

УДК 556.3

© Смирнова Т.С., Тулегенов А.Р.,
Долгова Е.Ю., Меркитанов Н.А., 2013

ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Т.С. Смирнова, А.Р. Тулегенов, Е.Ю. Долгова, Н.А. Меркитанов

Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия

Рассматривается роль гидродинамических условий в формировании залежей нефти и газа. Внимания заслуживает так называемое влияние подземных вод в процессе литогенеза: седиментогенез характеризуется влиянием литосферных пластовых вод; в диагенезе гидродинамическое воздействие оказывают иловые водные растворы; в катагенезе – водные растворы; в подстадии мезокатагенеза следует обратить внимание на высвобождение воды из кристаллогидратного состояния в минералах; в подстадии апокатагенеза главную роль играют ранее возрожденные воды, которые служат транспортом и средой формирования нефти и газа; при метагенезе и гипергенезе рассматривается процесс инфильтрации. Актуальность гидродинамических исследований связана с поиском, разведкой и непосредственно добычей нефти и газа. Акцентируется внимание на роли подземных вод при эксплуатации нефтегазовых залежей и влиянии гидродинамических условий (положительных и отрицательных).

Особо следует подчеркнуть формы миграции углеводородов (УВ), высвобождение нефти и газа из месторождения в коллектор, образование нефти и газа, отток химически и физически связанных вод, непосредственно увеличение горного давления.

Большинство исследователей считают, что подземные воды играют немаловажную роль в формировании залежи нефти и газа и принимают участие в миграции углеводородов. Одно из поставленных предположений состоит в том, что залежи углеводородов образуются благодаря выделению газов из подземных вод и выделению капелек нефти. Изучением влияния гидродинамических условий на формирование залежей нефти и газа занимаются долгое время. Подземные воды сопутствуют нефти и газу, с ними постоянно сталкиваются при поисково-разведочных работах, при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых залежей.

Ключевые слова: нефтегазоносные области, миграция УВ, высоконапорная система, термокаталитические процессы, газонасыщенность, нефтегазоемкость, коллектор, заводнение пласта, нефтегазопроисковые исследования, контурная вода, газовойодной контур, дегидратация, гидроразрыв, водонасыщенность, месторождение.

INFLUENCE OF THE HYDRODYNAMIC CONDITIONS ON THE FORMATION OF OIL AND GAS DEPOSITS

T.S. Smirnova, A.R. Tulegenov, E.Yu. Dolgova, N.A. Merkitanov

Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

The role of the hydrodynamic conditions in the formation of oil and gas deposits is examined. Attention should be paid on the so-called influence of groundwater during lithogenesis: sedimentation is characterized by the influence of lithosphere reservoir waters; during diagenesis hydrodynamic effects are exerted by silt aqueous solutions, in katagenesis - aqueous solutions, and in sub-mesocatagenetic it should be payed attention on the release of water from the state to the crystalline hydrate minerals, in sub-apokatagenesis previously regenerated water played a major role, which serve as transport and environment of oil and gas formation; in hypergenesis and metagenesis the process of infiltration is discussed. Relevance of hydrodynamic studies is associated with prospecting, exploration and directly oil and gas production. Attention is focused on the role of groundwater in the operation of oil and gas deposits and the influence of hydrodynamic conditions (positive and negative).

Hydrocarbon migration forms, release of oil and gas from fields to the header, the formation of oil and gas, the outflow of chemically and physically bound water, directly an increase of rock pressure should be specially emphasized.

Most researchers believe that groundwater plays an important role in the formation of oil and gas deposits and take part in the migration of hydrocarbons. One of the stated assumptions is that hydrocarbon deposits are formed by releasing gases from groundwater and allocation of oil droplets. Studying the effect of hydrodynamic conditions on the formation of oil and gas takes a lot of time. Groundwater accompanies oil and gas, they can be often found in exploration, development and exploitation of oil and gas deposits.

Keywords: oil and gas areas, migration of hydrocarbons, high-pressure system, catalytic thermal processes, saturation, oil and gas capacity, collector, waterflood, oil and gas research, circuit water, gas-water circuit, dehydration, hydraulic fracturing, water saturation, field.

Введение

Гидрогеологические наблюдения и исследования в нефтегазоносных областях обычно проводят по глубоким скважинам, предназначенным для поисков, разведки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. Также не остались без внимания вопросы миграции и гидродинамические условия формирования залежей нефти и газа. Гидродинамические условия водонапорных систем значительно воздействуют на залежи углеводородов, впоследствии непосредственно влияя на образование гидродинамических ловушек и приуроченных к ним залежей нефти и газа. Под такими ловушками обычно понимают залежи, которые удерживаются за счет движения вод. Подземные воды оказывают как положительное, так и отрицательное воздействие на формирование залежи углеводородов [1].

Гидродинамические исследования широко распространены при поиске, разведке и разработке нефтегазовых залежей. За последнее время ряд гидродинамических работ помог в открытии месторождений (Оренбургское, Астраханское). По данным бурения даются советы, рекомендации, по которым выделяют водные ореолы. Оглашаются рекомендации, способствующие завершению работ в связи бесперспективностью района (Московская синеклиза, Западная Сибирь и т.д.).

В процессе поисково-разведочных работ гидродинамические исследования проводят по глубоким скважинам. Обычно это наблюдения за качеством и количеством промывочной жидкости, определение статического уровня и пластового давления, производительности водоносных горизонтов, отбор проб подземных вод, газа и рассолов для химических анализов, определение температуры воды.

При вскрытии пластов, содержащих высоконапорную воду, последние начинают поступать в ствол скважины, ока-

зывая влияние на глинистый раствор, удерживающий этот напор [2].

Гидродинамические условия актуальны как при зарождении флюидов, так и аккумуляции, миграции и последующем образовании залежи нефти и газа. Если нам известно, что формирование флюидов происходит непосредственно в процессе литогенеза, то необходимо рассмотреть влияние гидродинамических условий на каждой стадии.

Основная часть

Первой стадией литогенеза является седиментогенез. Здесь на образование и накопление органических веществ (ОВ) влияют литосферные пластовые воды. Хотя они и не играют значительной роли в формировании на начальной стадии, но все-таки косвенно затрагивают данную тему (появление, созревание – незначительное влияние).

На следующей стадии – в диагенезе – гидродинамическое воздействие оказывают иловые водные растворы. Они влияют на органические вещества в качестве среды биохимической обработки. Здесь важно знать, что иловые растворы могут перемешиваться с водами водоемов. Вследствие чего меняется степень биохимического воздействия на ОВ. В дальнейшем это может сказаться на нефтегазогенерационном потенциале.

Катагенез – следующая стадия, которая характеризуется наибольшей длительностью во всем процессе литогенеза. Здесь влияние воды заключается в следующем: водные растворы, находящиеся в начинающем уплотнении в различных породах, воздействуют на ОВ термokatалитическими процессами, что способствует определенной подготовке этих веществ к нефтегазогенерации и следующей стадии. В дальнейшем происходит дегидратация, что ускоряет возможности нефтегазообразования. Воды, которые выходят из пород, перемещаются в менее уплотненные породы, что способствует

миграции органических соединений, которые находились в составе отжимаемых вод, участвуя в новой начальной фазе образования нефти и газа.

Главная фаза нефтегазообразования протекает на подстадии мезокатагенеза. Основным процессом становится высвобождение воды из кристаллогидратного состояния в минералах (монтмориллонитах). Эта вода дает толчок образованию новых растворов, соответствующих основе этой воды. Они играют роль в транспортировке УВ при миграции и, соответственно, изменяют среду, в которой находятся флюиды. Становятся понятными процессы образования и нахождения водных растворов.

Подстадия апокатагенеза связана с проявлением главной фазой газообразования. Воды, которые возродились в процессе апокатагенеза, являются средой и транспортом как метана, так и других газов [3].

При метагенезе и гипергенезе образование флюидов не происходит. Это объясняется тем, что процесс нефтегазогенерации закончен. Также возможно неблагоприятное воздействие гидрогеологических и тектонических процессов. Характерной особенностью данной стадии являются процессы инфильтрации поверхностных вод, которые приводят к расформированию нефтегазовых залежей. Таким образом, гидродинамика не только положительно, но и отрицательно воздействуют на процесс образования нефти и газа [4].

Над вопросами миграции нефти и газа работали как советские, так и зарубежные ученые. Различают вертикальную, латеральную, первичную (движение нефти и газа из месторождения), вторичную миграции (перемещение углеводородов по порам, капиллярам, трещинам с дальнейшим возникновением залежей) и т.д. Большинство ученых считают, что подземные воды являются неотъемлемой частью миграции. Это становится доказуемым при условии, что нефть, газ

и подземные воды являются продуктами литогенеза. Немаловажно учитывать и другие обстоятельства:

1) на каждой стадии литогенеза образуется определенный состав УВ и появляется какой-либо вид подземных вод;

2) в процессе стадийности литогенеза перемещение нефти, газа и воды происходит одновременно, на что указывают одинаковые преобразования и изменения пористости глин, песчаных, алевроитовых пород.

Ученые выделяют три больших этапа в разделении твердой и жидкой фаз.

Первый этап отнесен к стадии диагенеза и раннего протокатагенеза на глубине до 1500 м. Этот этап характеризуется выделением воды (содержащей углеводородные газы, находящиеся в водорастворенном состоянии), биохимических газов, а глубже увеличивается значение физически и химически связанных вод.

Второй этап приурочен к интервалу протокатагенеза и мезокатагенеза, где появляются газ и нефть и удаляются ранее описанные воды. Эта стадия характеризуется повышенными температурами, давлениями. Воды способны к выносу большего количества УВ непосредственно в своем составе.

На третьем этапе (поздний мезокатагенез и апокатагенез) происходит образование сухого метанового газа, а после выделяются химически связанные воды. Этап характеризуется высокими температурами и давлениями, что, в свою очередь, помогает выносу УВ в растворенном виде. Незначительное количество вод дает возможность мигрировать некоторой части газов в свободном состоянии [5].

Газонасыщенность вод нефтегазоносных бассейнов может варьироваться в достаточных пределах. С глубиной увеличиваются температура и давление, что способствует увеличению нефтегазоемкости подземных вод. Немалое влияние на вынос УВ из толщ месторождения

оказывает химически и физически связанная вода, которая может переходить в свободную фазу на стадиях литогенеза.

Миграция газа изучена лучше, чем миграция нефти. На образование залежей газа в большей степени влияют водные растворы, насыщенные газами. Воды, которые перенасыщены газом, выделяют флюид по всей мощности коллектора; необходимы также силы, которые смогут помочь мигрировать под водоупорную кровлю, так как пузырьки газа находятся в рассеянном состоянии в порах. Здесь возникает проблема, так как движению пузырьков газа в пространстве коллектора мешают силы сцепления и поверхностного натяжения. В подземных водах растворено большое количество природных газов. Также в пласты коллектора поступают газы благодаря диффузии, из-за прорыва свободного газа (это происходит в том случае, когда достигается полная насыщенность пластовых вод газами). Этот газ в свободном виде мигрирует в виде струи газа до ближайшей ловушки. Следует упомянуть и о скорости насыщения, которая зависит:

- 1) от обогащенности пород органическим веществом;
- 2) скорости процессов образования газа;
- 3) условия хранения газов;
- 4) температуры, давления, минерализации [6].

Естественно, вопросы образования залежей нефти вследствие ее выделения из подземных вод изучены не так полно, как залежей газа. Впервые об идеи миграции нефти в однофазном газовом состоянии, характеризующемся высокими температурами и давлениями, говорил Дж. Рич (1927), впоследствии эти идеи продолжил развивать В.А. Соколов (1948). Они считают, что помощь в миграции нефти оказывают газовые растворы и водные растворы, насыщенные газами. Эти растворы, находясь в коллекторе, дифференцируются, в дальнейшем нефть мигрирует струйно. Как далеко

может мигрировать нефть от своих материнских пород? Этим вопросом задавались многие ученые. Считается, что запасы нефти согласуются с пространством материнских пород. Расстояние от найденных участков до их месторождения, откуда вероятно перемещалась нефть, достигает 23–25 км, реже 70–150 км.

Растворимость нефти в газах различна. Возникает также спор между геологами. Одни считают, что сжатые газы играют важную роль в эмиграции нефти, другие думают иначе [7].

Заключение

Если рассматривать все формы миграции УВ, высвобождение нефти и газа из месторождения в коллектор происходит следующим образом: повышается внутривыводное давление (в одной из стадий литогенеза), образуются нефть и газ, происходит отток химически и физически связанных вод, увеличение горного давления. Все процессы, в частности повышение внутривыводного давления, способствуют образованию небольших трещин, которые при соединении образуют еще более крупные элементы (каналы) – этот процесс называется гидроразрывом пород. Именно по этим элементам начинается миграция флюидов. Большое количество трещин, образовавшихся на обнажениях, которые впоследствии заполняются терригенными породами и другими осадками, и есть прошлое движение нефти, газа, различных растворов. Как было сказано выше, миграция происходит по порам, микро- и макротрещинам, различным капиллярам. Движение флюидов происходит ступенчато. Свой путь флюид начинает с материнских пород, перемещаясь по порам, впоследствии миграция происходит по открытым трещинам. В результате этого изменяется давление (от внутривыводного до трещинного), происходит нарушение физико-химического равновесия. Как только флюид достиг коллекторского пласта, давление уменьшается

до гидростатического. Позже происходит разделение всех фаз на нефть, газ и воду. В соответствии с законом Дарси скорость движения пластовых флюидов (газ, нефть, вода) прямо пропорциональна градиенту давления и обратно пропорциональна динамической вязкости флюида и пористости породы. Поскольку давление в природных условиях колеблется незначительно, то на скорость миграции (если она происходит в водонасыщенных породах) также влияет сила всплывания. Лучше всего она выражена в пластах, имеющих большой уклон, где скорость будет увеличиваться. Большого результата она достигнет, если пласт будет расположен максимально вертикально (например, в зонах разломов) [8].

Расчеты В.П. Савченко показали, что в пластах, где угол наклона равен $1-5^\circ$, скорость движения флюидов достигает десятков – сотен метров в год. В пластах, которые имеют больший угол наклона, скорость равна единицам – десяткам километров в год. Нефть, в свою очередь, замедляет этот процесс благодаря своей высокой вязкости. Соответственно, скорость миграции УВ может меняться.

Также фактором, влияющим на образование нефтегазовых залежей, становится количество залежей, внедряющихся в ловушку. Благоприятным условием формирования залежей нефти и газа будет являться сумма положительного градиента давлений, которая не должна превышать градиент силы всплывания. При помощи внешних факторов, искусственно созданных (заводнение пластов и др.), можно поменять местоположение нефти и газа. Это объясняется тем, что мы благодаря этому процессу оказываем влияние на градиенты давления [9].

Влияние пластовой воды также велико и в процессе разработки нефтяных и газовых месторождений. Это еще раз говорит о том, что гидродинамические условия являются важной частью формирования залежей нефти и газа. Иссле-

дования, связанные с разработкой нефтяных и газовых залежей, необходимо начинать в первых скважинах, в которых при опробовании получили притоки нефти и газа. На протяжении всего периода разработки нефтяной или газовой залежи обязательны наблюдения и исследования по законтурным скважинам. В процессе разбуривания нефтяных и газовых залежей гидрогеологические данные получают в основном теми же способами, что и при бурении на подземные воды и нефтегазопроисковых работах. Наиболее важные изменения в залежи при ее эксплуатации следующие: изменение давления и перераспределение его по площади; изменение нефтегазонасыщенности и водонасыщенности пласта; перемещение водонефтяных, газонефтяных, газовойдных контуров; изменение физических и химических свойств извлекаемых из залежи нефти, газа и воды. Для получения гидрогеологических данных, необходимых при изучении режима и проектировании разработки газовых и нефтяных залежей, важны наблюдения по глубоким скважинам режимной сети. Сеть наблюдательных скважин должна быть разбита по площади всех нефтегазоносных бассейнов. Пробы воды для химического анализа отбирают из всех эксплуатационных и наблюдательных скважин. Учет таких гидрогеологических данных, как изменение процентного содержания воды в добываемой жидкости, изменение состава вод в эксплуатационных и наблюдательных скважинах, позволяет контролировать перемещение контуров нефти, газа, воды и обводнения скважин и залежей [10, 11].

При разработке нефтяных месторождений для увеличения нефтедобычи применяются различные способы заводнения пластов. При этом усложняется контроль за продвижением нагнетаемой в пласт воды, так как появляются воды нового, неизвестного состава, образующиеся вследствие процессов смешивания.

В нефтяные и газовые пласты воды могут поступать искусственным путем при бурении скважин, ремонтных работах, площадном и законтурном обводнении. Эти воды могут искажать естественные гидрогеологические условия месторождения [12].

В процессе разработки и эксплуатации нефтяной и газовой залежей по мере извлечения жидкости и газа контурная вода непрерывно движется и вытесняет нефть из пор. При равномерном продвижении краевых вод происходит наиболее полное вытеснение нефти из порового пространства породы. При неравномерном продвижении контурных вод в недрах остается большое количество нефти, которую извлечь обычными способами эксплуатации часто не представляется возможным. Аналогичные явления происходят и при эксплуатации газовых залежей. Если отбор из скважин не регулировать и отбирать из них большое количество нефти и газа, краевая вода (вода, которая залегает в пониженных участках нефтяных пластов, подпирает нефтяную или газовую залежь со стороны контура нефтеносности) образует языки обводнения (рисунок), а при наличии подошвенной воды создаются конусы обводнения [13].

В процессе разработки нефтяных и газовых месторождений химический состав вод изменяется в связи с продвижением в нефтяную или газовую часть пласта, ранее занятую нефтью или газом, контурной менее минерализованной, а иногда более минерализованной воды.

При интенсификации добычи нефти вода в нефтяные пласты в большом ко-

личестве вводится искусственно. При этом происходит смешение пластовых вод с закачиваемыми и изменение химического состава воды [14].

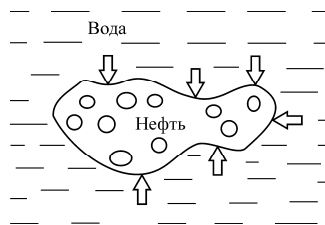


Рис. Языки обводнения

На основании работ сотрудников ВНИИЯГТа можно говорить о видах гидрогеологических исследований на этапах нефтегазопроисловых работ. Схему, которую они предложили, может быть доработана. Если рассматривать предложенную схему, то выделяют:

- региональные нефтегазопроисловых гидрогеологические исследования,
- прогнозно-рекогносцировочные гидрогеологические исследования,
- поисково-оценочные исследования.

При поиске нефти и газа большинство ученых говорят о перспективности использования гидродинамических исследований, так как гидрогеология может дать больше показателей и критериев проведения нефтегазопроисловых работ. По мнению большинства ученых-исследователей, гидродинамическим исследованиям необходимо уделять достаточное внимание и использовать их данные для выявления и нахождения более перспективных районов нефтегазоскопления [15–17].

Список литературы

1. Гордеев П.В., Шемелина В.А., Шулякова О.К. Гидрогеология. – М.: Высш. шк., 1990. – 448 с.
2. Неручев С.Г., Рогозина Е.А., Капченко Л.Н. Главная фаза газообразования – один из этапов катагенетической эволюции сапропелевого РОВ // Геология и геофизика. – 1973. – № 10. – С. 14–17.
3. Козлов А.Л. Превращения нефти и газа в глубоких зонах седиментационных бассейнов // Осадочно-миграционная теория образования нефти и газа. – М.: Наука, 1978. – 287 с.
4. Неручев С.Г., Вассоевич Н.Б., Лопатин Н.В. О шкале катагенеза в связи с нефтегазообразованием // Международный геологический конгресс. XXV сессия. Горючие ископаемые. – М.: Наука, 1976. – С. 46–72.

5. Вожов В.И. Гидрогеологические показатели нефтегазоносности докембрийских отложений Иркутского нефтегазоносного бассейна. – М.: Недра, 1978. – 127 с.
6. Djunin V.I., Korzun A.V. Hydrogeodynamics of Oil and Gas Basins. – Springer, 2010. – Vol. XIX. – 395 p.
7. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. – М.: Недра, 1976. – 157 с.
8. Balakirev Y. Interference and termografirovanie oil wells and reservoirs. – Baku: Azerneshr, 1965. – 200 p.
9. Прямые геохимические и геофизические методы поисков месторождений нефти и газа / Всерос. науч.-исслед. ин-т ядерной геофизики и геохимии. – М., 1977. – 150 с.
10. Карцев А.А. Гидрогеологические условия нефтегазонакопления // Изв. АН СССР. Сер.: Геология. – 1979. – № 10. – С. 115–121.
11. Meyntser O. The doctrine of groundwater / пер. Н.К. Котульской, под ред. М.М. Васильевского, П.И. Бутова, Н.Ф. Погребова. – Л.: Глав. ред. геол.-развед. и геодез. лит-ры, 1935.
12. Вожов В.И. Подземные воды Тунгусского бассейна. – М.: Недра, 1977. – 81 с.
13. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде / Ин-т компьют. исслед. – Ижевск, 2004. – 640 с.
14. Методы обработки и интерпретации гидрогеологических данных при поисках нефти и газа. – М.: Недра, 1980. – 223 с.
15. Баренблатт Г.И. О некоторых приближенных методах в теории одномерной неустановившейся фильтрации жидкости при упругом режиме // Изв. АН СССР. – 1954. – № 9. – С. 35–49.
16. Migration of oil and gas. – URL: http://www.oilandgasuk.co.uk/publications/Geological_Setting/Migration.cfm (дата обращения: 07.01.2013).
17. Natural Resources of Russia. – URL: [Ahttp://www.advantour.com/russia/economy/natural-resources.htm](http://www.advantour.com/russia/economy/natural-resources.htm) (дата обращения: 07.01.2013).

References

1. Gordeev P.V., Shemelina V.A., Shulyakova O.K. Hidrogeologiya [Hydrogeology]. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. 448 p.
2. Neruchev S.G., Rogozina E.A., Kapchenko L.N. Glavnaya faza gazoobrazovaniya – odin iz etapov katageneticheskoy e'volucii sapropelovogo ROV [The main phase of gas production - one of the stages of evolution catagenetic sapropelic ROV]. *Geologiya i geofizika*, 1973, no. 10, pp. 14–17.
3. Kozlov A.L. Prevrashheniya nefiti i gaza v glubokix zonax sedimentacionnyx bassejnov [Conversion of oil and gas in the deep areas of sedimentary basins]. *Osadochno-migracionnaya teoriya obrazovaniya nefiti i gaza*. Moscow: Nauka, 1978. 287 с.
4. Neruchev S.G., Vassoevich N.B., Lopatin N.V. O shkale katageneza v svyazi s neftegazooobrazovaniem [On the scale of katagenesis in connection with oil and gas formation]. *Mezhdunarodnyj geologicheskij kongress. XXV sessiya. Goryuchie iskopaemye*, Moscow, 1976, pp. 46–72.
5. Vozhov V.I. Hidrogeologicheskie pokazateli neftegazonosnosti dokembrijskix otlozhenij Irkutskogo neftegazonosnogo bassejna [Hydrogeological indicators petroleum potential Precambrian deposits of the Irkutsk oil basin]. Moscow: Nedra, 1978. 127 p.
6. Djunin V.I., Korzun A.V. Hydrogeodynamics of Oil and Gas Basins. Springer, 2010, vol. 19. 395 p.
7. Matusevich V.M. Geoximiya podzemnyx vod Zapadno-Sibirskogo neftegazonosnogo bassejna [Groundwater geochemistry of the West Siberian oil and gas basin]. Moscow: Nedra, 1976. 157 p.
8. Balakirev Y. Interference and termografirovanie oil wells and reservoirs. Baku: Azerneshr, 1965. 200 p.
9. Pryamye geoximicheskie i geofizicheskie metody poiskov mestorozhdenij nefiti i gaza [Direct geochemical and geophysical methods of prospecting for oil and gas]. Moscow, 1977. 150 p.
10. Karcev A.A. Hidrogeologicheskie usloviya neftegazonakopleniya [Hydrogeological conditions of oil and gas]. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Geologiya*, 1979, no. 10, pp. 115–121.
11. Meyntser O. The doctrine of groundwater. Leningrad: Glavnaya redakciya geologo-razvedochnoj i geodezicheskoy literatury, 1935.
12. Vozhov V.I. Podzemnye vody Tungusskogo bassejna [Groundwater of the Tunguska Basin]. Moscow: Nedra, 1977. 81 p.
13. Masket M. Techenie odnorodnyx zhidkostej v poristoj srede [Stream flow of homogeneous fluids in porous media]. Izhhevsk: Institut komp'yuternyx issledovanij, 2004. 640 p.

14. Metody obrabotki i interpretacii gidrogeologicheskix dannyx pri poiskax nefi i gaza [Methods of processing and interpretation of hydrogeological data in the search for oil and gas]. Moscow: Nedra, 1980. 223 p.

15. Barenblatt G.I. O nekotoryx priblizhennyx metodax v teorii odnomernoj neustanovivshejsya fil'tracii zhidkosti pri uprugom rezhime [Some approximate methods in the theory of one-dimensional unsteady fluid flow in elastic mode]. *Izvestiya Akademii nauk SSSR*, 1954, no. 9, pp. 35–49.

16. Migration of oil and gas, available at: http://www.oilandgasuk.co.uk/publications/Geological_Setting/Migration.cfm. (accessed 7 January 2013).

17. Natural Resources of Russia, available at: <http://www.advantour.com/russia/economy/natural-resources.htm> (accessed 7 January 2013).

Об авторах

Смирнова Татьяна Сергеевна (Астрахань, Россия) – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, гидрогеологии и геохимии горючих ископаемых Астраханского государственного университета (414015, г. Астрахань, Заводская пл., д. 77, кв. 2; e-mail: juliet_23@mail.ru).

Тулегенов Альберт Робертович (Астрахань, Россия) – студент Астраханского государственного университета (416170, Астраханская обл., пос. Володарский, ул. Мичурина, д. 19а, кв. 92; e-mail: parcour_tf@mail.ru).

Долгова Екатерина Юрьевна (Астрахань, Россия) – студентка Астраханского государственного университета (414024, г. Астрахань, ул. Набережная Приволжского Затона, д. 17, кор. 2, кв. 27; e-mail: ka.dolgova@yandex.ru).

Меркитанов Николай Александрович (Астрахань, Россия) – студент Астраханского государственного университета (414024, г. Астрахань, ул. Генерала Епишева, д. 16, кв. 98; e-mail: merkit12517@mail.ru).

About the authors

Smirnova Tat'yana Sergeevna (Astrakhan, Russia) – candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor of the department of geology, hydrogeology and geochemistry of combustible minerals, Astrakhan State University (414015, Astrakhan, Zavodskaya sq., 77, ap. 2; e-mail: juliet_23@mail.ru).

Tulegenov Al'bert Robertovich (Astrakhan, Russia) – student, Astrakhan State University (416170, Astrakhan region, Volodarskij dorf, Michurina st., 19a, ap. 92; e-mail: parcour_tf@mail.ru).

Dolgova Ekaterina Yur'evna (Astrakhan, Russia) – student, Astrakhan State University (414024, Astrakhan, Naberezhnaya Privolzhsogo Zatona st., 17, b. 2, ap. 27; e-mail: ka.dolgova @ yandex.ru).

Merkitanov Nikolaj Aleksandrovich (Astrakhan, Russia) – student, Astrakhan State University (414024, Astrakhan, Generala Ephisheva st., 16, ap. 98; e-mail: merkit12517@mail.ru).

Получено 28.02.2013