ЛИТОСФЕРА, 2017, том 17, № 2, с. 125–138

УДК 556.3 (470.56)

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ И ИХ ГИДРОДИНАМИКА В РАЙОНАХ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ

© 2017 г. Ю. М. Нестеренко, М. Ю. Нестеренко

Отдел геоэкологии Оренбургского научного центра УрО РАН
460014, г. Оренбург, ул. Набережная, 29
E-mail: geoecol-ONC@mail.ru

Поступила в редакцию 15.01.2016 г.
Принята к печати 18.02 2016 г.

Рассмотрена водонапорная система подземных вод Южного Предуралья и техногенные изменения в ней в районах добычи углеводородов. Дано гидрогеологическое районирование и представлены водоносные комплексы с учетом геологического строения региона. Доказана гидродинамическая связь водоносных горизонтов через сульфатно-галогенные отложения иреньского горизонта кунгурского яруса, разделяющего верхний и нижний этажи подземных вод. При разработке месторождений газа и нефти уменьшается пластовое давление и изменяются уровни пластовых вод. Построена модель динамики пластового давления во времени после прекращения добычи УВ, согласно которой на Оренбургском НГКМ приток вод с прилегающих водоносных горизонтов восстановит давление на 50% с 7 до 15 МПа приблизительно за 500 лет, на 97% – до 20 МПа – за 1500 лет.

Ключевые слова: *гидродинамика, подземные воды, сейсмология, Южное Предуралье, техногенные изменения, добыча УВ*.

Территория запада Южного Урала является юго-восточной частью Волго-Камского артезианского бассейна и граничит с Прикаспийским артезианским бассейном. В связи с интенсификацией добычи нефти и газа система подземных вод Южного Урала претерпевает большие изменения. На ряде месторождений объемы извлеченного вещества становятся сопоставимыми с объемами водонапорных систем в контуре месторождений. В результате в них формируются гидродинамически некомпенсированные объемы водовмещающего поровотрещинного пространства. Так, на Оренбургском нефтегазоконденсатном месторождении (ОНГКМ), занимающем более 2000 км^2, в результате 40-летней добычи газа пластовое давление в центральной части уменьшилось более чем на 100 кгс/см^2. Возникшая техногенная гидродинамическая воронка на площади около 5000 м^2 изменила гидродинамические процессы на месторождении и в прилегающих водоносных горизонтах. Территория ОНГКМ характеризуется высокой техногенной нагрузкой на недра. При этом следует учитывать несопоставимость временных факторов. Формирование водонапорных систем в земной коре шло несколько десятков миллионов лет с периодом водообмена до миллиона лет и более, а выработка основных запасов газа и нефти происходит за несколько десятков лет, что в геологических масштабах времени почти мгновенное резкое нарушение равновесия в балансе водонапорной системы и напряжений во вмещающих их горных породах. Аналогичные процессы идут на многочисленных месторождениях нефти.

В геологическом строении большинства месторождений углеводородов (УВ) Южного Предуралья принимают участие подсолевой, солевой и надсолевой комплексы пород, что обусловило формирование трех этажей водоносных комплексов подземных вод, водообмен между которыми, по мнению многих авторов (Всевожский, 1991; Дюнин, 2000; и др.) отсутствует в связи с пренебрежительно малыми фильтрационными возможностями мощных сульфатно-галогенных отложений иреньского горизонта кунгурского яруса, разделяющего верхний и нижний этажи подземных вод. Современное интенсивное использование недр вовлекло в техногенез все три этажа подземных вод и вмещающие их горные породы.

В сложившихся условиях возможны резкое нарушение в балансе водонапорной системы и изменение напряжений в геологических структурах. Поэтому на данном этапе особое значение приобретают прогноз возможных изменений в водонапорной системе региона, особенно в области глубинного стока, и расчет времени релаксации напряжений в нарушенных техногенезом блоках осадочных толщ. Решение поставленных задач должно базироваться на изучении взаимодействия водоносных горизонтов, их питания, разгрузки и регионального глубинного стока. Существует мнение, что формирование глубинного стока идет без участия под-

земных вод зоны активного водообмена. Однако в условиях интенсивной добычи УВ техногенно созданные градиенты давления между водоносными пластами на относительно небольшом пространстве не имеют аналогов в естественных условиях и могут привести в действие ранее недействующие механизмы восстановления гидродинамического равновесия.

Формирование водонапорной системы и гидродинамического режима верхнего и нижнего гидродинамических этажей тесно связаны с литологией и особенностями осадконакопления в длительной геологической истории района исследований. Условия осадконакопления определяют литологический состав отложений.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ВОДОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

В толще осадочных пород Южного Предуралья с точки зрения формирования подземных вод выделяются три структурных этажа: верхнепермско-четвертичный (надсолевой), кунгурский (солевой) и среднедевонско-артинский (подсолевой). Сульфатно-галогенные отложения делят водную систему на два этажа: верхний – зону активного водообмена – и нижний (подсолевой) с весьма замедленным водообменом от нижнепермских ассельско-артинских до ордовикско-силурийских отложений включительно, верхний этаж сложен сульфатно-известняково-доломитовыми, сульфатно-галогенными и преимущественно терригенными, нижний – терригенно-карбонатными породами (Нестеренко и др., 2010).

Геологическое строение региона обусловливает формирование семи основных водоносных комплексов. Водоносными являются практически все выделенные стратиграфические комплексы пород – от четвертичных до ордовикско-силурийских. Геологическое строение и водоносные комплексы западной части Оренбургской области показаны на рис. 1. Особенности геологического строения Южного Предуралья и прилегающих территорий обусловили соответствующие гидродинамику и химический состав подземных вод.

По условиям формирования, движения и разгрузки подземных вод и особенностям литолого-стратиграфического строения на рассматриваемой территории выделяется значительное число гидрогеологических подразделений (рис. 2).

В Южном Предуралье выделяются 17 гидрогеологических подразделений. Их характеристика приводится с использованием фактического материала (Малиновская и др., 1980; Донецков, Донецкова, 1984; Овсянникова, 1993; Луговая, Болдырев, 1994; Нестеренко и др., 2015; Глянцев, 2009; Нестеренко, 2012).

Зона активного водообмена

В нее входят верхнепермско-четвертичные (надсолевые) водоносные горизонты и комплексы, подразделяющиеся на 11 гидрогеологических подразделений, из которых 8, наиболее распространенных, имеют существенное хозяйственное значение.

Водоносный современный аллювиальный горизонт развит в поймах верховий долин рек Бузулук, Самара, Ток, Иртек, Бол. и Мал. Уран и их притоков. Мощность водоносных пород, как правило, находится в пропорциональной зависимости от размеров речных долин. В мелких реках и балках она не превышает 3–5 м, в долинах рек Самара и Ток достигает 9–11 м, а в долине р. Бузулук увеличивается до 10–18 м.

Воды аллювиального горизонта обычно не имеют водоупорного перекрытия и являются типичными грунтовыми водами. Они имеют тесную гидравлическую связь с подстилающими водоносными горизонтами и комплексами, прежде всего с водами нижнего триаса и верхней перми.

Водоносный верхнечетвертичный аллювиальный горизонт распространен по долинам в средней и нижней частях течения этих рек. Мощность водоносного горизонта не выдержана по простиранию. В долинах рек Самара и Бузулук она изменяется от 7 до 15 м, в долинах Тока, Мал. и Бол. Урана – от 4 до 5 м. По условиям залегания воды верхнечетвертичного аллювия в большинстве случаев слабо защищены от загрязнения с земной поверхности. Водопроницаемость и водопроводимость вмещающих пород сравнительно высокие, но неравномерные по площади распространения и в разрезе. Водопроницаемость находится в пределах 2–9 м^2/сут, а водопроводимость – 17–120.

Питание подземных вод пойменного аллювия осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков на водосборе при активном участии поверхностного стока вод во время паводков. В них разгружаются подземные воды коренных отложений бортов и днища долин. Разгрузка происходит в основном путем дренирования руслами рек одновременно с разгрузкой вод современного аллювия.

Водоупорный водоносный акчагыльский терригенный комплекс широко распространен на левых склонах долин рек Самара, Бузулук, Боровка и отдельными локальными участками на левых склонах долин рек Бол. и Мал. Уран. Общая мощность акчагыльского яруса меняется от 50 до 200 м. Мощность водоносных прослоев непостоянна и колеблется от 9 до 60 м. Статический уровень фиксируется на глубинах от 5 до 20 м. Водопроницаемость вмещающих пород невысокая. Коэффициенты фильтрации составляют 0.3–2.0 м/сут. Максимальные коэффициенты фильтрации наблюдаются в песчано-гравийно-галечниковых отложениях.

Небольшая мощность и слабая водопроницаемость ограничивают водопроводимость пород в пределах 10–20 м^2/сут и редко увеличивается до 40–70 м^2/сут. Минерализация вод колеблется от 0.4 до 2.0 г/дм^3. Преобладают слабо солоноватые воды с минерализацией 1–2 г/дм^3.

Водоносный нижнетриасовый терригенный комплекс. Его мощность изменяется от 10 до 75 м. Водопроницаемость пород колеблется в пределах от 0.03 до 2 м/сут. Большой диапазон колебаний этого параметра связан со сменой гранулометрического состава вмещающих пород. К слабопроницаемым относятся тонкозернистые сильно глинистые пески и плотные окварцованные песчаники с коэффициентами фильтрации 0.03–0.50 м/сут. К хорошо проницаемым относятся крупнозернистые и разнозернистые рыхлые пески, трещиноватые песчаники и слабо сцементированные конгломераты с коэффициентами фильтрации 1.8 м/сут и более. Водопроводимость пород меняется от 1 до 25 м^2/сут.

Формирование химического состава подземных вод водоносного комплекса происходит в результате выщелачивания водовмещающих пород и перетоков из вышележащих и высоконапорных нижележащих водоносных комплексов.

Водоносный кутулукский терригенный комплекс широко распространен в пределах Южного Предуралья. Мощность кутулукских водоносных пород составляет 20–40 м. Она зависит не столько от наличия в разрезе песчаников и известняков, сколько от степени трещиноватости алевролитов и размеров трещиноватых зон. Водопроницаемость вмещающих пород зависит от их гранулометрического состава и степени трещиноватости, причем последний фактор часто играет решающую роль. Коэффициенты фильтрации колеблются в пределах 0.6–2.6 м/сут, а коэффициенты водопроводимости варьируют в диапазоне 18–44 м^2/сут. Минерализация подземных вод находится в пределах 1–2 г/дм^3.

Водоносный малокинельский терригенный комплекс также распространен в большей части района исследований. На правобережье долины р. Самара он занимает водоразделы и склоны долин рек Ток, Мал. Уран, Бол. Уран и Красная. Мощность малокинельских отложений колеблется в пределах 40–100 м, а водовмещающих пород – 10–70 м.

Водопроницаемость отложений малокинельского комплекса колеблется в больших пределах, а коэффициенты фильтрации меняются от 0.3 до 7 м/сут. В связи с большими колебаниями коэффициента фильтрации водопроводимость пород колеблется от 5 до 170 м^2/сут. Дебиты скважины варьируют от 0.6 до 6 л/с при понижениях уровня воды на 3–30 м. Наибольшей водообильностью отличаются скважины, приуроченные к глубоким эрозионным врезам в долинах рек Самара и Ток, имеющих увеличенную проницаемость горных пород.

Питание водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков на водосборе, а также за счет перетоков подземных вод из смежных водоносных горизонтов. Разгружается водоносный комплекс также перетоком через его кровлю и подошву.

Водоносный большекинельский терригенный комплекс. Его мощность от 70 до 110 м, а водовмещающих пород – от 5 до 80 м. Скорость фильтрации неравномерная и меняется от 0.01 до 3 м/сут в зависимости от литологического состава, степени трещиноватости и глубины залегания водовмещающих пород. В глубоких эрозионных врезах долин рек Ток, Мал. и Бол. Уран коэффициенты фильтрации и водопроводимости больше и находятся соответственно в пределах 0.5–1.4 м/сут и 30–50 м^2/сут.

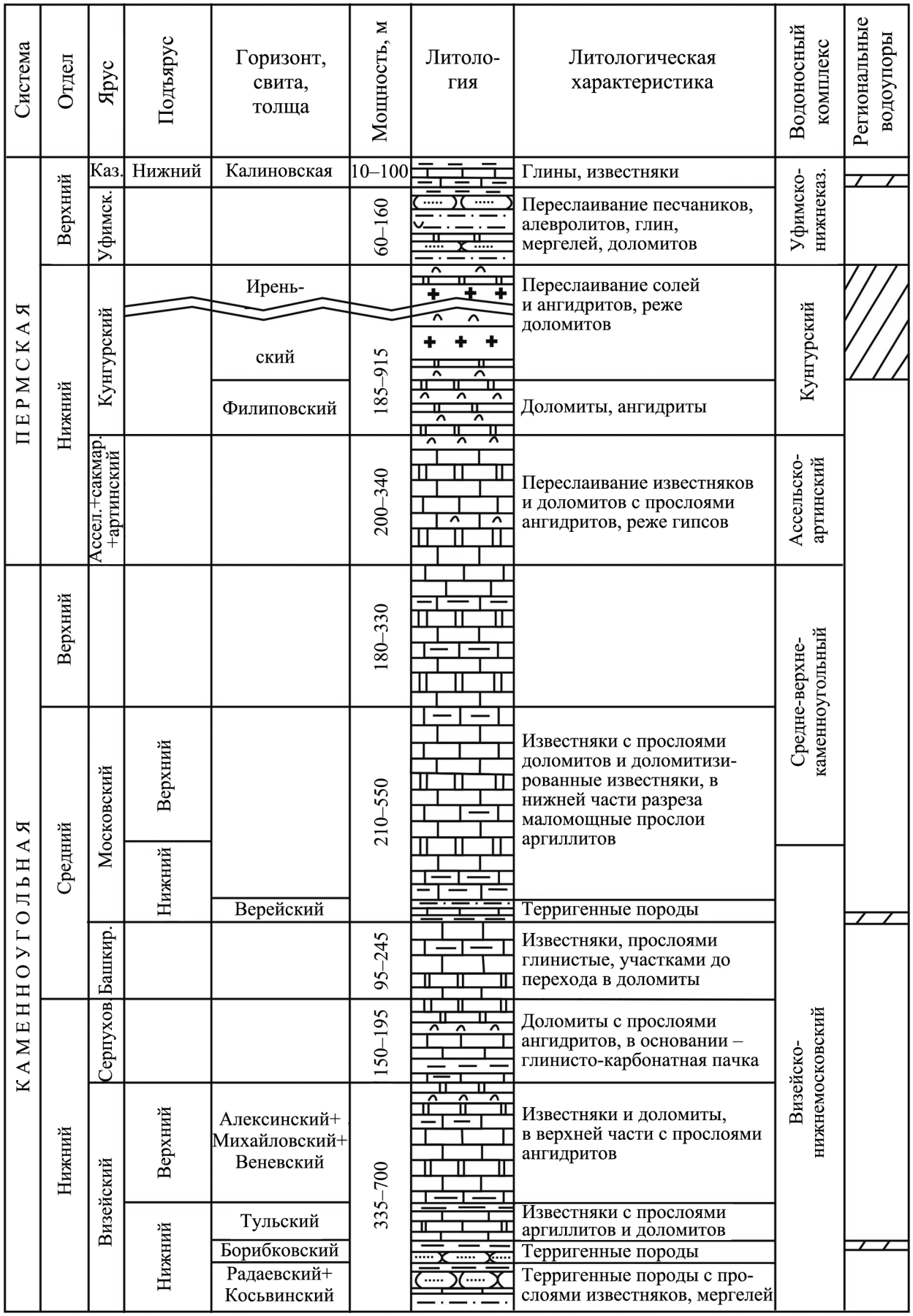
Химический состав водоносного комплекса отличается значительной пестротой. Основное распространение имеют пресные и слабосолоноватые воды с минерализацией 0.4–0.5 г/дм^3.

В питании водоносного комплекса участвуют атмосферные осадки, поверхностный сток и переток из смежных, перекрывающих и подстилающих горизонтов и комплексов.

Водоносный сокский сульфатно-карбонатно-терригенный комплекс имеет повсеместное распространение. Коэффициенты фильтрации и водопроводимости колеблются в широком диапазоне и меняются соответственно в пределах 0.1–5.5 м/сут и 4–160 м^2/сут. Дебиты скважин составляют 1–10 л/с при понижении уровня воды на 5–50 м. Подземные воды в сокских отложениях питаются и разгружаются за счет перетоков из выше- и нижезалегающих отложений.

Кунгурский (солевой) водоносный этаж

В галогенных и сульфатных отложениях кунгурского яруса располагаются маломощные водонасыщенные прослои известняков и доломитов, объединяемые в водоупорный локально-водоносный кунгурский карбонатно-сульфатно-галогенный комплекс, распространенный на всей территории Южного Предуралья. Он переслаивается солями каменной соли и ангидритами. Редкие маломощные прослои известняков и доломитов приурочены в основном к нижней половине разреза. Мощность солей увеличивается в южном и юго-восточном направлениях от 200 до 900 м при глубине залегания 600 до 1000 м. В связи с расположением водоносного кунгурского комплекса в отложениях каменной соли их гидравлическая связь со смежными водоносными комплексами затруднена и породы малообводнены. Подземные воды напорные со статическим уровнем на глубине около 190 м. В кунгурских отложениях в основном развиты хлоридные натриевые воды с минерализацией 200–300 г/дм^3.


Система
Отдел
Ярус
Подъярус
Горизонт, свита, толща
Мощность, м
Литология
Литологическая характеристика
Водоносный комплекс
Региональные водоупоры
ПЕРМСКАЯ
КАМЕННОУГОЛЬНАЯ
Верхний
Нижний
Средний
Каз.
Уфимск.
Кунгурский
Ассел.+сакмар.+артинский
Московский
Башкир.
Серпухов
Визейский
Нижний
Верхний
Калиновская
Ирень-ский
Филиповский
Верейский
Алексинский+ Михайловский+ Веневский
Тульский
Борибковский
Радаевский+ Косьвинский
10–100
60–160
185–915
200–340
180–330
210–550
95–245
150–195
335–700
Глины, известняки
Переслаивание песчаников, алевролитов, глин, мергелей, доломитов
Переслаивание солей и ангидритов, реже доломитов
Доломиты, ангидриты
Переслаивание известняков и доломитов с прослоями ангидритов, реже гипсов
Известняки с прослоями доломитов и доломитизированные известняки, в нижней части разреза маломощные прослои аргиллитов
Терригенные породы
Известняки, прослоями глинистые, участками до перехода в доломиты
Доломиты с прослоями ангидритов, в основании – глинисто-карбонатная пачка
Известняки и доломиты, в верхней части с прослоями ангидритов
Известняки с прослоями аргиллитов и доломитов
Терригенные породы
Терригенные породы с прослоями известняков, мергелей
Уфимско-нижнеказ.
Кунгурский
Ассельско-артинский
Средне-верхнекаменноугольный
Визейско-нижнемосковский

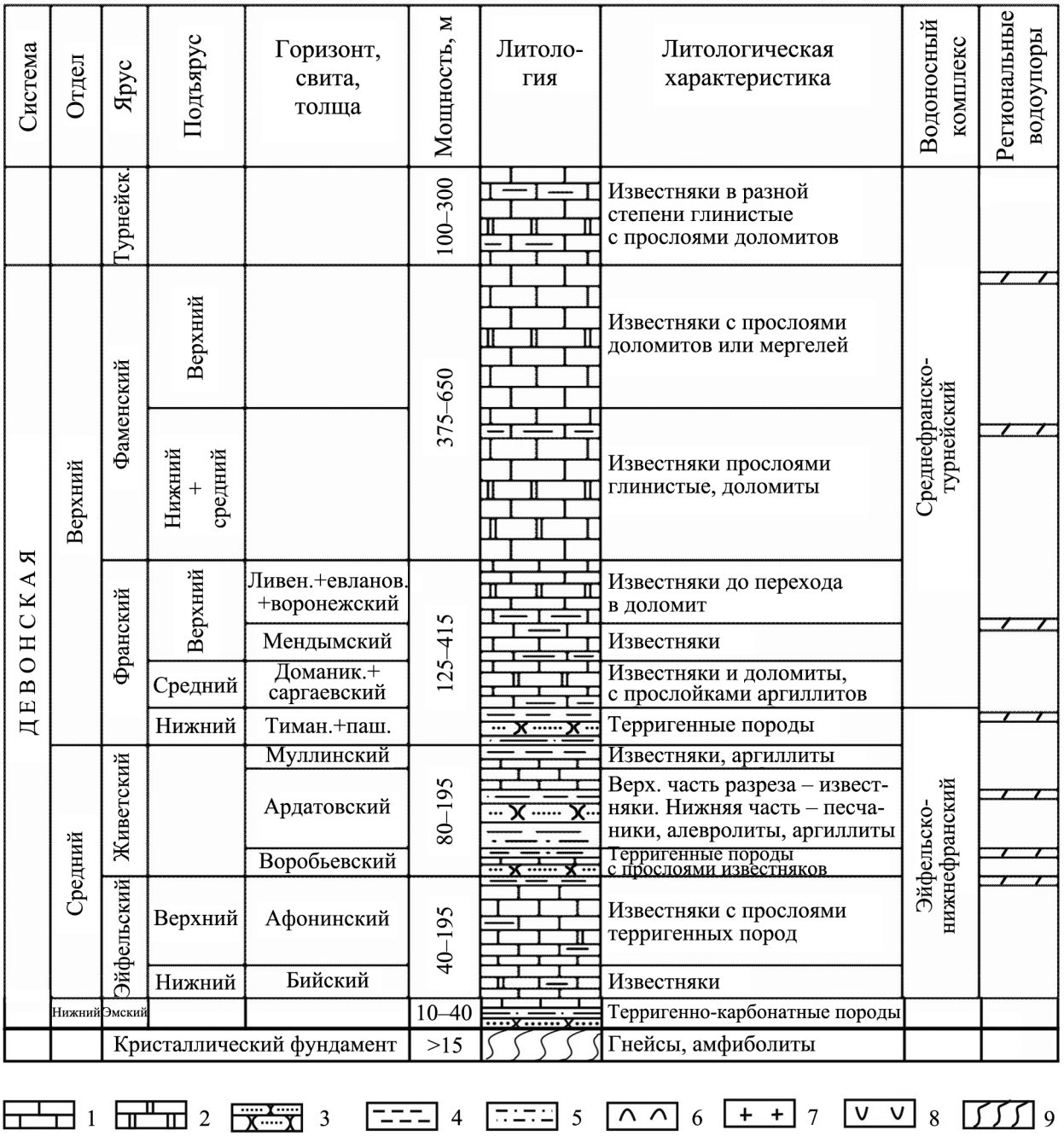


Рис. 1. Литолого-стратиграфическое строение осадочного чехла Южного Предуралья и его водоносные комплексы (на основе материалов НИПИнефть, ООО “Газпром добыча Оренбург”).

1 – известняки, 2 – доломиты, 3 – песчаники, 4 – глины и аргиллиты, 5 – алевролиты, 6 – ангидриты, 7 – каменная соль, 8 – гипсы, 9 – гнейсы.

Fig. 1. Lithologic and stratigraphic structure of sediments and aquifers of South Urals.

1 – limestones, 2 – dolomites, 3 – sandstone, 4 – clay and mudstone, 5 – siltstone, 6 – anhydrite 7 – rock salt, 8 – gypsum, 9 – gneisses.

Зона весьма замедленного водообмена

В зону входят 5 водоносных комплексов подсолевого этажа. При весьма замедленном водообмене с вышерасположенными водоносными комплексами они взаимодействуют между собой, особенно в районах добычи УВ, где создаются значительные градиенты пластовых давлений.

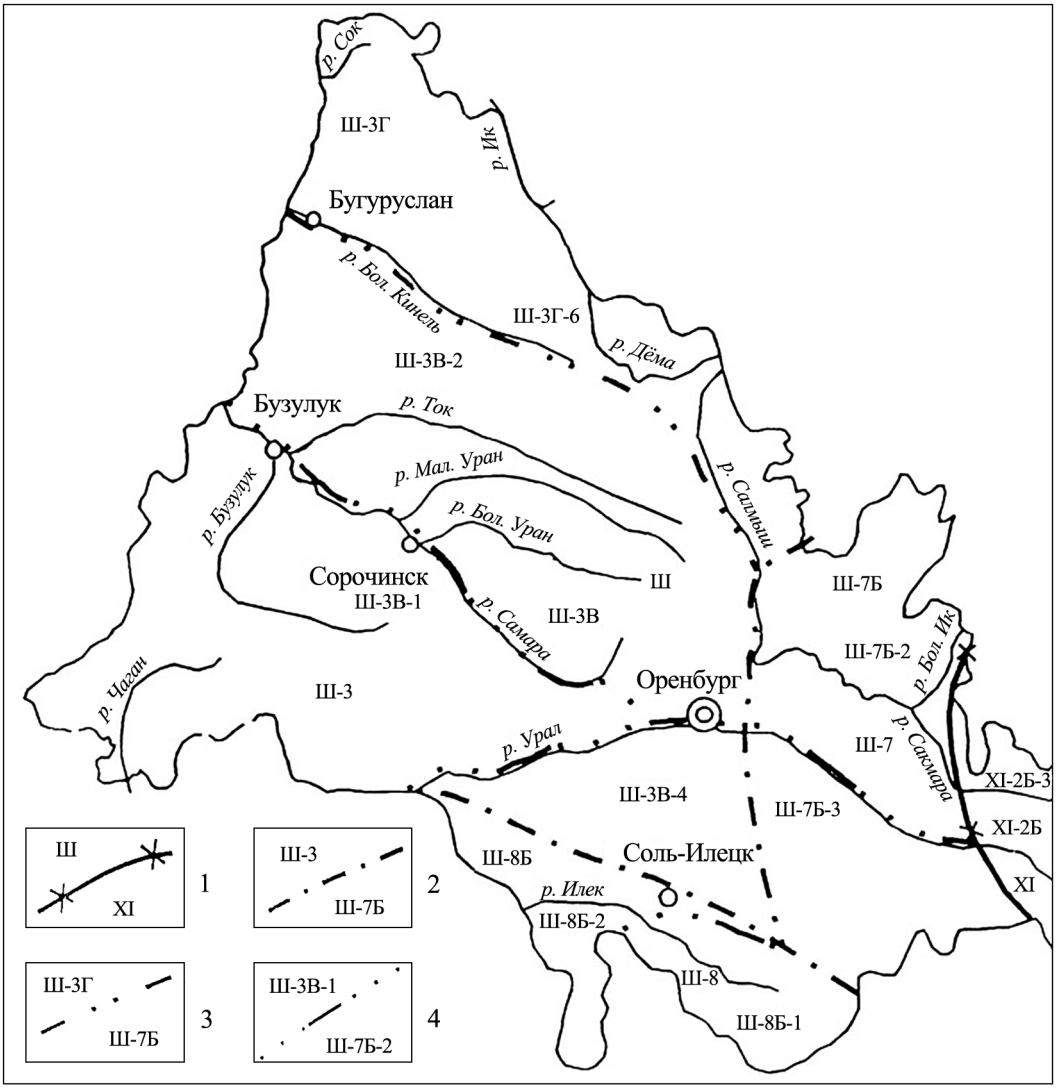


Рис. 2. Схема гидрогеологического районирования Южного Предуралья (Пантелеев, 1997).

Границы. 1 – Регионов (надпорядковые единицы, системы безнапорных и напорных вод): Ш – Восточно-Европейский, XI – Тимано-Уральский. 2 – Провинций (сложные бассейны безнапорных и напорных вод I порядка): Ш-3 – Восточно-Русский, Ш-7 – Предуральский, Ш-8 – Прикаспийский. 3 – Подпровинций (бассейны напорных и субнапорных вод II порядка): Ш-3В – Сыртовский, Ш-3Г – Камско-Вятский, Ш-7Б – Южно-Предуральский, Ш-8Б – Эмбенский. 4 – Областей (группы бассейнов регионального стока безнапорно-субнапорных вод III порядка): Ш-3В-1 – Обще-Сыртовский, Ш-3В-2 – Восточно-Сыртовский, Ш-3В-4 – Первомайский, Ш-3Г-6 – Бугульминский, Ш-7Б-2 – Бело-Уральский, Ш-7Б-3 – Илекско-Уральский, Ш-8Б-1 – Акбалагайский, Ш-8Б-2 – Нижнеилекский.

Fig. 2. Schematic hydrogeological zoning of Southern Urals (Panteleev, 1997).

The Borders. 1 – Regional (superorder units, non-pressure and pressure water): Ш – Eastern European, XI – Timan-Urals. 2 – Provinces (complex basins of non-pressure artesian waters basin of the first order): Ш-3 – Eastern Russian, Ш-7 – Pre-Uralian, Ш-8 – Caspian. 3 – Subprovinces (basins of water pressure and subpressure groundwater basins of the second order): Ш-3В – Syrtovsky, Ш-3Г – Kama-Vyatka, Ш-7Б – South Pre-Uralian, Ш-8Б – Emba. 4 – Areas (a group of regional drain basins of non-pressure and subpressure waters of third order): Ш-3В-1 – Pan-Syrtovsky, Ш-3В-2 – East Syrtovskii, Ш-3В-4 – Pervomajskii, Ш-3Г-6 – Bugulma, Ш-7Б-2 – White-Uralian, Ш-7Б-3 – Ilek-Uralian, Ш-8Б-1 Akbalagaiskii, Ш-8Б-2 – Nizhneilekskii.

Водоносный ассельско-артинский карбонатно-сульфатный комплекс раположен в толще пород артинского, сакмарского и ассельского ярусов нижней перми. В пределах Волго-Уральской антеклизы гидрогеологический разрез представлен переслаиванием ангидритов, доломитов и известняков. В восточном и юго-восточном направлениях в водоносном комплексе постепенно уменьшается доля сульфатов и преобладающими становятся известняки. Общая мощность водоносного комплекса

200–300 м. Покрышками коллекторов водоносного комплекса служат ангидриты, доломиты и известняки, а подошва подстилается известняками верхнего карбона. В северной части района комплекс залегает на глубине 900 м, а в южной – 1100 м. Подземные воды напорные и высоконапорные со статическим уровнем на глубинах 180–450 м.

Водопроводимость отложений мала и не превышает 1 м^2/сут. Дебит скважин колеблется в пределах 0.25–50 м^3/сут при среднем значении 8.5 м^3/сут. Температура увеличивается в южном и юго-восточном направлениях в соответствии с глубиной залегания водоносного комплекса и составляет в среднем 28°С. В комплексе преобладают хлоридные натриевые воды с минерализацией от 150 до 320 г/дм^3, возрастающей с севера на юг.

Водоносный средне-верхнекаменноугольный карбонатный комплекс заключен в отложениях верхнего карбона и карбонатной части московского яруса преимущественно в известняках и доломитах. Коллекторы верхнего карбона перекрываются пластами известняков серых плотных и крепких с алеврито-глинистой примесью. Общая мощность водоносного комплекса колеблется от 370 до 750 м, достигая максимума в Муханово-Ероховском прогибе. Подземные воды высоконапорные со статическим уровнем на глубинах 50–250 м. Подземный сток на широте Муханово-Ероховского прогиба направлен с востока на запад, а к югу от прогиба приобретает южное направление. Пластовая температура составляет 25–50°С. Химический состав подземных вод хлоридный натриевый с минерализацией от 200 до 260 г/дм^3. Наиболее высокая минерализация в центральной части Муханово-Ероховского прогиба.

Водоносный визейско-нижнемосковский терригенно-карбонатный комплекс в Южном Предуралье распространен повсеместно в отложениях верейского горизонта, башкирского, серпуховского и визейского ярусов. Верхняя часть комплекса сложена известняками башкирского яруса, перекрытыми породами верейского горизонта; средняя – ангидритами, доломитами, известняками серпуховского и визейского ярусов (веневский, михайловский, алексинский, тульский горизонты); нижняя – песчаниками, алевролитами, аргиллитами (бобриковский, радаевский, косьвинский горизонты визейского яруса). Мощность терригенных пород в подошве комплекса не превышает 50 м, но в центральной части Муханово-Ероховского прогиба она достигает 180 м. Общая мощность водоносного комплекса колеблется от 500 на северо-востоке до 950 м в Муханово-Ероховском прогибе. Кровля водоносного комплекса погружается с севера на юг и юго-восток. Установленная глубина его залегания в северной части составляет 1770 м, а в южной – 3100 м. Подземные воды имеют высокие напоры со статическими уровнями на глубинах 80–780 м.

Визейско-нижнемосковские отложения имеют большую водопроводимость от 6 до 113 м^2/сут, при средней величине 36 м^2/сут. Максимальная водопроводимость его пород – до 56–113 м^2/сут – приурочена к центральной части Муханово-Ероховского прогиба. Здесь же самые высокие значения эффективных мощностей пород (до 250 м) и коэффициентов фильтрации (0.1–0.5 м/сут). Дебит скважин меняется от 10 до 700 м^3/сут. Температура повышается в сторону понижения, составляя в среднем 46°С. Подземные воды комплекса по химическому составу близки к подземным водам средне-верхнекаменноугольных отложений с минерализацией от 210 до 300 г/дм^3 при среднем значении 245 г/дм^3 . Локально она увеличивается в пределах Муханово-Ероховского прогиба.

Водоносный среднефранско-турнейский карбонатный комплекс в Южном Предуралье распространен повсеместно в отложениях турнейского яруса нижнего карбона, фаменского яруса и средне-верхнефранского подъяруса верхнего девона. Комплекс сложен преимущественно карбонатными породами с преобладанием известняков. Покрышками являются глинисто-битуминозные карбонатные породы и аргиллиты. Мощность водоносного комплекса от 350 до 900 м с увеличением с востока, юго-востока на запад. На фоне регионального изменения его мощностей сильно выделяется Муханово-Ероховский прогиб, в котором происходит сокращение общих мощностей комплекса до 300–350 м. В нем водоносный комплекс представлен глубоководными битуминозно-глинистыми известняками. Статический уровень устанавливается на глубинах 100–830 м.

Водопроводимость комплекса колеблется от 0.30 до 95 м^2/сут, при среднем значении около 15 м^2/сут. Повышенные ее значения (10–20 м^2/сут) отмечаются на тех же структурах, где эффективные мощности достигают максимальных значений. Водопритоки, полученные в процессе испытания, колеблются от 1 до 600 м^3/сут. Преобладающая производительность скважин меняется от 20 до 40 м^3/сут с повышением на локальных участках до 200–600 м^3/сут. Пластовое давление водоносного комплекса увеличивается с ростом глубины его залегания по вертикали и по падению пород в южном и юго-западном направлениях. Среднее значение температуры 50°С. В комплексе рассолы в основном хлоридного натриевого состава с минерализацией от 170 до 270 г/дм^3. Минерализация подземных вод растет в направлении с севера, северо-востока района на юг и юго-запад.

Водоносный эйфельско-нижнефранский карбонатно-терригенный комплекс расположен в отложениях нижнефранского подъяруса верхнего девона, живетского и эйфельского ярусов среднего девона. Его мощность не имеет резких изменений и составляет 170–400 м. Вмещающие породы в се-

верной части комплекса представлены преимущественно песчаниками, аргиллитами, алевролитами, а в южной увеличивается доля известняков. Эффективная мощность водоносного комплекса меняется от 5 до 20 м. Подземные воды высоконапорные со статическим уровнем на глубинах 80–380 м. Водопроницаемость вмещающих водоносный комплекс эйфельско-нижнефранских отложений меняется от 0.2 до 2.5 м^2/сут. Преобладание в разрезе терригенных пород повышает водообильность. Водопритоки меняются в пределах 1–80 м^3/сут, возрастая в отдельных скважинах до 480 м^3/сут. Средняя температура воды комплекса – 64°С.

Данные о модулях подземного стока и гидрогеологические параметры (табл. 1) показывают, что основные запасы пресных подземных вод связаны с аллювиальными отложениями четвертичного возраста, в которых они аккумулируются, стекая с водосборов. Модули подземного стока из этих водоносных комплексов достигают 2.5 л/с с 1 км^2. Модули подземного стока в водоносных комплексах неогеновых, меловых, юрских, триасовых и верхнепермских отложений в среднем не превышают 0.2–0.8 л/с с 1 км^2.

Распределение гидростатических давлений в нижнем гидродинамическом этаже изучено в целом слабо и характеризуются большой сложностью. Пьезометрические уровни располагаются, как правило, ниже базисов эрозии, но близки к ним. По карте пьезометрической поверхности, составленной В.И. Малиновской (Гидрогеология…, 1972) для водоносных комплексов нижней перми, направление и градиенты напора местных потоков от Соль-Илецкого свода близки к широтным в сторону Бузулукской впадины при общем юго-западном направлении стока из Бузулукской впадины в сто-

Таблица 1. Гидрогеологическая характеристика основных водоносных горизонтов юго-востока Волго-Камского артезианского бассейна

Table 1. Hydrogeological characteristics of the main aquifers in the southeast of the Volga-Kama artesian basin

Стратиграфический комплекс, преобладающий состав пород, класс скоплений подземных вод	Средняя мощность водоносных пород, м	Средняя открытая пористость, %	Количество подзем. вод на 1 км^2, млн м^3	Преобладающие дебиты, л/с
Верхний гидрогеодинамический этаж				
Четвертичная система – Q Пески, галечники, щебенка игловатые супеси с порово-пластовыми водами	10	30	3	14–20
Неоген – N Песчаники, галечники, алевролиты с порово-пластовыми водами	10	10	1	4–11
Мел – K Песчаники, конгломераты с порово-трещинно-пластовыми водами	15	10	1.5	0.5
Юра – J Пески, песчаники, алевролиты с порово-трещинно-пластовыми водами	20	10	2	3–15
Триас – T Песчаники, мергели с порово-трещинно-пластовыми водами	120	8	9.6	5
Верхнепермский отдел – P_2 Песчаники, аргиллиты, мергели, известняки с порово-трещинно-пластовыми водами	80	20	16	5
Итого по верхнему гидрогеодинамическому этажу	255	13	33	6
Нижний гидрогеодинамический этаж				
Нижняя пермь – P_1 Известняки, доломиты, ангидриты, каменные соли с порово-трещинно-пластовыми и порово-трещинными межпластовыми водами	1000	7	70	0.4–117
Карбон – C Известняки, доломиты с порово-трещинными пластовыми водами	1500	6	90	0.01–10
Девон – D Песчаники, алевролиты, доломиты с порово-трещинно-пластовыми водами	160	4	6.4	0.00002–2
Ордовик – O Алевролиты, песчаники с порово-трещинно-пластовыми водами	150	4	6	–

рону Прикаспийской синеклизы. Скорость движения подземных вод в сторону Бузулукской впадины 36 см/год, а общего потока в сторону Прикаспийской синеклизы – около 8 см/год. В пределах Оренбургского вала, по нашим данным, какое-либо направление подземного стока не выявляется.

Однородность в химическом составе пластовых вод нижней перми и каменноугольной системы может говорить в пользу как застойного режима в пределах Оренбургского вала (Нестеренко, Глянцев, 2007), так и быстрого уравнивания их состава при высокой водопроводности вмещающих их горных пород в условиях установившегося динамического равновесия.

Взаимосвязь водоносных горизонтов района ОНГКМ с прилегающими водоносными горизонтами

В целях выявления латеральных направлений движения вод подсолевого комплекса, наличия или отсутствия его вертикальной гидравлической связи с водами верхнего этажа нами сделана попытка определения зависимости абсолютных гидростатических давлений от глубины залегания водоносных горизонтов с учетом средневзвешенного объемного веса выше расположенной толщи вод (приведенного напора) на различном расстоянии от ОНГКМ.

Приведенный напор определяется весом фактического столба жидкости с учетом его средневзвешенного объемного веса над отметкой исследуемого водоносного слоя. Приведенный напор характерен для единой водонапорной системы при наличии гидродинамической связи между ее водоносными горизонтами. Он вычисляется по формуле

$$H_{пр} = h_{ст.\,в.}\,\gamma_{ср.\,взв.}, \qquad (1)$$

где $h_{ст.в.}$ – высота столба жидкости над исследуемым во доносным слоем; $\gamma_{ср.\,взв.}$ – средневзвешенный объемный вес воды вышерасположенных водоносных горизонтов.

Средневзвешенный объемный вес воды вышерасположенных водоносных горизонтов применительно к приведенному напору вычисляется по общеизвестной формуле определения средневзвешенных величин и имеет вид

$$\gamma_{ср.взв.} = \frac{h_1\gamma_1+h_2\gamma_2+h_3\gamma_3+...+h_n\gamma_n}{h_1+h_2+h_3+...+h_n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} h_i\gamma_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i}, \qquad (2)$$

где h_i – высота i-го слоя грунта; γ_i – объемный вес воды в слое грунта h_i.

Расчет установившихся приведенных уровней вод произведен по предлагаемой нами формуле

$$H_{уст} = h_{abc} + \frac{h_{ст.в.*}\gamma_u}{\gamma_{ср.взв.}}, \qquad (3)$$

где $h_{ст.\,в.}$– высота столба жидкости, м; γ_u – объемный вес жидкости поднимающейся в скважине из исследуемого водоносного горизонта, г/см^3; $\gamma_{ср.\,взв.}$ – средневзвешенный объемный вес выше расположенных водоносных горизонтов; $h_{абс}$ – абсолютная отметка опробованного интервала, м.

В районе ОНГКМ к исследованию приняты его территория и примыкающие к нему территории с севера, запада и востока: 1) ОНГКМ с меженным урезом р. Урал на абсолютной отметке 73–80 м; 2) на расстоянии 0–50 км от ОНГКМ с меженным урезом р. Самара (пос. Новосергиевка) на отметке 130 м и р. Урал на отметке 102 м; 3) на расстоянии 50–100 км с отметкой уреза воды в р. Самара 120 м, в р. Сакмара на отметке 130 м и в р. Урал на отметке 120 м; 4) на расстоянии более 100 км с урезом воды в р. Самара на отметке 92 м и р. Урал на отметке 136 м.

Объемный вес подземных вод на разных глубинах их залегания и на разном расстоянии от месторождения приведен в табл. 2. По данным таблицы видно, что на территории месторождения и на расстоянии до 50 км от него объемный вес подземных вод, следовательно, и их минерализация по глубине изменяются одинаково. На расстоянии 50–100 км на глубинах до 1600 м объемный вес подземных вод заметно меньше, чем на месторождении, что говорит об отсутствии восходящего тока глубоко залегающих рассолов и возможном нисходящем токе более пресных вод зоны активного водообмена. Глубже 1600 м подземные воды на месторождении и на расстоянии до 100 км не имеют существенных отличий по объемному весу. За предела-

Таблица 2. Объемный вес подземных вод на разных глубинах залегания в зависимости от расстояния до ОНГКМ, г/л

Table 2. Volumetric weight of groundwater at different depths, depending on the distance to the ONGKM, g/l

Глубина, м	Расстояние до ОНГКМ			
	на ОНГКМ	до 50 км	50–100 км	>100 км
0	1.0	1.0	1.0	1.0
200	1.05	1.01	1.01	1.02
400	1.19	1.05	1.015	1.07
600	1.165	1.15	1.03	1.1
800	1.166	1.155	1.07	1.12
1000	1.167	1.155	1.1	1.13
1200	1.168	1.155	1.12	1.16
1400	1.168	1.155	1.14	1.16
1600	1.169	1.156	1.16	1.18
1800	1.17	1.17	1.165	1.20
2000	1.17	1.18	1.2	1.22
2200	1.17	1.17	1.195	1.24
2400	1.17	1.17	1.18	1.21
2600	1.18	1.17	1.17	1.19
2800	1.185	–	1.165	1.17
3000	1.19	–	1.16	1.16

ми 100 км зоны вокруг ОНГКМ на глубинах более 1600 м объемный вес подземных вод увеличивается более высокими темпами, чем на этих же глубинах на месторождении и вокруг него.

Используя средневзвешенные объемные веса подземных вод, мы определили приведенные статические уровни пластовых вод в скважинах месторождения и прилегающих территориях (Гидрогеология…, 1972). Расчеты показали, что все водоносные горизонты нижнего этажа независимо от глубины их залегания имеют относительно близкие приведенные статические уровни (69–96 м), что находится в пределах возможных ошибок определения объемного веса вод анализируемых водоносных горизонтов, статического уровня, отметки устья скважины и других факторов. При этом в границах месторождения средняя абсолютная отметка приведенных статических уровней (80 м) до его разработки была лишь на 0–7 м выше уреза воды меженного уровня р. Урал (73–80 м), дренирующего исследуемую территорию и под долиной которого проходит тектонический разлом. Если учесть дополнительный напор подземных вод зоны активного водообмена на водосборе относительно меженного уровня реки, то, по-видимому, будет иметь место динамическое равновесие между верхним и нижним этажами водоносных горизонтов. Следовательно, можно сделать предварительный вывод о наличии гидродинамической связи через мощную толщу отложений солей. Она может проходить через тектонические нарушения, в техногенно ненарушенных условиях между ними устанавливалось гидродинамическое равновесие. Однако это требует дополнительных исследований.

На расстоянии 0–50 км от месторождения приведенные статические уровни скважин на месторождении имеют в среднем на 3 м более высокую отметку, чем урез воды р. Урал на расстоянии 0–50 км от месторождения и на 24 м меньшую, чем урез воды р. Самара Волжского бассейна. На расстоянии 50–100 км к северу от месторождения приведенные напоры на 10 м выше урезов воды этих рек. За пределами 100 км от месторождения отметки уреза меженного уровня р. Самара на 30 м, а р. Урал – на 70 м выше приведенных статических уровней исследуемых скважин на месторождении.

Сравнивая отметки приведенных статических уровней подсолевых водоносных горизонтов на месторождении с отметками приведенных статистических их уровней на расстоянии 0–50, 50–100 и более 100 км от месторождения и с отметками соответствующих меженных уровней рек, можно сделать предварительный вывод о наличии гидродинамической связи вод нижнего этажа с верхним этажом и с водами основных рек региона при наличии под ними тектонических разломов и трещин.

Анализ соотношений приведенных статических уровней вод нижнего этажа на месторождении с урезами воды в реках показывает, что возможно движение вод нижнего этажа от Волго-Уральского водораздела на юг к месторождению.

Нами рассмотрена связь между пластовым давлением и глубиной залегания водоносных горизонтов Бузулукской впадины (Нестеренко, Глянцев, 2007) (рис. 3). Представленный график, составленный по данным 48 скважин, демонстрирует, что большинство точек находится на линии нормального гидростатического давления (Δp = 1 кг/см^2 на 10 м) или в непосредственной близости от нее. Следовательно, фактическое пластовое давление в водоносных горизонтах до глубины 4.5 км, т.е. в водах недр от перми до девона контролируется высотой столба воды над ними и ее средневзвешенным объемным весом над точкой замера.

Добыча УВ уменьшает пластовое давление. В результате положение характеризующих его точек отклоняется от линии нормального давления на соответствующую величину.

Рассмотрение карт установившихся приведенных уровней вод в сочетании с геологическим анализом позволяет сделать определенные выводы о наличии гидравлического взаимодействия водоносных горизонтов в Бузулукской впадине через галогенные отложения иреньского горизонта.

Интенсивная расчлененность фундамента и осадочного чехла Бузулукской впадины тектоническими нарушениями ограничивает возможность интенсивных процессов латеральной миграции пластовых вод. По этой причине на рассматриваемой территории наблюдается преобладание вертикального

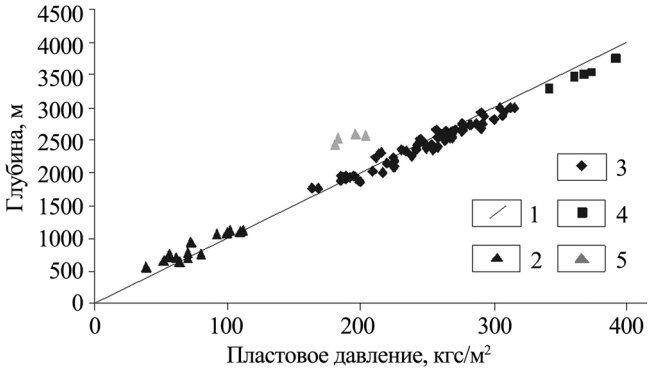


Рис. 3. Связь между пластовым давлением и глубиной залегания горизонтов.

1 – линия нормального гидростатического давления; 2 – воды пермского возраста; 3 – воды карбона; 4 – воды девона; 5 – воды карбона с техногенно нарушенным давлением.

Fig. 3. The connection between reservoir pressure and depth of horizons.

1 – line of normal hydrostatic pressure; 2 – Permian water; 3 – Carbonic water; 4 – Devonian water; 5 – Carbonic water with technogeneous impaired pressure.

движения вод, которое наиболее интенсивно проявляется в периоды активизации тектонических процессов. В периоды тектонического покоя (стабилизации) вертикальный перенос вод происходит по незалеченным разломам и фильтрацией через перекрывающие и подстилающие водоносные горизонты внутри блоков. По нашим лабораторным исследованиям (Нестеренко, Глянцев, 2007), фильтрация происходит по микротрещинам, имеющим коэффициенты фильтрации $0.316\cdot10^{-6}$–$0.105\cdot10^{-5}$ м/сут, что создает условия для межпластовых перетоков в Бузулукской впадине в зависимости от градиентов межпластовых давлений до 5 мм/год.

Модель гидродинамических процессов в земной коре районов добычи углеводородов

Результаты наших исследований геологического строения, изменения давлений пластовых вод разрабатываемых месторождений нефти и газа в Южном Предуралье и взаимосвязи водоносных горизонтов дают возможность создать математическую модель локальных гидродинамических процессов в системе подземных вод. К локальным гидродинамическим процессам можно отнести формирование депрессионных воронок в разрабатываемых месторождениях углеводородов. Необходимы исследования механизма формирования и последствий техногенных изменений в развитии депрессионной воронки. Предлагаемая нами модель движения и динамики взаимодействия водоносных горизонтов в районе техногенной депрессионной воронки разрабатываемого месторождения УВ представлена на рис. 4. В результате интенсивной добычи углеводородов, понизившей пластовое давление на десятки и даже сотни атмосфер, нарушилось естественное гидродинамическое равновесие между пластовыми водами и расположенными над ними и под ними водоносными горизонтами подземных вод. Исследование взаимосвязи пластовых вод с выше- и нижерасположенными водоносными горизонтами и формирования перетоков между ними в результате падения пластового давления показали, что в районе месторождений создаются условия для поступления в разрабатываемые продуктивные горизонты углеводородов вод с выше- и нижерасположенных водоносных горизонтов через разделяющие их водоупоры, а также для латерального притока с прилегающих территорий. По результатам наших изучений нарушенных динамических процессов на ОНГКМ построена математическая модель развития гидродинамической воронки (Нестеренко, 2012).

Сформировавшаяся депрессионная воронка в пластовых водах карбона обусловила фильтрационный поток по латерали q_T и вертикали q' из вышележащего водоносного горизонта и q'' из нижележащих горизонтов (см. рис. 4).

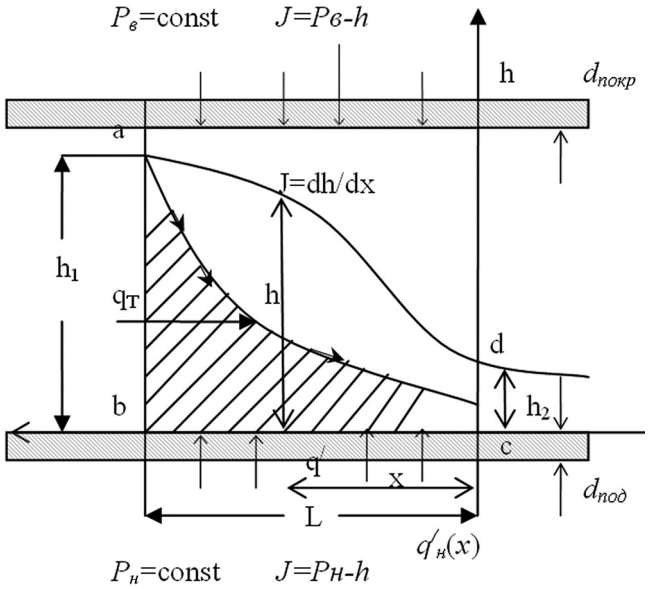


Рис. 4. Схема фильтрации в пластовые воды месторождения.

Fig. 4. Scheme of filtering into deposit ground-water reservoir.

При разработке модели допускаем, что величина естественного фильтрационного потока постоянна для всей площади фильтрации выше- и нижележащих горизонтов. С одной квадратной единицы площади пласта-покрышки и пласта-подошвы поступает вода, расход которой (измеряемый в мм/год) обозначим q'. Благодаря инфильтрации расход по длине фильтрационного потока оказывается переменным.

Входным живым сечением является *a–b*, выходным – *c–d*. Рассмотрим равномерную фильтрацию, т.е. $q' = q'_{ср}$ = const (по всей границе продуктивного пласта сверху и снизу). Данная ситуация отражает условия уравнения Роте (Чугаев, 1982):

$$\frac{q_T}{k}+\frac{1}{2}\frac{q'}{k}L=\frac{h_1^2-h_2^2}{2L}, \qquad (4)$$

где L – радиус воронки, h_1, h_2 – статический уровень пластовых вод за пределами и в центре воронки, k – коэффициент фильтрации.

Из (4) при заданных L, h_1, h_2, q' и k можем получить транзитивный расход q_T.

Для построения кривой депрессии *ad* уравнение (4) перепишем в виде

$$\frac{q_T}{k}+\frac{q'}{k}(L-\frac{1}{2}x)=\frac{h^2-h_2^2}{2x}. \qquad (5)$$

Задаваясь в этом уравнении разными x и вычисляя соответствующие им h, можно построить кривую депрессии $h(x)$.

Уравнения пьезометрических уровней депрессионной воронки (4) и (5) можно уточнить, если

учесть, что градиент, обеспечивающий переток из выше- и нижележащих водоносных горизонтов, непостоянный и увеличивается от внешних границ депрессионной воронки к ее центру (см. рис. 4).

Учитывая строение пласта-коллектора, приток воды, компенсирующий падение давления, возможен по латерали (q_T), по вертикали из вышележащего горизонта ($q'_в(x)$ с коэффициентом фильтрации покрышки $k'_в$) и из нижележащего горизонта ($q'_н(x)$ с коэффициентом фильтрации подошвы $k'_н$).

Согласно закону Дарси, приток через покрышку пласта равен

$$q'_в = k'_в \frac{p_в - h}{d_{покр}}(L - x), \quad (6)$$

где $P_в$ – давление воды в вышележащем горизонте.

Рассматриваем приток с полосы шириной 1 м и длиной ($L - x$). Аналогично находим приток через подошву пласта:

$$q'_н = k'_н \frac{p_н - h}{d_{под}}(L - x). \quad (7)$$

Суммируя поток по латерали q_T, через покрышку (6) и подошву (7) пласта, получим общий приток:

$$q = q_T + k'_в \frac{p_в - h}{d_{покр}}(L - x) + k'_н \frac{p_н - h}{d_{под}}(L - x). \quad (8)$$

Вместе с тем по закону Дарси имеем

$$q = wv = (1 * h)\left(k\frac{dh}{dx}\right) = kh\frac{dh}{dx}, \quad (9)$$

где k – коэффициент фильтрации в пласте.

Приравнивая (8) к (9) получим дифференциальное уравнение притока фильтрационных вод в депрессионную воронку месторождения:

$$q_T + k'_в \frac{p_в - h}{d_{покр}}(L - x) + k'_н \frac{p_н - h}{d_{под}}(L - x) = kh\frac{dh}{dx}. \quad (10)$$

Решение $h(x)$ дифференциального уравнения (10) есть депрессионная кривая *a–d* на рис. 4.

На основе уравнений (4), (5) и (10) представляется возможным определить время восстановления динамической воронки на месторождении УВ.

В ОНГКМ разрабатываемая основная газоконденсатная залежь расположена в среднекаменноугольно-нижнепермских отложениях на глубинах 1200–2300 м. Мощность горизонта пластовых вод составляет в среднем 500–700 м при коэффициенте фильтрации вмещающих горных пород $k_{пл}$ = 0.7 м/сут. Горизонт пластовых вод перекрывают галогенные породы кунгурского яруса с коэффициентом фильтрации $k_{вг} = 10^{-7}$ м/сут. Подошва сложена глинистыми известняками московского яруса среднего карбона с таким же коэффициентом фильтрации $k_{нг} = 10^{-7}$ м/сут. За 40 лет разработки в центральной части месторождения пластовое давление снизилось с 20.5 до 7.0 МПа. Переток q через породы покрышки и подошвы из выше- и нижележащих водоносных горизонтов в среднем увеличился до 18 мм/год.

Из уравнений (4) и (5) получим рекуррентное соотношение, позволяющее оценить напор пластовых вод в процессе восстановления давления:

$$h_{2,i} = \frac{h_1^2 - h_{2,i-1}^2}{2L^2} \times k_{пл} + \frac{1}{2}\Delta q + h_{2,i-1}, \quad i = 1,2,..., \quad (11)$$

где $h_{2,i}$ – величина напора пластовых вод после i-го года восстановления; h_1, h_2 – напоры пластовых вод в естественных и техногенно нарушенных условиях (м); L – радиус депрессионной воронки (м), $k_{пл}$ – коэффициент фильтрации вмещающих пород (м/год); Δq – снижение за год величины перетока через породы покрышек в связи с восстановлением давления (м/год).

Для ОНГКМ при h_1 = 2050 м, h_2 = 700 м, L = = 15 000 м за первый год восстановления Δh_2 = = 2.09 м. По формуле (11) численно построена функция пластового давления во времени (рис. 5), согласно которой восстановление давления на 50% с 7 до 15 МПа (h_2 = 1500 м) произойдет приблизительно за 500 лет, на 97% – до 20 МПа (h_2 = = 2000 м) – за 1500 лет. Если активизируются техногенные геодинамические процессы, в результате которых образуются разломы и другие нарушения в галогенной толще кунгура, то процесс восстановления пластового давления существенно ускорится.

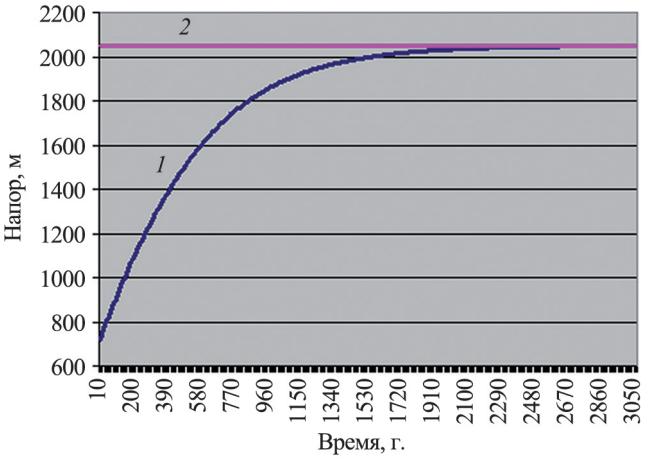


Рис. 5. Прогноз времени восстановления давления пластовых вод в ОНГКМ после прекращения его разработки с 7 МПа до первоначального.

1 – статический уровень пластовых вод, *2* – уровень до разработки.

Fig. 5. The forecast recovery pressure time in the reservoir waters ONGKM after the cessation of its development from 7 MPa to the initial level.

1 – static level of ground vater, *2* – the level before development.

Аналогичные расчеты на Зайкинском месторождении нефти в Бузулукской впадине, разрабатываемом в среднефранско-турнейском комплексе, показывают, что после 20 лет разработки, в случае прекращения добычи УВ, восстановление давления в пластовых водах на 75% с 38 до 45 МПа произойдет приблизительно за 1000 лет, на 85% – до 46 МПа – за 1200 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Всевожский В.А. (1991) Основы гидрогеологии. М.: Изд-во МГУ, 351 с.

Гидрогеология СССР. Т. 43. Оренбургская область. (1972) (Ред. Е.И. Токмачев). М.: Недра, 272 с.

Глянцев А.В. (2009) Изучение взаимодействия водоносных комплексов в нефтедобывающих районах Оренбургской области. *Литосфера*, (3), 80-86.

Григорьева Е.Н., Донецкова А.А., Шевцова А.В. (2002) Минеральные воды Оренбургской области. *Охрана окружающей среды Оренбургской области (информационно-аналитический ежегодник-2001)*. Оренбург: ИПК ОГУ, 184-199.

Дюнин В.И. (2000) Гидрогеодинамика глубоких горизонтов нефтегазоносных бассейнов. М.: Научный мир, 472 с.

Луговая Т.А., Болдырев В.Б. (1994) Отчет Шарлыкской партии о результатах гидрогеологической съемки с геологическим доизучением масштаба 1 : 200 000 территории листа N-39-XXX за 1990–1994 гг. Оренбург, Оренбурггеология. Фонды ОГРЭ, 1034 с.

Малиновская В.И., Трифонова И.А., Савинкова Т.А. (1972) Гидрогеологические условия палеозойских отложений западной части Оренбургской области в связи с перспективами нефтегазоносности (1970–1972 гг.). Геологический отчет, ВНИГНИ, Оренбург, 326 с.

Нестеренко М.Ю. (2012) Геоэкология недр нефтегазоносных районов Южного Предуралья. Екатеринбург: УрО РАН, 135 с.

Нестеренко Ю.М., Глянцев А.В. (2005) О методике определения коэффициента фильтрации пород покрышек месторождений нефти и газа в Южном Предуралье. *Мат-лы Региональной науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов Оренбуржья.* Оренбург: Изд-во ОГУ, 266-267.

Нестеренко Ю.М., Глянцев А.В. (2007) Водоносные комплексы Бузулукской впадины и их взаимодействие. *Нефтепромысловое дело*, (12), 30-33.

Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю., Днистрянский В.И., Глянцев А.В. (2010) Влияние разработки месторождений углеводородов на геодинамику и водные системы Южного Предуралья. *Литосфера*, (4), 28-41.

Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Соколов А.Г. (2015) Геодинамические процессы в разрабатываемых месторождениях углеводородов (на примере Южного Предуралья). Екатеринбург: УрО РАН, 186 с.

Овсянникова И.А. (1993) Сводная легенда Средне-Волжской серии Государственной гидрогеологической карты масштаба 1 : 200 000. Мордовский филиал ФБУ ТФГИ по Приволжскому федеральному округу. Дзержинск.

Пантелеев А.С. (1997) Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. Оренбург: Кн. изд-во, 272 с.

Чугаев Р.Р. (1982) Гидравлика. Л.: Энергоиздат, 672 с.

Southern Pre-Uralian ground water and its hydrodynamic in the hydrocarbon production areas

Yu. M. Nesterenko, M. Yu. Nesterenko

Geoecologic department Orenburg Science Centre UB of RAS

Water pressure system of Southern Pre-Uralian groundwater and man-made changes to it in the areas of hydrocarbon production are considered. The hydrogeological zoning is given and the aquifers complexes based on geological structure of the region are represented. The hydrodynamic connection of aquifers through halogen-sulfate deposits Iren' horizon of Kungurian stage, separating the upper and lower floors of underground water is proved. In the development of and gas fields decreased reservoir pressure and change levels of reservoir water. According to model of reservoir pressure dynamics with time after the cessation of hydrocarbon production, at the Orenburg gas condensate field the influx of water from the surrounding aquifer the recovery pressure to 50% from 7 to 15 MPa occured after about 500 years, and to 97%, to 20 MPa after 1500 years.

Key words: *hydrodynamics, ground-water, Southern Pre-Urals, seismology, anthropogenic influence.*

REFERENCES

Vsevozhskii V.A. (1991) *Osnovy gidrogeologii* [Fundamentals of Hydrogeology]. Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 351 p. (In Russian)

Gidrogeologiya SSSR. V. 43. Orenburgskaya oblast` (1972) (Red. E.I. Tokmachev). [Hydrogeology of the USSR. Vol. 43. Orenburg Region]. Moscow, Nedra Publ., 272 p. (In Russian)

Glyantsev A.V. (2009) Study of the interaction of aquifers

in the oil producing regions of the Orenburg region. *Litosfera*, (3), 80-86. (In Russian)

Grigor`eva E.N., Donetskova A.A., Shevtsova A.V. (2002) *Mineral`nye vody Orenburgskoi oblasti. Okhrana okruzhayushchei sredy Orenburgskoi oblasti (informatsionno-analiticheskii ezhegodnik-2001)* [Mineral waters of Orenburg region (Yearbook 2001)]. Orenburg, IPK OGU Publ., 184-199. (In Russian)

Dyunin V.I. (2000) *Gidrogeodinamika glubokikh gorizontov neftegazonosnykh basseinov* [Hydrogeodynamics of deep horizons of oil and gas basins]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 472 p. (In Russian)

Lugovaya T.A., Boldyrev V.B. (1994) *Otchet Sharlykskoi partii o rezul`tatakh gidrogeologicheskoi s``emki s geologicheskim doizucheniem masshtaba 1 : 200 000 territorii lista N-39-XXX za 1990–1994 gg.* [Report of the Sharlik Party on the results of the hydrogeological survey of the page N-39-XXX for 1990–1994]. Orenburg, Geolfondy. OGRE, 1034 p. (In Russian unpublished)

Malinovskaya V.I., Trifonova I.A., Savinkova T.A. (1972) *Gidrogeologicheskie usloviya paleozoiskikh otlozhenii zapadnoi chasti Orenburgskoi oblasti v svyazi s perspektivami neftegazonosnosti (1970–1972 gg.)* [Hydrogeological conditions of Paleozoic deposits in the western part of the Orenburg region in connection with the prospects of oil and gas bearing (1970–1972)]. Orenburg, Geological report, VNIGNI, 326 p. (In Russian unpublished).

Nesterenko M.Yu. (2012) *Geoekologiya nedr neftegazonosnykh raionov Yuzhnogo Predural`ya* [Geoecology of the bowels of oil and gas bearing areas of the Southern Urals]. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 135 p. (In Russian)

Nesterenko Yu.M., Glyantsev A.V. (2005) On the methodology for determining the coefficient of the filtration of the rocks of the oil and gas fields in the South Urals Region. *Materialy Regional`noi nauchno-prakticheskoi konf. molodykh uchenykh i spetsialistov Orenburzh`ya* [Proc. Regional scientific and practical. Conf. Young scientists and specialists of the Orenburg region]. Orenburg, Orenburg, St. Univ. Publ., 266-267. (In Russian)

Nesterenko Yu.M., Glyantsev A.V. (2007) Aquiferous complexes of the Buzuluk depression and their interaction. *Neftepromyslovoe delo*, (12), 30-33. (In Russian)

Nesterenko Yu.M., Nesterenko M.Yu., Dnistryanskii V.I., Glyantsev A.V. (2010) Influence of development of hydrocarbon fields on geodynamics and water systems of the Southern Urals. *Litosfera*, (4), 28-41. (In Russian)

Nesterenko M.Yu., Nesterenko Yu.M., Sokolov A.G. (2015) *Geodinamicheskie protsessy v razrabatyvaemykh mestorozhdeniyakh uglevodorodov (na primere Yuzhnogo Predural`ya)* [Geodynamic processes in hydrocarbon fields under development (for example, Southern Pre-Urals)]. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 186 p. (In Russian)

Ovsyannikova I.A. (1993) *Svodnaya legenda Sredne-Volzhskoi serii Gosudarstvennoi gidrogeologicheskoi karty masshtaba 1 : 200 000* [Consolidated legend of the Middle Volga series of the State Hydrogeological Map of the scale 1 : 200 000]. Dzerzhinsk. (In Russian)

Panteleev A.S. (1997) *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost` Orenburgskoi oblasti* [Geological structure and oil and gas potential of the Orenburg region]. Orenburg, Book. Publishing house, 272 p. (In Russian)

Chugaev R.R. (1982) *Gidravlika* [Hydraulics]. Leningrad, Energoizdat Publ., 672 p. (In Russian)