

УДК 551.1/4

КАРСТ РАЙОНА ПОЛАЗНЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Мещерякова О.Ю.

Естественнаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, e-mail: olgam.psu@gmail.com

В статье рассмотрены особенности карстового процесса на территории Полазненского месторождения нефти, расположенного на берегу Камского водохранилища в Пермском крае. Здесь отмечаются интенсивные нефтегазопоявления, а на поверхности грунтовых вод обнаружена линза нефти, которая является источником загрязнения водохранилища. Подтверждением этого является разгрузка в виде родников прозрачной опалесцирующей жидкости с сильным запахом в период межени. Механизм нефтяного загрязнения подземных вод на данной территории носит специфический характер, обусловленный, в первую очередь, высокой закарстованностью массива, в связи с чем изучение карста района явилось первоочередной задачей. В статье рассмотрены геологические, тектонические, гидрогеологические особенности массива, определяющие особенности карстообразования, которые обусловили стратегию борьбы с нефтяным загрязнением.

Ключевые слова: карст, Полазненское месторождение нефти, гидрогеология

THE KARST OF POLAZNA OIL DEPOSIT IN THE PERM REGION

Mescheryakova O.Y.

Institute of Natural Sciences of Perm State University, Perm, e-mail: olgam.psu@gmail.com

The paper describes the features of karst processes on the territory of Polazna oilfield, located on the banks of the Kama Reservoir in the Perm region. The area has extensive oil and gas shows, and the lens of oil is found on the groundwater surface, which is a source of pollution of the reservoir. Proof of this is to offload as springs transparent opalescent liquid with a strong odor during low-water periods. The mechanism of oil contamination of groundwater in the area is specific, due, primarily, high karst massif, in this connection the study of karst area was a priority. The article describes the geological, tectonic, hydrogeological features which defining features of karst, which set a strategy to combat oil pollution.

Keywords: karst, Polazna oil deposit, hydrogeology

Полазненское месторождение нефти и газа было открыто в 1937 г., введено в разработку разведочными скважинами

в 1939 г. Оно расположено в Добрянском районе Пермского края, севернее п. Полазна (рис. 1).



Рис. 1. Обзорная карта района работ

На территории месторождения, расположенного в районе развития сульфатного карста на берегу Камского водохранилища, остро стоит проблема загрязнения гидросферы – с начала 70-х годов XX века здесь отмечаются интенсивные нефтегазопроявления, а на поверхности грунтовых вод обнаружена линза нефти, которая является источником загрязнения водохранилища. Подтверждением этого является разгрузка в виде родников прозрачной опалесцирующей жидкости с сильным запахом в период межени. После смешивания с водами водохранилища происходит выпадение темных нефтепродуктов.

Механизм нефтяного загрязнения подземных вод на данной территории носит специфический характер, обусловленный, в первую очередь, высокой закарстованностью массива, в связи с чем, изучение карста района явилось первоочередной задачей.

На территории Пермского края геологические процессы, обуславливающие карстовые явления, контролируются литологическими комплексами, которые участвуют в строении наиболее крупных тектонических структур региона: Восточно-Европейской платформы, Предуральяского краевого прогиба и Уральской складчатой системы. Сочетание литологических комплексов и глобальных тектонических структур определяет меридиональную зональность обстановок развития карстового процесса.

В тектоническом отношении исследуемый участок приурочен к сводовой северо-восточной части Краснокамско-Полазненского вала [11], расположенного вдоль северо-восточного борта Пермско-Башкирского свода. Полазненское поднятие осложняет западную часть Межевской валообразной зоны, представляя собой асимметричную брахиантиклиналь. Полазненское поднятие, на котором расположен изучаемый участок, наиболее приподнято по пермским отложениям, что способствует развитию карстового процесса. В целом геологический разрез территории представлен двумя крупными структурными комплексами: фундаментом и осадочным чехлом [11].

Отложения четвертичной системы представлены комплексом осадков аллювиально-элювиально-делювиального и флювиогляциального происхождения мощностью от 1 до 50 м. Мощность и состав покровных четвертичных отложений имеют большую значимость при развитии карста. Согласно классификации карста по характеру покровных отложений [7], на данной территории главным образом развиты средневропейский, камский и русский типы карста. Сред-

неземноморский и кавказский типы карста развиты локально. Карстовые процессы развиты в четвертичных, обвальном-карстовых и пермских отложениях.

Обвальном-карстовые отложения, в которые вовлечены и соликамские отложения, представлены кавернозными известняками и доломитами. В их основании залегают гипсы и ангидриты за исключением участков, сильно разрушенных карстовыми процессами [1; 13; 15]. Нередко эти отложения заполняют древние карстовые депрессии, образованные в отложениях иренского горизонта [1].

Соликамский горизонт сложен толщей трещиноватых мергелей и кавернозных известняков. Соликамские отложения сильно трещиноваты. Их вскрытая мощность изменяется в пределах от 40 до 75 м.

Кунгурский ярус образует основную толщу карстующихся пород, к которым относится карбонатно-сульфатная толща, залегающая с перерывом на подстилающих артинских породах [13]. Ярус представлен в основном терригенными, карбонатными и галогенными отложениями. В составе кунгурского яруса выделены два горизонта: иренский – верхний, соответствующий иренской, поповской и кошелевской свитам, и филипповский – нижний, соответствующий филипповской и лекской свитам [1]. Иренский горизонт представлен полным комплексом осадков, расчлененных на 7 пачек, из которых четыре нечетных (лунежская, демидковская, шалашнинская, ледяно-пещерская) состоят из ангидритов и гипсов с прослоями доломитов и глин, а четные (тюйская, елkinsкая, неволинская) – из доломитов и доломитизированных известняков [4]. Характерными особенностями сульфатных пачек являются их трещиноватость и относительная чистота пород. Эти свойства обусловили их высокую закарстованность [1]. Мощность горизонта, как правило, составляет 50 м, иногда достигая 80 м.

Филипповский горизонт сложен известняками и доломитами. Мощность – 60–80 м. Филипповские отложения из-за их перекрытия отложениями иренского горизонта карстовыми процессами не затронуты, также как и отложения артинского яруса [1].

Таким образом, массив сильно загипсован, мощность гипсово-ангидритовой толщи иренского горизонта достигает 80 м, а покровные отложения либо отсутствуют, либо имеют незначительную толщину. Карст типично сульфатный.

Полазненское месторождение расположено на восточной окраине Восточно-Русского сложного бассейна пластовых

вод и приурочено к границе Уфимского и Камского гидрогеологических районов. Согласно гидрогеохимическому районированию, изучаемая территория расположена на стыке зон сульфатно-натриевых, кальциево-натриевых и натриево-кальциевых вод и сульфатно-кальциевых вод. Для территории характерна четкая вертикальная гидрогеохимическая зональность.

В геолого-гидрогеологическом разрезе зоны активного водообмена месторождения выделяются 3–4 водоносных горизонта. К зоне активного водообмена, в пределах которой проявляется карст, приурочены четвертичный, соликамский и иренский водоносные горизонты и комплексы. Различная глубина залегания относительно базиса эрозии, неоднородная трещиноватость и закарстованность иренских гипсов, известняков и доломитов обусловили их неравномерную обводненность. Сплошная обводненность отмечается в зоне подпора Камского водохранилища и долинах рек [4].

Верховодка имеет локальное распространение, залегает на местном водоупоре и приурочена к элювиально-делювиальным пескам, суглинкам и супесям. Питание осуществляется атмосферными осадками и талыми водами, область питания совпадает с областью ее распространения, а разгрузка происходит частично в нижележащие горизонты, частично – в водохранилище [13].

Водоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений развит по берегам Камского водохранилища; основными водоносными породами являются пески, галечники, суглинки, известняковая и доломитовая брекчия. Комплекс обводнен спорадически. Мощность водонасыщенной части не превышает 1–1,5 м. Отложения обладают высокой водообильностью. Воды имеют свободное зеркало, и лишь местами создается местный напор. Глубина залегания колеблется от 0,3 до 15–20 м [2]. Химический состав подземных вод гидрокарбонатно-кальциевый, сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый со значительными колебаниями минерализации от 0,2 до 2,1 г/л. Питание комплекса происходит за счет инфильтрации, поступления трещинно-карстовых вод с коренного берега и подпора Камским водохранилищем [2, 13, 15].

Трещинно-карстовые воды соликамского горизонта преимущественно сульфатно-кальциевые с минерализацией до 3,0–3,5 г/л. В береговой части Камского водохранилища данные отложения выходят на поверхность и интенсивно закарстованы, что приводит к дренированию вышележащих толщ, нарушению их изолирующих свойств и появлению в соликамских отло-

жениях безводных участков. Выпадающие атмосферные осадки, не создавая поверхностного стока, почти полностью инфильтруются, питая водоносный комплекс иренских отложений [2, 15].

Различная полоса залегания относительно базиса эрозии, неоднородная трещиноватость и закарстованность иренских гипсов, известняков и доломитов обусловили неравномерную обводненность *иренского водоносного комплекса*. Сплошная обводненность отмечается в зоне подпора Камского водохранилища и долинах рек. На водоразделах карстовые воды приурочены к ограниченному по площади трещиноватым закарстованным зонам [4]. В верхних пачках иренского горизонта зафиксирован горизонт трещинно-карстовых вод, который обычно имеет сульфатно-кальциевый состав с повышенной минерализацией, достигающей 1,5–3,0 г/л. Выдержанность по разрезу сульфатных пачек иренского горизонта свидетельствует о повсеместном развитии сульфатно-кальциевых карстовых вод [1; 2; 15].

Воды филипповских отложений относятся к сульфатно-хлоридному и хлоридно-сульфатному типам с минерализацией 2,5–4,5 г/л. Воды более высокой минерализации (10,6–18,4 г/л) с повышенным содержанием хлоридов (7,2–10,1 г/л), встречаемые в отдельных скважинах, отражают, по всей вероятности, скрытую разгрузку вод глубоких горизонтов [14].

Водоносный комплекс отложений ассельско-артинского ярусов сложен песчаниками, аргиллитами с прослоями и линзами конгломератов, известняков и мергелей. Водоносными являются прослои и линзы конгломератов, песчаников, реже алевролитов, мергелей и известняков. В верхней, наиболее трещиноватой части пород развиты трещинно-грунтовые, а ниже – напорные и безнапорные трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды [2]. Здесь развиты воды сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевого состава с минерализацией от 40 до 270 г/л.

При карстообразовательном процессе большое значение имеет характер агрессии вод, которые вызывают карстообразование. На исследуемой территории преимущественное значение имеет сульфатная агрессия. Гипсовый карст приурочен к участкам наиболее активной циркуляции агрессивных по отношению к сульфату кальция подземных вод.

Развитие карста в этом районе определяется движением воды в карстующемся массиве. Здесь зона активного движения карстовых вод даже опускается ниже русел крупных рек. Поддолинные карстовые потоки, выщелачивая гипсы лунежской

пачки, образовали крупные карстовые полости, выполненные обломочным материалом или движущейся водой [1].

Карстующиеся породы залегают в зонах вертикальной нисходящей циркуляции карстовых вод, периодического колебания уровня карстовых вод и горизонтальной циркуляции карстовых вод (III тип гидродинамического профиля по Г.А. Максимовичу [7]). При этом мощность первых двух, в которых в основном и формируются в настоящее время карстовые полости, незначительная по мощности и достигает на отдельных участках 20 м [5].

Основная масса пустот располагается в зоне горизонтальной циркуляции карстовых вод, поэтому на участках приводораздельного и водораздельного пространства относительные глубины, на которых расположены полости, составляют 50–60 м. Лишь единичные формы встречаются на глубинах 30–40 м. Последнее говорит о том, что карстово-суффозионный процесс начал распространяться вверх. Активизация карстово-суффозионного процесса способствует не только формированию новых полостей, но и освобождению старых от заполнителя и увеличению их объема за счет растворения породы [12].

Создание в 1954 г. Камского водохранилища вызвало подъем уровня воды в реке на 20–22 м, следовательно, на столько же метров уменьшилась мощность зоны вертикальной нисходящей циркуляции и увеличилась мощность зоны горизонтальной циркуляции [13]. Подпор отразился на режиме подземных вод побережья. Наполнение весной до проектной отметки и сработка уровня зимой на 6–8 м обеспечивают изменение гидродинамической зональности карстовых вод и периодическое поступление в массив слабоминерализованных вод. Поскольку зона горизонтальной циркуляции увеличивается на 20 м, то естественно, что и процессы растворения и выщелачивания возобновятся с новой силой. Особенно интенсивно они происходят в верхней 6–8-метровой толще карстовых вод. Происходит омоложение старых и возникновение новых карстовых форм [11].

Исследуемая территория, согласно классификации К. А. Горбуновой, принадлежит к Полазненскому участку Полазненского карстового района преимущественно гипсового и карбонатно-гипсового карста [4]. Он занимает левобережье Камского водохранилища в окрестностях пос. Полазна (рис. 2).

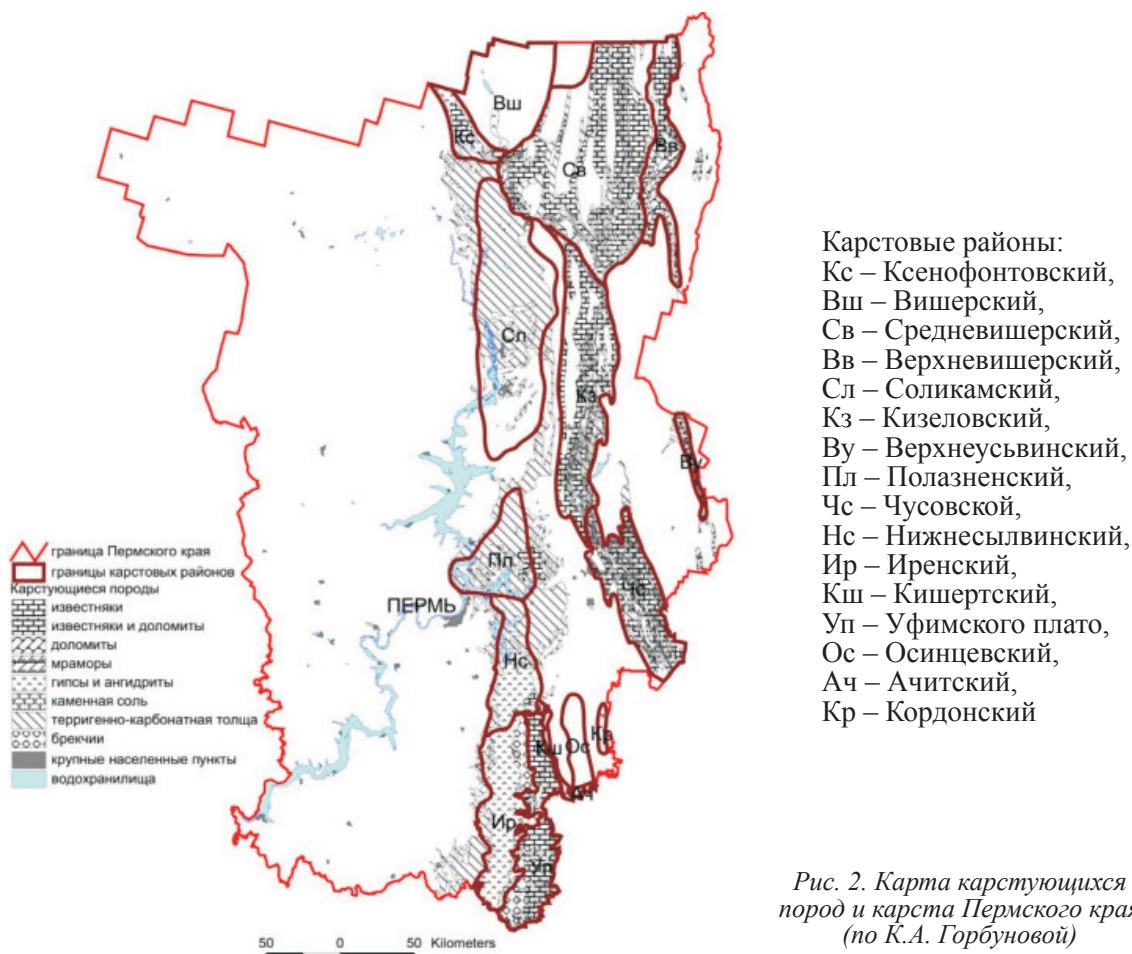


Рис. 2. Карта карстующихся пород и карта Пермского края (по К.А. Горбуновой)

По характеру рельефа карст исследуемой территории горный; по климатическим характеристикам – карст умеренного климата. Эти условия говорят о том, что в данном районе преобладают отрицательные формы карста [7].

Отличительной чертой Полазненского поднятия является одна из самых высоких закарстованностей: некоторые микроплощади не имеют себе равных в Пермском крае [1, 6]. Значительная приподнятость территории над местным базисом эрозии (до 125 м) и трещиноватость пород способствуют развитию карста. Наибольшая закарстованность (до 1056–1072 воронок на 1 км²) приурочена к прибортовым участкам водохранилища у д. Бесово и северо-западнее д. Мохово (рис. 1) [13]. Средняя плотность составляет 60 карстовых форм/км², но на некоторых микроплощадках она достигает 500–1000. На участке встречаются карры, карстовые рвы, котловины, овраги, сухие речки и озера [4].

Наиболее опасными в смысле образования провалов являются участки склонов долин р. Полазны и р. Камы, где глубина до зоны горизонтальной циркуляции составляет не более 25–30 м. Если на склоне коэффициент закарстованности – 0,186, а количество воронок на км² достигает 270, то на водораздельной части эти величины соответственно равны 0,036–0,004 и 17–30 [12]. По данным бурения коэффициент внутренней закарстованности составляет от 4 до 59%, в среднем для толщи – 21%.

Районированием территории исследования занималась К.Г. Бутырина (1968), которой в пределах Полазненского карстового района были выделены 11 карстовых участков общей площадью 4 тыс. км². В пределах Полазненского карстового участка были выделены 6 карстовых полей: Константиновское, Моховское, в районе деревень Верхняя и Нижняя Задолгая, у пос. Полазна, у деревни В. Полазна и долины р. Полазна и ее притоков.

Территория Полазненского месторождения приурочена к Моховскому карстовому полю Полазненского карстового участка, которое в геоморфологическом отношении является приподнятой слабо-волнистой равниной, круто обрывающейся к водохранилищу и полого спускающейся к заливу. Наибольшая мощность покровных отложений наблюдается к юго-западу от линии Мохово-Заборье, а к берегам залива и водохранилища резко уменьшается, в соответствии с этим карст поля относится преимущественно к русскому и подэлювиальному типам, а над скальными берегами водохранилища развивается го-

лый и задернованный карст. Карст Моховского поля представлен преимущественно воронками различной формы и величины. Средняя плотность карстовых форм – 77 форм/км² [1].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что рассматриваемый участок имеет ряд особенностей, обусловленных развитием карста: практически полное отсутствие поверхностного стока, сильная трещиноватость пород, литологический состав, гидрогеологические условия, тесная гидродинамическая связь подземных вод с уровнем водохранилища и др. Все это привело к тому, что исследуемый участок имеет низкую степень защищенности от проникновения различных видов загрязнения с поверхности в глубь массива, что и обусловило формирование нефтяной линзы на поверхности грунтовых вод [9]. Вследствие высокой закарстованности инфильтрация дождевых и талых вод, а также различных загрязнителей, через массив происходит практически беспрепятственно.

При наличии закарстованных пород механизм загрязнения водохранилища имеет достаточно сложный характер и требует специальных методов для реализации природоохранных мероприятий, в связи с чем был предложен комплекс методов очистки. В первую очередь, необходимо откачать нефть из линзы без забора воды, для чего была разработана, опробована и запатентована специальная установка [8, 14]. Далее для очистки подземных вод ниже водонефтяного контакта разработан и запатентован микробиологический метод. Для этого выделен консорциум аборигенных активизированных микроорганизмов, отобранных из подземных вод месторождения [10].

Таким образом, при разработке природоохранных мероприятий для получения оптимальных результатов необходимо учитывать протекающие на данной территории карстовые процессы.

Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ 12-05-31130 и программы «Поддержка научно-педагогических кадров России 2009-2013» № 14.В37.21.0603.

Список литературы

1. Бутырина К.Г. Гипсовый карст центральной части Пермской области: дис. ... канд. геогр. наук. – Пермь, 1968.
2. Гидрогеология СССР. Том XIV. Урал. Редактор В. Ф. Преис. – Уральское территориальное геологическое управление. – М.: Недра, 1972. – 648 с.
3. Горбунова К.А., Максимович Н.Г. Техногенное воздействие на закарстованные территории Пермской области // География и природные ресурсы. – 1991. – № 3. – С. 42. – http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng_0122.html

4. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1992. – 200 с.
5. Катаев В.Н., Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю. Типы карста Пермского края. – Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2013. – Вып. 1. – С. 56–66. – <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2013/0398.pdf>
6. Максимович Г. А., Горбунова К. А. Карст Пермской области. – Пермь, 1958. – 183 с.
7. Максимович Г. А. Основы карстования. – Пермь, Пермское книжное изд-во, 1963. – Т. 1. – 446 с. – <http://nsi.psu.ru/cave/bibl.html>.
8. Максимович Н.Г. Теоретические и прикладные аспекты использования геохимических барьеров для охраны окружающей среды // Инженерная геология. – 2010. – № 3. – С. 20–28. – <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2010/0367.pdf>.
9. Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю. Методы борьбы с нефтяным загрязнением на закарстованных берегах водохранилищ // Экология урбанизированных территорий. – 2009. – № 4. – С. 55–58. – <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2009/0359.pdf>.
10. Максимович Н.Г., Хмурчик В.Т. Консорциум штаммов углеводородокисляющих бактерий pseudomonas aeruginosa НД КЗ-2 в качестве деструктора нефтепродуктов и способ очистки нефтезагрязненных подземных вод: патент РФ № 2312719. – 2006.
11. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края. Энциклопедия / глав. ред. А.И. Кудряшов. – Пермь: Изд-во «Книжная площадь», 2006. – 464 с.
12. Печеркин И.А. Геодинамика побережий Камских водохранилищ // Ч. 2: Геологические процессы. – Пермь, 1969. – 308 с.
13. Печеркина Л.В. Гидрогеология и гидрогеохимия Полазненского гипсо-ангидритового массива. – Пермь: Перм. гос. ун-т; ВНИТИ, 1983. – 124 с.
14. Попов Л.Н., Максимович Н.Г. Установка для откачки нефтесодержащей жидкости из скважины: патент РФ № 2008139538. – 2008.
15. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. – Пермь, 1973. – 197 с.
5. Kataev V.N., Maximovich N.G., Mescheryakova O.Yu. Tipi karsta Permskogo kraja [Karst Types of the Perm Region]. – Bulletin of the Baltic Federal University. 2013. Vol. 1. pp. 56–66. – <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2013/0398.pdf>
6. Maximovich G.A., Gorbunova K.A. Karst Permskoy oblasti [The Karst of the Perm Region]. Perm, 1958. 183 p.
7. Maximovich G.A. Osnovi karstovedeniya [Basics of the Karstology]. Perm, 1963. Vol. 1. 446 p.
8. Maximovich N.G. Teoreticheskie i prikladnie aspekti ispolsovaniya geohimicheskikh barerov dlya ohrani okrugayuschey sredi [Theoretical and Applied Aspects of Using of Geochemical Barriers for Environmental Protection]. Engineering Geology. 2010. no. 3. pp. 20–28.
9. Maximovich N.G., Mescheryakova O.Y. Metodi borbi s neftyanim zagryazneniem na zakarstovannih beregah vodohranilisch [Methods of Dealing With Oil Pollution on the Karst Banks of the Reservoirs]. Ecology of Urban Areas. 2009. no. 4. pp. 55–58. <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2009/0359.pdf>.
10. Maximovich N.G., Hmurchik V.T. Konsorcium shtamov uglevodorodookislyayuschih bakteriy pseudomonas aeruginosa НД КЗ-2 v kachestve destruktora nefteproductov i sposob ochistki neftezagryaznennih podzemnih vod [Consortium of Hhydrocarbon-oxidizing Bacteria Strains Pseudomonas Aeruginosa ND BB-2 as the Destructor Method of Cleaning Oil and Oil-contaminated Groundwater] // Patent Russia no. 2312719. 2006.
11. Mineralno-sirevie resursi Permskogo kraja [Mineral Resources of the Perm Region]. Encyclopedia / The main editor A. I. Kudryashov. Perm, 2006. 464 p.
12. Pecherkin I.A. Geodinamika poberegii Kamskih vodohranilisch [Geodynamics of the Kama Reservoir coasts]. Ч. 2: Geological processes. Perm, 1969. 308 p.
13. Pecherkina L.V. Gidrogeologiya i gidrogeohimiya Polaznenskogo gipso-angidritovogo massiva [Hydrogeology and Hydrogeochemistry of the Polazna gypsum-anhydrite massive]. Perm State University; VNIIT. Perm, 1983. 124 p.
14. Popov L.N., Maximovich N.G. Ustanovka dlya otkachki neftesodergaschey gidkosti iz skvagini [Installation for Pumping Oily Liquid from the Well] // Patent Russia no. 2008139538. 2008.
15. Shimanovskiy L.A., Shimanovskaya I.A. Presnie podzemnie void Permskoy oblasti [Fresh Groundwater of the Perm Region]. Perm, 1973. 197 p.

References

1. Butyrina K.G. Gipsovy karst tsentralnoy chasti Permskoy oblasti [Gypsum Karst of the Central Part of the Perm Region]. Perm, 1968.
2. Gidrogeologiya SSSR [The Hydrogeology of USSR]. Vol. XIV. Ural. The editor V.F. Preys. – Moscow, «Nedra». 1972. 648 p.
3. Gorbunova K.A., Maximovich N.G. Tehnogenoe vozdeustvie na zakarstovanniiy territorii Permskoy oblasti [Technological Impact on the Karst Territory in the Perm Region]. Geography and Natural Resources. 1991. no. 3. pp. 42. http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng_0122.html.
4. Gorbunova K.A., Andreychuk V.N., Kostarev V.P., Maximovich N.G. Karst i pescheri Permskoy oblasti [The Karst and the Caves of the Perm Region]. Perm: Perm State University, 1992. 200 p.

Рецензенты:

- Земсков А.Н., д.т.н., вице-президент группы предприятий «Западно-Уральский машиностроительный концерн» по науке и технической политике, действительный член Академии горных наук РФ;
- Катаев В.Н., д.г.-м.н., профессор, проректор по научной работе и инновациям Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 22.04.2013.