трубы и фонтанная арматура изготавливаются из антикоррозионных материалов [3, 10].

Хорошая приемистость пласта обеспечивается при его хороших коллекторных свойствах и качественной подготовке сточных вод. Скорость продвижения сточных вод от забоя скважин измеряется при помощи индикаторов исследований и может достигать $100 \div n \cdot 1000$ м/сут. При низких коллекторных свойствах пласта и при некачественной подготовке сточных вод, их приемистость резко падает. В качестве временной меры для поддержания приемистости в скважину предварительно закачивается буферная жидкость.

Конечно, назвать этот метод идеальным невозможно. Его следует рассматривать в качестве временного, позволяющего выиграть время, необходимое разработки совершенной технологии, не прекращая производство нужной продукции.

Порядка 90 % всех отходов производственной деятельности возможно утилизировать и обезвредить [10]. Для этих целей наиболее эффективны барьерные технологии [1, 10, 12].

Способность геохимических барьеров локализовать загрязняющие вещества можно оценить через экологическую емкость пород в мг-экв. на 100 г породы. Загрязненные воды фильтруются через эти породы, и благодаря их барьерным свойствам подвергаются самоочищению. В составе загрязняющих веществ обычно присутствуют взвешенные и органические вещества, хлориды, сульфаты, нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы: медь, цинк, хром, железо, кобальт, никель и др.

Породы, содержащие карбонатный материал имеют емкость поглощения до 9 грамм на каждые 100 грамм породы. Установлено, что емкость снижается от известняков к песчаникам, гипсам, габбро-диабазам, гранитам. Величина емкости выше в щелочной среде. Максимальная емкость характерна для свежесформированных окислов и гидроокислов железа.

Результаты исследований. Разработана заявка на изобретение по комплексному гидродинамическому и геохимическому барьеру [9].

Гидродинамический барьер создается путем одновременной откачки незагрязненных (пресных) вод и дренажем загрязненных. В этом случае между дренажем и водозабором пресных вод происходит формирование раздела двух потоков. На поверхности раздела скорость фильтрации между ними равна нулю. Зона на поверхности раздела потоков и служит гидродинамическим барьером. Его расположение между водозабором пресных вод и дренажем загрязненных вод можно и нужно регулировать, изменяя соотношение производительности водозабора и дренажа.

Если увеличивать производительность водозабора, а производительность дренажа оставлять постоянной, граница раздела между потоками пресных и загрязненных вод будет удаляться от водозабора, приближаясь к дренажу. Если границу раздела потоков совместить с границей загрязненных вод с пресными, то загрязненные воды будут прорываться к водозабору, загрязняя пресные воды. В этом случае произойдет загрязнение вод водозабора. Безопасность водозабора будет обеспечена, когда положение границы раздела потоков будет приурочено исключительно к зоне чистых вод. Важно принимать расчетное предельное соотношение производительности водозабора и дренажа только за теоретический предел, не допуская его на практике.

В.Д. Бабушкин теоретически исследовал этот вопрос в разных гидрогеологических обстановках, и получил расчетные формулы для обеспечения надежной работы гидродинамических барьеров [10]. Им рассмотрены следующие гидрогеологические условия: однородный горизонтальный водоносный пласт; система горизонтальных пластов с одной или двумя границами неоднородности; системы однородного или неоднородного по вертикали водоносного пласта.

Из геохимических барьеров, в основном, используются сорбционные и щелочные барьеры, которые применимы и в новой технологии. Она включает ряд блоков, защищающие водозаборы от загрязненных водных потоков не только с водозабора, но и от водоема (рис. 3). Эти блоки отсекают небольшие по площади две части аллювиального водоносного горизонта с загрязненными водами от основной по площади и объему вод его части с водами питьевого качества. То есть блоки барьерной технологии защищают основные ресурсы вод питьевого качества от загрязнения.

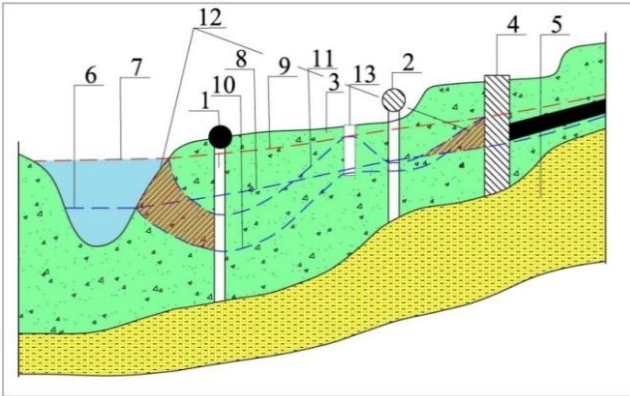


Рис. 3. Схема защиты водозабора в процессе восполнения запасов подземных вод: 1-водозаборные скважины вод питьевого качества; 2-дренаж загрязненных вод; 3-водоносный горизонт; 4-геохимический барьер (стенка из адсорбционного материала); 5-водоупор; 6-уровень воды в водоеме до восполнения запасов вод; 7-уровень воды в водоеме при восполнении запасов вод; 8-статический уровень до восполнения запасов; 9-статический уровень после восполнения запасов; 10-динамический уровень до восполнения запасов; 11-динамический уровень после восполнения запасов; 12-геохимический барьер из блока аллювиальных отложений в зоне подтопления; 13-гидродинамический барьер

Необходимо иметь в виду, что аллювиальные и речные воды перемещаются транзитно и трансгранично вдоль долин, проложенных среди пород разного генезиса, в том числе и морских осадков, содержащих реликты солевого комплекса и воды повышенной минерализации. Они оказывают осоложняющее воздействие на аллювиальные воды. Это очень характерно для территории Восточного Оренбуржья. Даже в самом северном районе территории – Кваркенском аллювиальных водозаборы имеют некондиционную по минерализации воду. Опреснить эту воду можно только путем восполнения запасов водозаборов за счет вод, частично аккумулированных в период паводка. Эта технология, применительно, в основном для Центральной Азии, хорошо описана Н.И. Плотниковым с соавторами [11].

Методом восполнения запасов вод действующих водозаборов, как показано И.В. Куделиной, возможно так же предотвратить частично негативные последствия от исключительно большой неравномерности водного стока, нарастающей из года в год в аридных условиях [9].

Это особенно негативно проявляется в период летней межени, когда затрачивается много воды,

уровни вод в водоемах и скважинах резко падают. Причем уровни вод аллювиального водоносного горизонта в поймах рек взаимосвязаны с уровнем речных вод. Динамика их движений отличается синхронностью. К летней межени приурочен период вегетации растений, часто страдающих от засухи. С падением уровня воды в водоемах и водозаборных скважинах значительно снижается и качество воды. Такая связь установлена контролем санитарных служб и наблюдениями за режимом гидрогеологов. Значение минерализации и параметров вод нередко превышает санитарные нормы в 10 раз.

При восполнении запасов вод аллювиальных водозаборов путем частичной аккумуляции вод паводков существенно улучшается их качество, и снижается влияние минерализованных вод на качество вод водозабора. Для восполнения запасов достаточно создать подпор воды в реке порядка 3-х м. Например, для Урала в Оренбурге, при такой высоте подпора высокая пойма будет вне зоны затопления, а режим работы скважин стабилизируется при хорошем качестве вод. Это подтверждают, как нижеприведенные расчеты, так и данные других исследователей [10, 12].

Так, расчеты И.В. Куделиной по формуле Дарси, на примере Ивановского водозабора в меженный период, показали, что при мощности водоносного горизонта $h_l=6,8$ м и ширине потока $l=2500$ м объем воды, поступающий к нему, составит:

$$Q_1 = K_\phi \cdot F_1 \cdot \frac{\Delta H}{L} = K_\phi \cdot F_1 \cdot I = 422 \cdot 17000 \cdot 0,0013 = 9326 \text{ м}^3/\text{с},$$

где $K_\phi = 422 \text{ м/сут}$,

$$F_1 = l \cdot h_l = 2500 \cdot 6,8 = 17000 \text{ м}^2,$$

$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{85,3 - 84,5}{600} = 0,0013,$$

где $H_1 = 85,3$ м и $H_2 = 84,5$ м – абсолютные отметки гидроизогипс на водозаборе, $L = 600$ м – это расстояние между ними.

После подпора воды на реке этот объем воды увеличивается до $13440 \text{ м}^3/\text{сут}$, а дебит одной скважины растет до $2057 \text{ м}^3/\text{сут}$ (рис. 4).

То есть, подпор воды в реке на 3 м почти удвоит производительность водозабора. Это исключит истощение водных ресурсов.

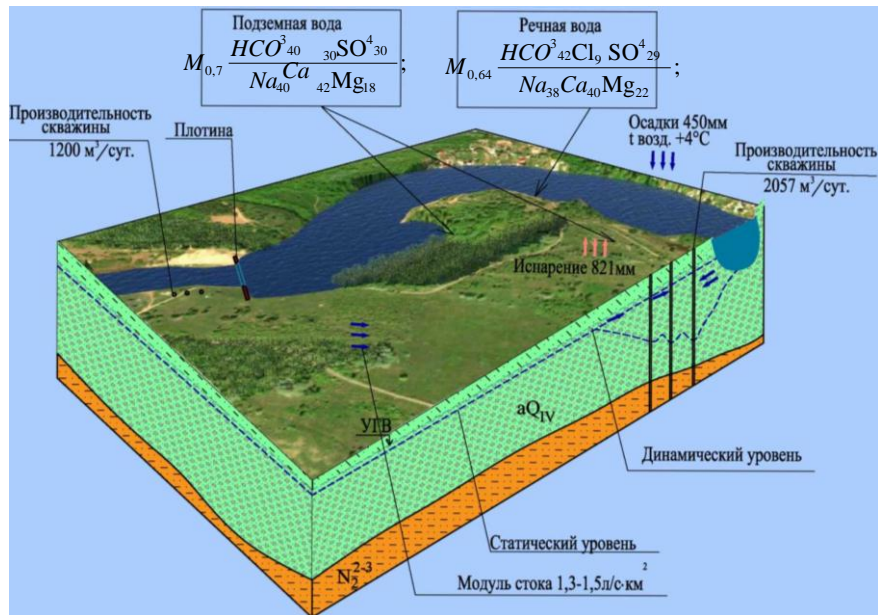


Рис. 4. Модель Ивановского водозабора, по И.В. Куделиной [9]

Выводы.

1. Методический подход, разработанный для решения проблем истощения и загрязнения водных ресурсов маловодных районов Южного Урала, применим для решения аналогичных проблем водоснабжения и в других урбанизированных и аридных регионах.

2. Все эти регионы отличаются большой неравномерностью водного стока, которая нарастает по мере урбанизации территорий. То есть проблемы истощения и загрязнения водных ресурсов можно преодолеть в процессе восполнения запасов вод на эксплуатируемых водозаборах.

3. При восполнении запасов действующих аллювиальных водозаборов за счет частичной аккумуляции паводковых вод растет производительность водозаборных скважин, а питьевое качество вод обеспечивается барьерными технологиями. Комплексные гидродинамические и геохимические барьеры надежно защищают аллювиальные водозаборы от загрязнения. Предложенные технологии должны стать одним из важнейших элементов перехода территорий на модель устойчивого развития.

Литература:

- Алексеев В.А. Экологическая геохимия [Текст]: Учебник / В.А. Алексеев. - М.: Логос, 2000. - 627с.
- Аналитический обзор состояния недр территории Оренбургской области за 2010-2014 гг [Текст]: Вып. 2 / АО «Компания ВОТЕМИРО» Оренбургский территориальный центр государственного мониторинга геологической среды. – Оренбург, 2015. – 167 с.
- Гаев А.Я. Проблемы гидросферы города Оренбурга и его окрестностей / А.Я. Гаев, И.В. Куделина, Т.В. Леонтьева. // Ж. Экология урбанизированных территорий. № 3. 2013. - С. 28-36.
- Гаев А.Я. Фундаментальные и прикладные проблемы гидросферы. Часть 2. Экологические проблемы: учеб. пос. / А.Я. Гаев, М.А. Тихоненко, Ю.А. Килин; ред. А.Я. Гаева. – М.: Университетская книга, 2018. – 200 с.
- Гидрогеология СССР. Т. 43. Оренбургская обл. [Текст] / под ред. Е.И. Токмачева. – М.: Недра, 1972. - 272 с.
- Гольдберг В.М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения [Текст] / В.М. Гольдберг, С. Газда. – М.: Наука, 1984. – 262 с.
- Гуцаки В.А. Кора выветривания Орского Зауралья [Текст] / В.А. Гуцаки, В.В. Гудошников. – Саратов: НИИ геологии при университете имени Н.Г. Чернышевского, 1963. - 281 с.
- Ковалевский В.С. Комбинированное использование ресурсов поверхностных и подземных вод [Текст] / В.С. Ковалевский. – М.: Научный мир, 2001. - 332 с.
- Куделина И.В. Пути стабилизации режима аллювиальных водозаборов в условиях полупустынного климата. [Текст] / И.В. Куделина // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Б., 2018 № 2. – С. 82-86
- Научно-методические основы защиты от загрязнения водозаборов хозяйственно-питьевого назначения [Текст] / [В.Д. Бабушкин, А.Я. Гаев, В.Г. Гацков и др.]. - Пермь: Перм. ун-т., 2003. – 264 с.
- Плотников Н.И. Гидрогеологические основы искусственного восполнения запасов подземных вод / Н.И. Плотников, Н.А. Плотников, К.И. Сычев - М.: Недра, 1978. 311 с.
- Техногенные геохимические барьеры / [А.И. Перельман, Е.Н. Борисенко, Н.Ф. Мырлян и др.] // В кн.: Геохимия техногенных процессов. - М.: Наука, 1990. С.14-16.

Рецензент: к.г.-м.н., доцент Яшкина Т.И.