

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОРЕНБУРГСКОГО НГКМ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Е.Е. Захарова  
ООО «ВолгоУралНИПИГаз», e-mail: gidrogeolog@vunipigaz.ru

В геологическом разрезе Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) принимают участие (сверху вниз) терригенные верхнепермско-четвертичные отложения, соленосные кунгурские породы и карбонатные каменноугольно-нижнепермские отложения. Газоконденсатная залежь находится в известняках подсолевого комплекса на глубине 1300–1800 м, имеет размеры 125×25 км, толщину до 520 м, подстилается мощной (1000–1500 м) водонапорной системой. Покрышкой залежи служат соленосные породы кунгура. Местами в них содержатся рассолы (рапа), обладающие высокими концентрациями ряда микроэлементов, пригодными для промышленного извлечения. Пластовые воды водонапорной системы ОНГКМ характеризуются повышенными содержаниями йода и брома, указывающими на возможность организации йодо-бромного производства. В связи с этим представляет интерес рассмотрение перспектив использования подземных вод ОНГКМ в качестве источника гидроминерального сырья.

Приняты следующие предельно-минимальные значения концентраций ценных компонентов в воде для их промышленного извлечения: йода 18 мг/дм<sup>3</sup> (йодные воды); брома 250 мг/дм<sup>3</sup> (бромные воды); при извлечении йода и брома (йодо-бромные воды) йода не менее 10 мг/дм<sup>3</sup>, а брома не менее 200 мг/дм<sup>3</sup>; калия 1000 мг/дм<sup>3</sup>; бора 300 мг/дм<sup>3</sup>; стронция 200 мг/дм<sup>3</sup>; лития 10 мг/дм<sup>3</sup>; рубидия 3 мг/дм<sup>3</sup>; цезия 0,6 мг/дм<sup>3</sup> [1].

В районе ОНГКМ рассолы в соленосных отложениях кунгурского яруса нижней перми залегают в виде отдельных изолированных линз. Они были обнаружены на семи участках (рис. 1). Два из них находятся севернее контура ОНГКМ, в районе Оренбургского газоперерабатывающего завода (ОГПЗ) и Нежинского структурного поднятия. Остальные участки рапопроявлений выявлены в пределах западной половины месторождения (западный, северо-западный, северный, южный участки) и на юге центральной зоны ОНГКМ (юго-восточный участок). Рапоносные пласты залегают на глубине 425–1301 м. От кровли кунгурских соленосных пород они находятся в 22–558 м и приурочены, как правило, к трещиноватым ангидритам, залегающим в виде серии слоев в толще каменной соли. Рассолы самоизливающиеся, статические давления на устьях скважин при их изливе составляют от 0,8 до 6,0 МПа. На участке ОГПЗ давления равняются 3,0–6,0 МПа; на за-

падном участке ОНГКМ – 1,2–4,0 МПа; на северо-западном – 1,5–6,0 МПа; на южном – 2,5–5,7 МПа; на северном – 0,8–1,5 МПа. Пластовые давления рассолов составляют 8,3–18,8 МПа. Наиболее высокие их значения (16,1–18,8 МПа) отмечаются на участке ГПЗ, где линзы рассола имеют значительную глубину залегания (1020–1079 м) и большие устьевые давления (3,0–6,0 МПа). Самые низкие пластовые давления (8,3–9,8 МПа) наблюдаются на северном участке ОНГКМ, характеризующемся наименьшей глубиной залегания рассолов (425–689 м) и пониженными устьевыми давлениями (0,8–1,5 МПа). На остальных участках, где рассолы развиты на глубине 800–900 м, пластовые давления составляют 12,0–15,0 МПа при устьевых давлениях 1,2–6,0 МПа.

Кунгурские рассолы обладают специфическим химическим составом. Их плотность 1,194–1,280 г/см<sup>3</sup>, преобладают значения 1,231–1,247 г/см<sup>3</sup> (в среднем 1,240 г/см<sup>3</sup>). Общая минерализация рассолов достигает 308–365 г/дм<sup>3</sup>, рН 4,5–6,0. По классификации В.А. Сулина рассолы относятся к хлормагниевому типу. В их ионном составе среди анионов доминирует хлор, среди катионов – магний, реже натрий. Содержание иона кальция низкое. Концентрации таких микроэлементов, как калий, бром, бор, – высокие. Они составляют соответственно: 13125–41923 мг/дм<sup>3</sup> (6,6–17,4 %-экв от суммы катионов), 985–5333 мг/дм<sup>3</sup> (0,16–1,0%-экв от суммы анионов) и 218–1219 мг/дм<sup>3</sup> (в среднем около 500 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание йода в рассолах не очень высокое: 2,54–20,7 мг/дм<sup>3</sup> (преобладают значения 11–16 мг/дм<sup>3</sup>). Другие микроэлементы, по результатам единичных определений, содержатся в следующем количестве: литий 107–358 мг/дм<sup>3</sup>; стронций 10,2–12,9 мг/дм<sup>3</sup>; медь 0,06–0,24 мг/дм<sup>3</sup>; никель 0,045–0,3 мг/дм<sup>3</sup>; кобальт 0,01–0,1 мг/дм<sup>3</sup>; марганец 0,075–0,3 мг/дм<sup>3</sup>; цинк 0,02 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание водорастворенного сероводорода в рассолах составляет 11,0–59,5 мг/дм<sup>3</sup>. Газосодержание и состав газа, растворенного в рассолах, изучены слабо (по двум глубинным и пяти устьевым пробам). Газовый фактор составил 202–350 см<sup>3</sup>/дм<sup>3</sup>. Состав газа – азотно-метановый с самыми разнообразными соотношениями между этими компонентами.

Гидродинамические параметры рассолоносных пластов следующие. Дебиты рассолов при самоизливе из скважин колеблются в широких диапазонах (от 10 до 10000 м<sup>3</sup>/сут), как в пределах каждого участка, так и в целом по территории. В большинстве случаев преобладают дебиты 100–1000 м<sup>3</sup>/сут. Какой-либо зависимости величины дебита рассола от глубины залегания линзы, от устьевого или пластового давлений, от места положения – не выявлено. Так, на участке ГПЗ дебиты рассолов по скважинам менялись от 36 до 10000 м<sup>3</sup>/сут; на западном участке ОНГКМ – от 150 до 4320 м<sup>3</sup>/сут; на северо-западном – от 30

до 7200 м<sup>3</sup>/сут; на северном – от 120 до 3360 м<sup>3</sup>/сут; на юго-восточном – от 480 до 7200 м<sup>3</sup>/сут; на южном – от 10 до 10000 м<sup>3</sup>/сут.

Для определения продуктивности рапоносных пластов и оценки запасов отдельных линз проведены гидродинамические исследования скважины 402 (южный участок ОНГКМ) и скважины Г-1 (участок ОГПЗ). Мощность работающих пластов в этих скважинах достигала соответственно 8 и 10 м. В скважине 402 при депрессиях 0,46–0,87–1,18 МПа получены дебиты рассола соответственно 165–288–413 м<sup>3</sup>/сут, коэффициент продуктивности в среднем составил 347 м<sup>3</sup>/сут/МПа. В скважине Г-1 при депрессиях 0,28–1,04–1,79–2,54–2,66 МПа дебиты рассола равнялись 78–284–488–691–722 м<sup>3</sup>/сут, средний коэффициент продуктивности составил 273 м<sup>3</sup>/сут/МПа. Пластовая температура рассола в скважине Г-1 на глубине 1020 м равна 25 °С. Запасы рассола подсчитаны по методу падения пластового давления. В линзе, вскрытой скважиной 402, они составляют 1 млн м<sup>3</sup>, на участке скважины Г-1 – 7 млн м<sup>3</sup>.

Таким образом, кунгурские рассолы на ОНГКМ, характеризующиеся высоким содержанием брома, калия, магния, бора, а также приемлемыми концентрациями йода, как источник гидроминерального сырья бесперспективны вследствие ограниченности распространения и небольших запасов в линзах. При этом конфигурация последних весьма прихотлива, что делает сложным их обнаружение. Дебиты скважин в пределах одной и той же линзы непостоянны и сильно отличаются друг от друга. Кроме того, в процессе эксплуатации фонтанным способом дебиты рассола быстро снижаются, а в стволах скважин отлагаются выпавшие соли. В результате фонтанирование рассолов полностью прекращается и скважины зарастают солями.

Водонапорная система, развитая ниже газоконденсатной залежи ОНГКМ, охватывает карбонатные отложения нижней перми и карбона до подстилающих терригенных экранирующих пород ордовика. Газожидкостной контакт (ГЖК) до начала разработки залежи находился на абсолютной отметке минус 1750 м, первоначальное пластовое давление на этой отметке составляло 20,6 МПа, пластовая температура 32 °С. Водонапорная система ОНГКМ опробована скважинами по всей мощности, в интервале глубин от 1820 до 3360 м, в различных стратиграфических горизонтах. Установлено, что пластовые воды всех отложений водонапорной системы имеют практически однородный состав. Плотность вод 1,16–1,18 г/см<sup>3</sup>, общая минерализация 240–280 г/дм<sup>3</sup>. В ионном составе преобладают хлор и натрий, содержание калия составляет 1400–2000 мг/дм<sup>3</sup>, кальция больше, чем магния. По классификации В.А. Сулина воды относятся к хлоркальциевому типу. Со-

держание микроэлементов составляет: йода 10-25 мг/дм<sup>3</sup>, брома 345-990 мг/дм<sup>3</sup>, лития 13-43 мг/дм<sup>3</sup>, стронция 216-308 мг/дм<sup>3</sup>. Газонасыщенность пластовых вод 1100-4000 см<sup>3</sup>/дм<sup>3</sup>. Водорастворенный газ состоит из углеводородов (22-46%), азота (0,5-10%), двуокиси углерода (25-50%), сероводорода (21-54%).

Обводненность пород водонапорной системы неравномерная. Отложения от артинского яруса нижней перми до московского яруса среднего карбона в основном характеризуются невысокими дебитами воды, составляющими от 0,2 до 10 м<sup>3</sup>/сут. Кое-где встречаются более обводненные зоны, где водопритоки в скважинах составляют 50-140 и даже 345-864 м<sup>3</sup>/сут. Нижележащие визейско-башкирские отложения обладают большей водоносностью: при испытаниях башкирского и серпуховского ярусов дебиты воды составляли 1,7-110 м<sup>3</sup>/сут, из окских пород визейского яруса водопритоки равнялись 60-360 м<sup>3</sup>/сут. При компрессировании скважин с длиной открытого ствола 173-646 м дебиты воды составляли 360-864 м<sup>3</sup>/сут, а после соляно-кислотных обработок увеличивались до 588-1382 м<sup>3</sup>/сут.

Газоконденсатная залежь и водонапорная система ОНГКМ гидродинамически взаимосвязаны, поэтому разработка залежи с самого начала (1974 г.) до настоящего времени сопровождается активным обводнением. Эксплуатационные газовые скважины имеют глубину 1800 м, их забои находятся в нескольких десятках метров от ГЖК. Вначале происходит конусообразное подтягивание подошвенной воды к забоям скважин по трещинам. Вода потоком газа полностью не выносится из скважины и постепенно накапливается в стволе, препятствуя поступлению газа. Со временем скважина становится полностью обводненной и газа уже не дает. После этого наступает стадия горизонтального перемещения воды по трещинам с попаданием ее в другие скважины, в которых могло и не быть начальной (конусообразной) стадии обводнения. Таким образом, на ОНГКМ образуются прихотливые формы обводнения, характеризующиеся мозаично-бессистемным распространением как по площади, так и по разрезу.

К настоящему времени, когда из залежи ОНГКМ отобрано около 70% запасов газа, процессом обводнения охвачены зоны всех установок комплексной подготовки газа (УКПГ) и свыше 30% скважин, когда-либо бывших в эксплуатации (рис. 2). Наиболее обводненной является центральная часть залежи, охватывающая зоны УКПГ, в числе первых введенных в эксплуатацию (1, 2, 3, 6, 7, 8, 12). По разрезу в большей степени обводнены нижняя и средняя части залежи, приуроченные, соответственно, к отложениям карбона (III геологический объект) и ассельского яруса нижней перми (II объект). Очень мало

затронуты обводнением восточная и западная части ОНГКМ (УКПГ – 9, 10, 14, 15), которые были введены в разработку значительно позднее, и верхняя часть залежи – сакмаро-артинские отложения (I объект). Таким образом, налицо уменьшение обводнения залежи снизу вверх по разрезу, а по площади – от центральной части к периферийным зонам. В последние годы на ОНГКМ попутно с газом в среднем добывается 2400 м<sup>3</sup>/сут (или около 1 млн м<sup>3</sup> в год) пластовой воды. Всего же в залежи по расчету, основанному на снижении пластового давления в водонапорной системе, находится порядка 100 млн м<sup>3</sup> пластовой воды. Вместе с газом отбирается небольшая ее часть, а основной объем поступившей воды остается в залежи. Ряд обводненных простаивающих скважин можно запустить в работу, добывая из них одновременно и газ и воду. Пластовая вода будет продолжать поступать в залежь, и резервы ее огромны. Запасы воды в той части водонапорной системы, которая в настоящее время затронута дренирующим влиянием отбора газа из залежи, оцениваются в более чем 845 млн м<sup>3</sup>. По мере расширения депрессионной воронки в водонапорной системе будут задействованы значительно большие запасы воды.

На основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что пластовые воды водонапорной системы ОНГКМ могут служить источником йодо-бромного гидроминерального сырья. Самым простым вариантом их использования является бурение скважин глубиной 2300–2700 м на наиболее водообильные визейско-башкирские карбонатные отложения, дебит воды из которых ожидается в объеме 500–1000 м<sup>3</sup>/сут на скважину. Преимуществом данного варианта, помимо получения значительных дебитов воды, является ее наилучшее качество, так как будет добываться исключительно пластовая вода, не разбавленная техническими жидкостями. Однако с экономической точки зрения этот вариант признан наиболее дорогостоящим, поскольку требует бурения значительного количества новых довольно глубоких скважин (стоимость строительства одной скважины составляет сотни миллионов рублей).

Второй вариант заключается в добыче пластовой воды, вошедшей в залежь и отбирающейся эксплуатационными газовыми скважинами. Вместе с тем того количества попутной воды, которое в настоящее время добывается на ОНГКМ вместе с газом, недостаточно для рентабельного использования в качестве гидроминерального сырья. Поэтому необходимо интенсифицировать добычу воды, для чего следует запустить в работу наиболее обводненные и по этой причине выведенные из эксплуатации газовые скважины. Для совместной добычи пластовой воды и газа потребуется их оборудование глубинными насосами. В экономическом отношении данный вариант более привлекателен (не требует

затрат на бурение новых скважин), однако в технологическом плане он уступает первому по качеству и количеству воды. Добываемая попутная вода будет разбавлена техническими жидкостями, применяемыми при добыче газа, ухудшающими качество природной пластовой воды. Дебиты воды в обводненных скважинах могут быть приняты максимум в 50–100 м<sup>3</sup>/сут на одну скважину, что на порядок ниже, чем в первом варианте.

Весьма положительным моментом для обоих вариантов является то, что на ОНГКМ имеется хороший поглощающий горизонт. На этот горизонт создана целая сеть поглощающих скважин, через которые осуществляется закачка добываемых попутных вод. Следовательно, при использовании пластовых вод в качестве гидроминерального сырья для промышленного извлечения йода и брома проблемы утилизации отработанных вод не возникнет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Бондаренко С.С., Куликов Г.В.* Подземные промышленные воды. М.: Недра, 1984. 358 с.

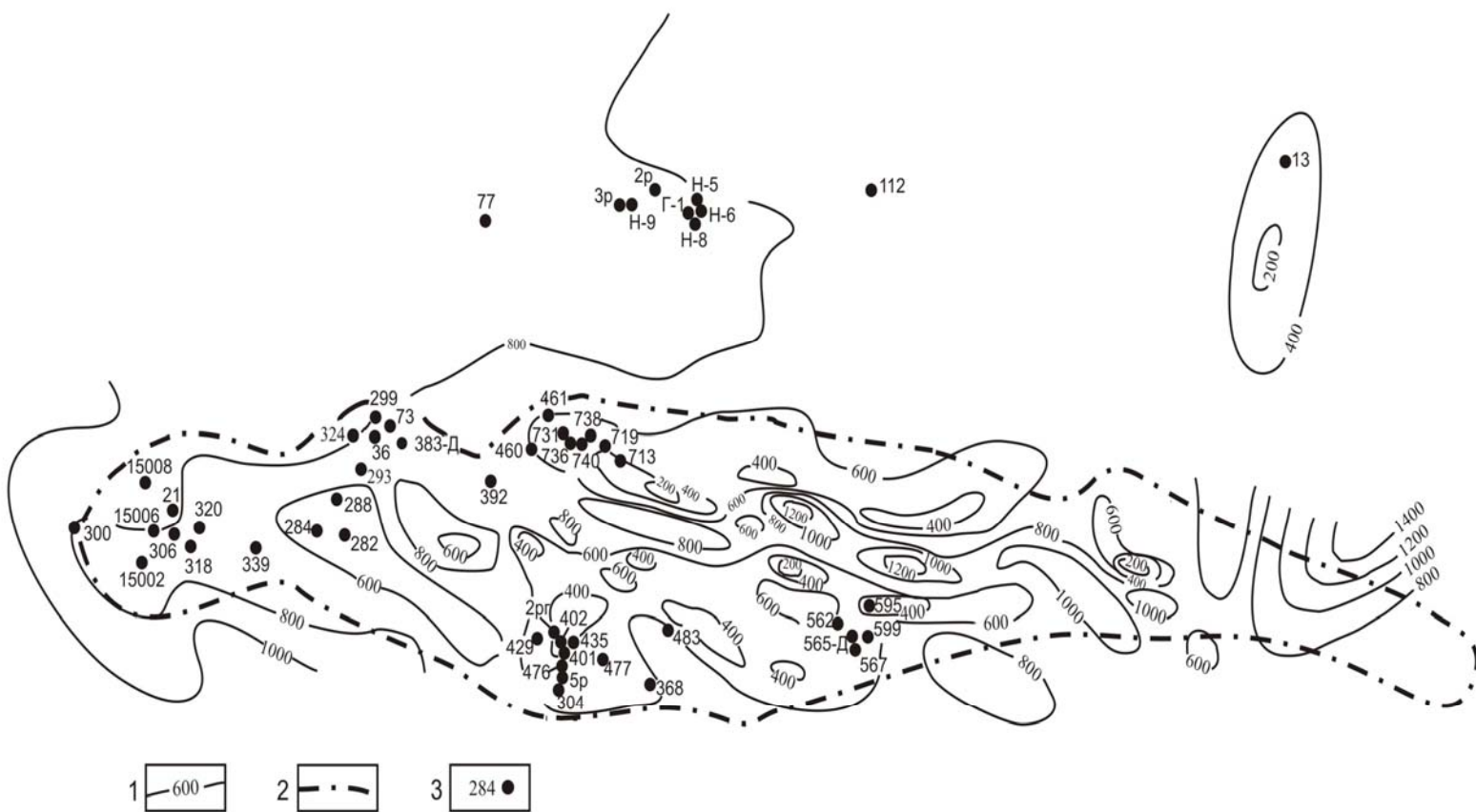


Рис. 1. Схема распространения рассолов в кунгурском ярусе на Оренбургском НГКМ  
 1 – изолинии глубин залегания кровли кунгурского яруса от поверхности земли, м;  
 2 – контур газоносности ОНГКМ; 3 – скважины, вскрывшие рассолы в кунгурских отложениях нижней перми

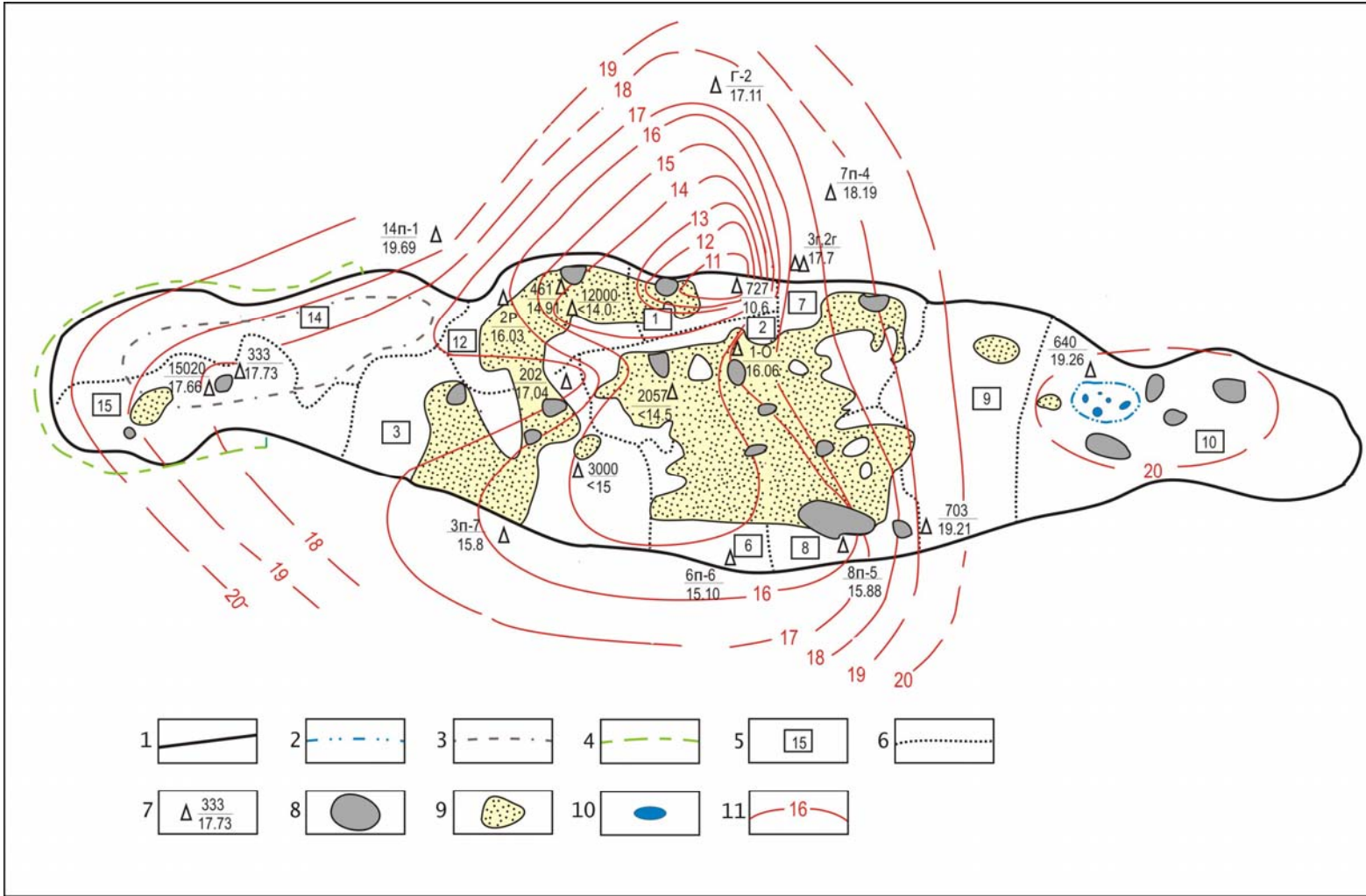


Рис. 2. Схема обводнения и развития депрессионной воронки Оренбургского НГКМ  
 Контуры ВНК: 1 – основной газоконденсатной залежи ОНГКМ; 2 – ассельской газонефтяной залежи; 3 – среднекаменноугольной газонефтяной залежи; 4 – филипповской нефтяной оторочки; 5 – номера УКПГ; 6 – границы зон УКПГ; 7 – пьезометрическая скважина: сверху - номер, внизу - пластовое давление, приведенное к абс. отм. ГЖК (-1750 м), МПа. Зоны обводнения: 8 – первого объекта основной залежи ОНГКМ; 9 – второго объекта основной залежи ОНГКМ; 10 – ассельской газонефтяной залежи; 11 – изобары в водонапорной системе, МПа