

Опыт применения индикаторных исследований по изучению гидродинамической связи между сакмарскими и верхнепермскими отложениями Ашальчинского месторождения сверхвязких нефтей

В процессе разработки месторождения установлен факт роста общей минерализации и содержания сульфатов в пресных водах верхнепермских отложений. С целью изучения возможности восходящих перетоков и выяснения источника сульфатов запущен химический люминесцентный индикатор в сакмарский интервал осадочной толщи. Наблюдение за движением индикатора осуществлено по родникам, водозаборным и экологическим скважинам, дренирующим водоносные комплексы казанских отложений, добывающим скважинам и в русле р. Шешма. Индикатор уверенно зафиксирован во всех объектах наблюдения. Следовательно, на территории Ашальчинского месторождения сверхвязких нефтей отложения сакмарско-казанского интервала осадочной толщи имеют между собой гидродинамическую связь. Восходящим перетокам пластовых флюидов способствует напорный режим водоносных комплексов сакмарских отложений, зоны и каналы повышенной трещиноватости верхнепермских отложений, детально изученных и закартированных авторами на исследуемой территории.

Ключевые слова: гидрохимия, индикаторы, трещиноватость, эрозия, геодинамика, гидродинамическая связь.

Производственно-экологический контроль текущего состояния водных объектов на территории Ашальчинского месторождения сверхвязких нефтей (СВН) показал, что в процессе его разработки такие гидрохимические показатели, как общая минерализация и содержание сульфатов в составе пресных подземных вод уфимских и казанских отложений, увеличиваются. В интервале свободного водообмена осадочной толщи палеозоя сульфатные воды смешанного типа приурочены, в основном, к сакмарским отложениям, сложенным карбонатно-сульфатными породами. К тому же, по условиям залегания и типу циркуляции водоносные комплексы сакмарского яруса являются напорными (Хисамов и др., 2009).

В связи с данными обстоятельствами было принято решение изучить возможность восходящих перетоков из нижних интервалов пермской системы методом индикаторных исследований. Для этого скважина № 15180, пробуренная ранее как оценочная до шешминского горизонта, была углублена до средней части интервала сакмарских отложений и перфорирована на глубине 153,4-158,4 м. В этот интервал производилась закачка химического индикатора эозина. Объектами наблюдения по обнаружению индикатора в пробах воды были определены:

- добывающие сверхвязкую нефть скважины №№ 15068, 15090;
- эколого-гидрогеологические скважины №№ 15251, 15252, 15257;
- водозаборные скважины №№ 1, 2, 9;
- родники №№ 3, 4, 5, 7;
- русло р. Шешма в контуре Ашальчинского месторождения СВН.

Анализ отобранных проб проводился на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ – 02-2М», спектральный диапазон оптического излучения которого в режиме регистрации люминесценции составляет 250-650 нм. Аппарат способен регистрировать наличие химических индикаторов-красителей в жидкой среде с концентрацией не ниже 10^{-6} г/л.

Ранее здесь было проведено ландшафтно-индикационное и структурное дешифрирование крупномасштабных аэрофотоснимков и топографических карт с целью изучения динамики современной активности экзогенных процессов на территории Ашальчинского месторождения СВН. 22.05.2014 г. проводилось морфоструктурное обследование территории месторождения, краткое описание результатов приведено ниже.

Поверхность месторождения дренируют три взаимопараллельные овражно-балочные системы субмеридиональной и северо-восточной ориентаций, которые являются оперяющими долину р. Шешма эрозионными врезами плейстоценового возраста. В долинах данных систем постоянного водотока нет, эрозионную деятельность осуществляют воды весеннего снеготаяния и сезонных дождей (Рис. 1).

В настоящее время долина плейстоценовой балки «Коры-Каменка» активизирована вторичными донными врезами временных водных потоков. Величина вторичного врезания местами достигает до 1,5 м относительно тальвега балки. Отметка тальвега балки в верховьях составляет порядка 115 м, в низовьях (базисом эрозии является меженьный уровень р. Шешма) – около 71 м, т. е. амплитуда высот равна 44 м. Следовательно, процесс выработки продольного профиля равновесия данной эрозионной формы далек от завершения. При наличии постоянного водотока на дне и, как следствие, постоянной донной эрозии балка довольно быстро повторно перешла бы в стадию оврага, активно дренирующего коренные верхнепермские породы. Имея даже временный характер донной эрозии в тальвеге повсеместно вскрыты карбонатные породы верхне- и нижнеказанских отложений.

В средней части долины, в районе скважин №№ 15116, 15119 параллельно с донным врезанием идут процессы боковой эрозии с образованием крутых обвально-осыпных склонов.

Известно, что овражно-балочные и флювиальные сис-



Рис. 1. Фрагмент овражно-балочной системы «Коры Каменка» (фото Мингазова М.Н.).

темы индицируют ослабленные (трещиноватые) зоны осадочной толщи, т. к. текучая вода закладывает свое русло по направлениям наименьшего сопротивления гравитационным силам. Трещиноватость пород закладывается в соответствии с благоприятными для этого тектоническими условиями. Со стороны дневной поверхности в пределах этой же зоны начинаются процессы деструкции уже благодаря экзогенным процессам. Овражная система «Коры Каменка» полностью соответствует данным обстоятельствам. Поэтому, в случае увеличения техногенной нагрузки на недра в процессе разработки битумных залежей вероятность прорыва теплоносителя по данной ослабленной зоне остается весьма большой.

Описанные опасения подтверждаются результатами изучения трещиноватости верхнепермских отложений на основе дешифрирования крупномасштабных аэрофотос-

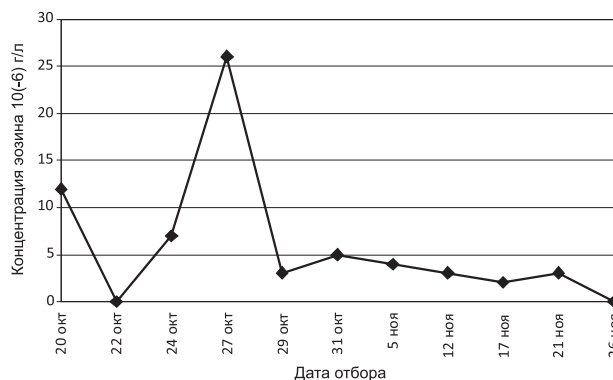


Рис. 3. Динамика концентрации озона в пробах воды водозаборной скважины № 2.

нимков и топокарт района (Рис. 2). Детальному и достоверному изучению трещиноватости битумовмещающих отложений способствует и то, что эти породы для данной территории являются коренными (выходят на дневную поверхность или залегают в приповерхностных интервалах), т.е. признаки их неоднородности объективно фиксируются на материалах дистанционного зондирования или крупномасштабных топокартах.

После закачки индикатора в интервал сакмарских отложений (15.10.2014 г.) был продолжен отбор проб из объектов наблюдения. В статье нет возможности расписать анализ движения индикатора по всем водопунктам и привести графики по ним. Поэтому, приведем результаты анализа на примере одного водопункта из групп «добывающие скважины», «эколого-гидрогеологические скважины», «родники», «водозаборные скважины» и по руслу р. Шешма.

В водозаборной скважине № 2 (западная окраина д. Нижнее Абдулово) озон впервые был обнаружен 20.10.2014 с концентрацией $12 \cdot 10^{-6}$ г/л. (Рис. 3). 27.10.2014 индикатор проявился максимальной концентрацией за весь период наблюдений ($26 \cdot 10^{-6}$ г/л). В последующих пробах содержание индикатора не внушает опасений относительно объективности опыта, его концентрация не опускается ниже $3 \cdot 10^{-6}$ г/л.

В роднике № 4 озон был обнаружен 20.10.2014 и с максимальной концентрацией за весь период наблюдения ($36 \cdot 10^{-6}$ г/л) (Рис. 4). В последующее время его концентрация в пробах была на пределе обнаружения, но 27.10.2014 наблюдался следующий пик концентрации озона в воде родника с величиной $19 \cdot 10^{-6}$ г/л.

Родник № 4 находится на левом берегу р. Шешма, абсолютная отметка его выхода около 72 метров. В процессе полевых работ было обнаружено, что

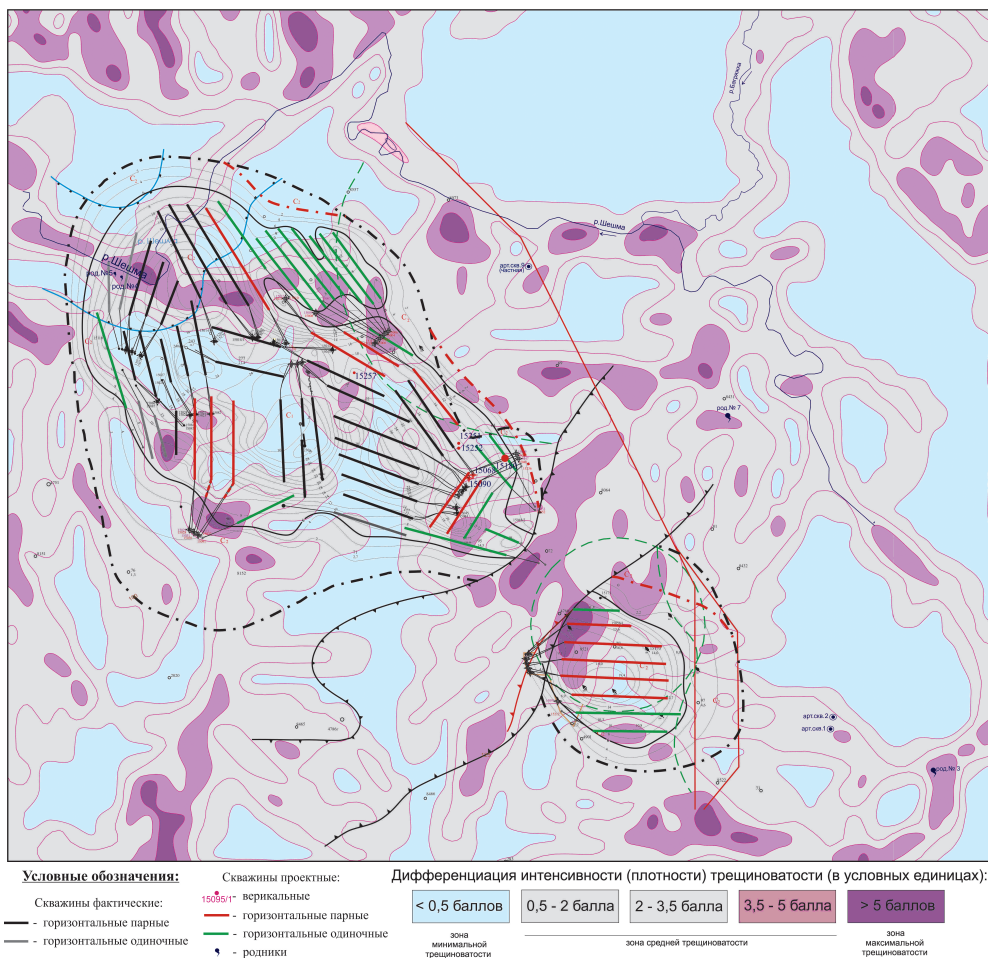


Рис.2. Схема трещиноватости верхнепермских отложений Аишальчинского месторождения СВН.

здесь (в створе данного родника) обнажаются плотные литифицированные песчаники в виде вертикальной стены склона р. Шешма (Рис. 5). Видимая толщина обнажения около 3,5 м, сверху они засыпаны делювиальными суглинками, внизу уходят под пойменные отложения. Отметка уреза воды р. Шешма на данном створе около 69,7 м.

На основании этого (низкие абсолютные отметки и литология) предполагаем, что родник № 4 разгружается из уфимских отложений. К тому же, по данным Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ известно, что в данном районе (овраг ручья Сульча в д. Карамышево Черемшанского района РТ, в 4 км западнее родника № 4) имеет место классическое обнажение уфимских отложений (Рис. 6). Здесь донная эрозия ручья Сульча вскрыла песчаники уфимского яруса (абсолютная отметка уреза воды около 90 м). С учетом того, что, во-первых, р. Сульча всего лишь приток 3-порядка Шешмы, а не основная река данной эрозионно-флювиальной системы; во-вторых, абсолютная отметка уреза Сульчи здесь порядка 90 м, уреза Шешмы в районе родника № 4 – 69,7 м, достаточно обоснованно можно приурочить родник № 4 к уфимским отложениям. Если данное предположение верно, значит, в описываемом районе р. Шешма вскрыла уфимские отложения и размывла слой регионально водоупорных лингуловых глин, а водоупором русла являются не литифицированные и рыхлые глинистые отложения, т.е. русловые глины.

В последующем, с увеличением интенсивности парогравитационного дренажа уфимских (шешминских) песчаников в процессе разработки северной залежи Ашальчинского месторождения СВН родник № 4 может стать каналом грифонообразования и прорыва в Шешму пластовых флюидов и уфимских, и сакмарских отложений (аналогично Мордово-Кармалскому месторождению сверхвязких нефтей).

Данный вывод, сделанный с целью установления объективной картины, предлагаем привлечь для последующего детального изучения этого вопроса литологов и стратиграфов.

Индикаторные исследования показали, что связь между сакмарскими отложениями и дневной поверхностью имеется; тем более, что водоносные комплексы сакмарского яруса напорные, достаточные для естественного излияния на поверхность.

В русле р. Шешма (на створе у родника № 4) эозин был обнаружен 20.10.2014 г. с максимальной его концентрацией за весь период наблюдений ($38 \cdot 10^{-6}$ г/л) (Рис. 7). В последующие дни его содержание в отобранных пробах тоже

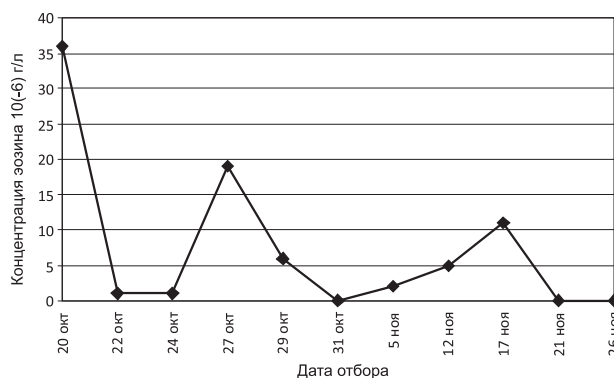


Рис. 4. Динамика концентрации эозина в пробах воды родника № 4.



Рис. 5. Обнажение уфимских пород на левом склоне р. Шешма в пределах Ашальчинского месторождения сверхвязких нефтей (фото Мингазова М. Н.).

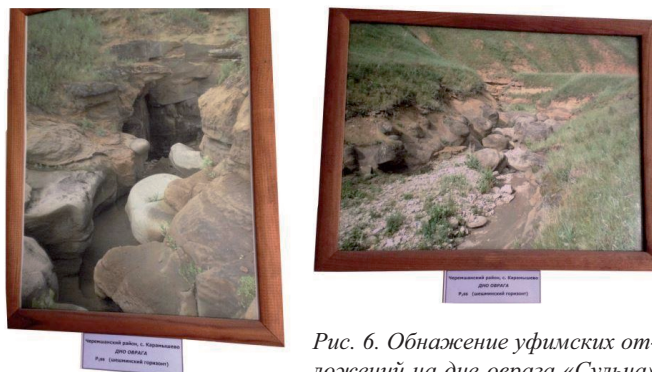


Рис. 6. Обнажение уфимских отложений на дне оврага «Сульча» в д. Карамышево Черемшанского района РТ (из фондов Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ).

достаточно большое (до $13 \cdot 10^{-6}$ г/л). Но первое его проявление обозначилось хорошо, что позволяет уверенно констатировать его появление в русле реки.

В эколого-гидрогеологической скважине № 15257 индикатор проявился также достаточно хорошо (Рис. 8). Максимальная концентрация его составила $131 \cdot 10^{-6}$ г/л. Большая концентрация эозина в пробах воды скважины № 15257 объясняется ее значительной близостью к скважине № 15180, нежели другие объекты наблюдения.

В добывающей скважине № 15090 эозин был обнаружен также с большой концентрацией (Рис. 9), что объясняется ее близостью к скважине № 15180 и по латерали (около 300 м), и по разрезу (уфимские отложения). Максимальное содержание индикатора в скважине № 15090 составило $89 \cdot 10^{-6}$ г/л.

По другим вышеупомянутым пунктам наблюдения индикатор также был обнаружен с достаточной концентрацией для уверенной констатации данного факта.

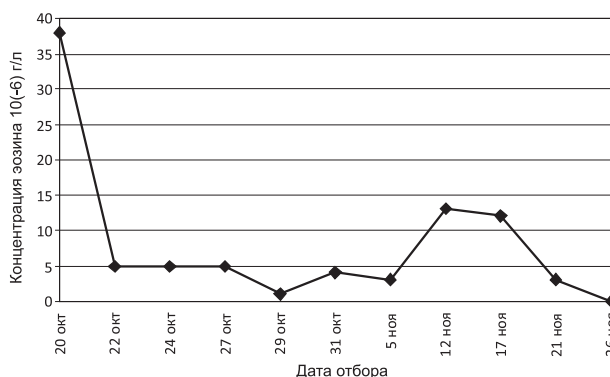


Рис. 7. Динамика концентрации эозина в пробах воды р. Шешма.

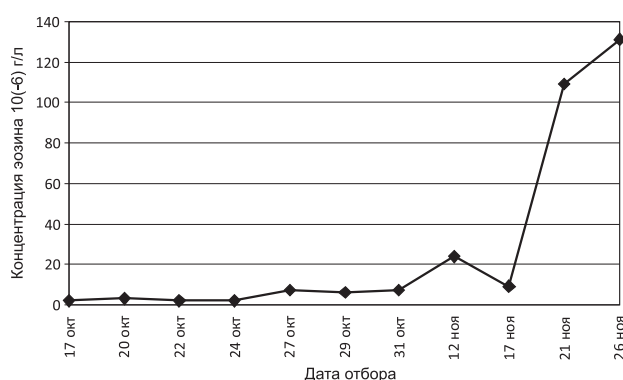


Рис. 8. Динамика концентрации эозина в пробах воды эколого-гидрогеологической скважины № 15257.

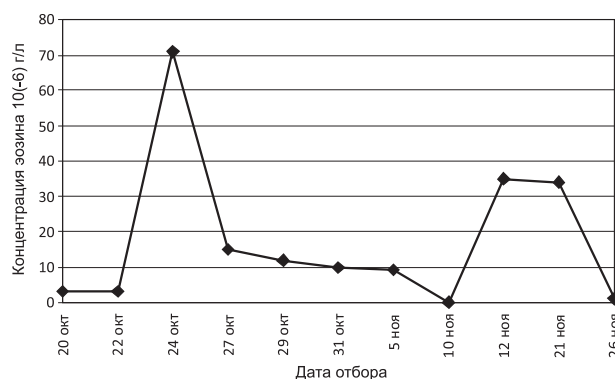


Рис. 9. Динамика концентрации эозина в пробах воды добывающей скважины № 15090.

Вышеописанные факты показывают, что в пределах сакмарского и верхнепермского разделов осадочной толщи Ашалчинского месторождения сверхвязких нефтей складываются благоприятные структурные (региональный уклон верхнепермских отложений от точки закачки до точек наблюдения), гидродинамические (напорный режим водоносных комплексов сакмарских отложений) и кине-

матические (интенсивность трещиноватости верхнепермских пород) условия для движения пластовых флюидов в различных направлениях и с различными скоростями в зависимости от геологического строения залежи.

Таким образом, проведенные в рамках данной работы индикаторные исследования показали, что отложения сакмарско-казанского интервала осадочной толщи имеют между собой гидродинамическую связь, т. к. закаченный в раздел сакмарского яруса индикатор был уверенно обнаружен во всех наблюдаемых водопунках.

Особое внимание следует уделить долине р. Шешма в районе родника № 4, т. к. здесь, возможно, донной эрозией реки вскрыты уфимские отложения. Для детального изучения данного вопроса необходимо привлечь соответствующих специалистов для стратиграфической привязки плотных и литифицированных песчаников обнажения левого склона р. Шешма.

Литература

Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Ибрагимов Р.Л., Покровский В.А. Гидрогеологические условия нефтяных месторождений Татарстана. Казань: «Фэн». 2009. 254 с.

Сведения об авторах

Минтахир Нургатович Мингазов – канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник

Алия Аксяновна Стриженок – канд. геол.-мин. наук, заведующий сектором

Антон Геннадьевич Камышников – инженер

Рамиль Рафгатович Фатхуллин – инженер

Равиль Ирекович Шакиров – инженер

Отдел экологической безопасности при разработке нефтяных месторождений, Институт «ТатНИПИнефть»
ОАО «Татнефть»

423230, Бугульма, ул. М. Джалиля, 32.

Тел: 8 (85594) 789-50

Experience on applying indicative studies for hydrodynamic relations between Sakmarian and Upper Permian deposits in Ashalchinsky field of heavy oil

M.N. Mingazov, A.A. Strizhenok, R.R. Fatkhullin, A.G. Kamyshnikov, R.I. Shakirov

Tatar Oil Research and Design Institute (TatNIPIneft) JSC Tatneft, Bugulma, Russia, e-mail: kosmoge@tatnipi.ru

In the process of the field development total mineralization and sulfate content growth in fresh waters of Upper Permian deposits was established. In order to study upstream flows and determine source of sulfates we set chemical luminescent indicator into Sakmarian interval of sedimentary cover. We observed indicator movement in springs, water intake and environmental wells, draining water bearing formations of Kazan deposits, producing wells, and Sheshma river bed.

Indicator was clearly recorded in all observation points. Consequently, Sakmarian-Kazan interval of Ashalchinsky field has hydrodynamic connection. Upstream flows of reservoir fluids are developed due to pressurized conditions of water-bearing Sakmarian deposits, fracturing channels of Upper Permian deposits, examined in detail and mapped by authors in the studied area.

Key words: hydrochemistry, indicators, fracturing, erosion, geodynamics, hydrodynamic connection.

References

Khisamov R.S., Gatiyatullin N.S., Ibragimov R.L., Pokrovskiy V.A. *Gidrogeologicheskie usloviya neftyanykh mestorozhdeniy Tatarstana* [Hydrogeological conditions of the oil fields of Tatarstan]. Kazan: «Fen» Publ. 2009. 254 p.

Information about authors

Mintakhir N. Mingazov – Cand. Sci. (Geol. and Min.), Leading scientist

Aliya A. Strizhenok – Cand. Sci. (Geol. and Min.), Head of the laboratory

Anton G. Kamyshnikov Engineer

Ramil' R. Fatkhullin – Engineer

Ravil' I. Shakirov – Engineer

Department of the environmental safety during oil fields development, Tatar Oil Research and Design Institute, JSC Tatneft, 423230, Bugulma, Russia, M. Dzhaliyly str., 32.

Tel: 8 (85594) 789-50