

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВИЗЕЙСКОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ТОЛЩИ КИЗЕЛОВСКОГО РАЙОНА ПЕРМСКОГО КРАЯ

В.И. Дурникин, Н.С. Колтырина

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

Формирование любой стратифицированной толщи полностью увязывается с палеотектонической историей развития территории. Образование визейской терригенной толщи Кизеловского района связано с компенсированным осадконакоплением в прибрежно-континентальных и континентальных условиях. С целью выявления особенностей ее формирования были использованы данные более чем по 300 скважинам.

Песчаники и алевролиты, слагающие разрез визейской терригенной толщи, в основном встречаются в бобриковском горизонте, где они образуют пачки, количеством до 3–4, мощностью от 20 до 35 м, разделенные прослоями алевроито-глинистых пород. Нередко песчаники образуют единую толщу до 65–80 м. Их формирование проходило в условиях аллювиальной равнины с формированием косослоистых серий мощностью от 5–20 см до 1–2 м с углами падения косых слоев от 20 до 40°. Косослоистые песчаники обычно разнозернистые, с примесью крупнозернистого материала, вплоть до гравелита.

При сохранении условий, связанных с тектоническим опусканием территории, происходила полная компенсация ископаемого осадка. Наблюдается трансгрессивный характер распределения ископаемых аллювиальных тел, они имеют пространственную ориентацию с запада на восток с увеличением их мощности к востоку и тесно связаны с палеогеоморфологической поверхностью перерыва.

В результате работы построена предполагаемая сеть и местоположение песчаных тел на палинспастической основе.

Ключевые слова: Кизеловский район, визейская терригенная толща, компенсированное прогибание, аллювиальная система, русловые фации, пойменные фации, палеогеоморфологические исследования, палеорельеф, предбашкирский перерыв, региональный наклон, палинспастическая основа, трансгрессивно-регрессивный цикл, Камско-Кинельская система палеопрогибов, палеоподнятия, песчаные тела.

SPECIFICITY OF THE VISIAN TERRIGENOUS STRATA FORMATION IN KYZEL REGION OF PERM KRAI

V.I. Durnikin, N.S. Koltyrina

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

A formation of any stratified rock is fully related to paleotectonic history of the territory. A formation of the Visian terrigenous strata in Kyzel region is conditioned by a compensated sedimentation within the coastal-continent and continental conditions. To reveal specificity of its formation data on over 300 wells were processed.

Sandstones and siltstones forming the profile of the Visian terrigenous strata are mainly observed in the Bobrikovskian horizon, where they form units, usually 3 to 4, of 20 to 35 m, divided by mudrock interlayers. Sandstones often form a stratum up to 65 to 80 m. Their formation occurred in conditions of alluvial flat coupled with cross-bedded sequences of 5–20 cm to 1–2 m, cross-beds having inclination angle of 20 to 40°. Cross-bed sandstones are usually con-sertal, but with certain amount of gritstone and gravelite.

While the conditions of tectonic subsidence continued, a full compensation of mineral sediments occurred. Distribution of fossil alluvial bodies is transgressive, the latter oriented from west to east, with higher thickness towards east, and closely related to paleogeomorphic truncation plane.

The research allowed plotting a hypothetical network and mapping of sandbodies on a palinspastic basis.

Keywords: Kyzel region, Visian terrigenous strata, compensated down-warping, alluvial system, channel facies, flood plain facies, paleogeomorphic studies, paleorelief, pre-Bashkir perturbation, regional inclination, palinspastic basis, transgressive-regressive cycle, Kamsko-Kinelskaya system of downwarps, paleo-elevation, sand bodies.

Территория исследования располагается в Кизеловском районе Пермского края. В палеотектоническом отношении она приурочена к Кизеловскому палео-прогибу Камско-Кинельской системы впадин [1], в тектоническом отношении она входит в состав передовых складок Урала. В пределах рассматриваемой территории визейская терригенная толща имеет повсеместное распространение. Она подстилается морскими турнейскими и покрывается также морскими визейскими карбонатными отложениями. Однако смена терригенных пород карбонатными происходит на различных стратиграфических уровнях [2]. В работе рассматривается только та часть терригенных отложений, которая имеет визейский возраст и известна под названием «угленосная толща». Терригенная визейская толща сложена переслаиванием кварцевых песчаников, алевролитов, аргиллитов и каменных углей, которые не выдержаны как по мощности, так и по простиранию [3–5].

Выделенные толщи песчаников и алевролитов рассматриваются как единое геологическое тело, которое является частью статического геологического пространства, с постоянными или плавно меняющимися свойствами и характеристиками, определяющими границы этого тела [6].

Первоначально тела песчаных пород описывались либо как пластообразные, протяженные в двух измерениях и ограниченные в третьем направлении, либо как шнурковые, вытянутые только в одном направлении и ограниченные в других [7–11]. Позже количество категорий увеличили до четырех: покровные или плащеобразные, табличатые, призматические и шнурковые. Каждая категория получила свое название от величины отношения тела к его мощности. Некоторые исследователи классифицировали песчаные тела по генетическому признаку, обозначая их как аллювиальные конусы, дюны, пляжи и т.д. Хотя такой подход несет наибольшую геологиче-

скую смысловую нагрузку, он приводит к смешению вопроса геометрии (форма и размер) с концепцией общей осадочной модели, охватывающей многие другие понятия [12–16]. Более того, генетические классификации могут быть ошибочными, поскольку установление условий накопления большинства ископаемых тел представляет сложную задачу. К тому же один тип песчаного тела может постепенно переходить в другой. Геофизические данные, характеризующие подземное строение песчаного тела, не всегда позволяют отнести его к определенному генетическому типу. Поэтому еще одна классификация носит строгий описательный и геометрический характер. Выделяется два класса песчаных тел: пластообразные песчаники, имеющие широкое распространение, и линейно вытянутые, или удлинённые (в некоторых случаях прерывистые) [17–21]. В данной работе рассмотрим только пластообразные песчаники, так как песчаные тела, распространенные на территории Кизеловского района, относятся именно к этому классу.

Термин «пластообразные песчаники» применяется к таким геологическим телам, которые значительно вытянуты по сравнению с их мощностью и шириной. Они образуются в результате накопления песчаного материала в относительно узком линейно вытянутом поясе [22–26]. По размеру они образуют тела от мелких, поперечное сечение которых укладывается целиком в одно обнажение, до крупных, мощностью несколько десятков метров, их ширина изменяется от 0,8 до 1,0 км при протяженности до 40 км.

Некоторые тела песчаников располагаются во врезанных руслах, у других наблюдается плоская подошва и нет видимой связи с руслами. Их тела могут быть разорванными или прерывистыми. Этот невыдержанный характер частично объясняется процессами эрозии, в результате которой сохраняются изолированные останцы. В других случаях такой

характер размещения предопределяется условиями осадконакопления; разрозненные тела песчаников могут группироваться в пояса, или «тренды». Отдельные тела пластовых песчаников образуют сложные сочетания отложений с раздваивающимися или сливающимися телами. Подобные образования уже относятся к сложным песчаным телам.

Песчаные тела имеют различное происхождение. Большая часть из них представляет собой речные русла, врезанные в отложения карбонатно-глинистого шельфа [27].

На территории Прикамья с визейской терригенной толщей связаны месторождения УВ в Кизеловском районе – это многочисленные мелкие месторождения каменного угля. В пределах региона толщины изменяются от 0 до 250 м и более. Столь большие колебания мощностей обусловлены дифференцированными отрицательными тектоническими движениями. Зоны минимальных значений мощности отвечают палеосводам и палеоподнятиям, а зоны максимумов – палеопрогибам [2]. Мощность (толщина) терригенной части в прогибе составляет 80–100 м, на палеоподнятии – менее 60 м. Общая толщина ископаемого осадка в объеме трансгрессивно-регрессивного цикла за небольшим исключением полностью соответствует темпам компенсированного прогибания территории. Из числа осадочных формаций, содержащих в качестве самостоятельного члена парагенетической ассоциации пород песчаные тела, угленосные формации представляют особый интерес, так как они являются прекрасным индикатором климатической обстановки и тектонического режима, при котором прогибание полностью компенсировалось осадконакоплением. В качестве главных признаков, по которым выделяются геологические формации, выступают литологический состав, строение толщ, их мощность, палеогеографические условия осадконакопления, тектоническая обста-

новка периода формирования, степень вторичных изменений пород, наличие полезного ископаемого, характер ограничений в пространстве и многие другие. Причем акцент делается на признаки, которые для исследователя наиболее близки по роду деятельности и стоящим перед ним задачам [28, 29].

Независимо от степени солености вод, а следовательно, и наличия или отсутствия в угленосных отложениях известняков или других слоев с морской фауной, главнейшим условием для образования мощных многопластовых угленосных отложений является исключительно благоприятная для торфо- и углеобразования лагунно-баровая обстановка [30].

Кизеловская аллювиальная система является зоной транзита осадочного материала с континента в прибрежно-континентальный бассейн современной территории Восточного Урала. При этом материал, транспортируемый реками, не полностью достигает водоемов, а накапливается вне их в виде речных отложений. Главными областями речного накопления являются прежде всего аллювиальные равнины, тянущиеся вдоль рек, и аллювиальные конусы выноса. Речные осадки отлагаются также на пространстве дельт, вследствие чего они участвуют в образовании аккумуляционных приморских и приозерных равнин.

В процессе переноса происходят изменения ряда свойств осаждаемого материала, вызываемые абразией зерен, растворением полевых шпатов, амфиболов, в силу уменьшения транспортирующей силы реки. С одноподправленными течениями связаны также специфические донные формы, особенности меандрирования, внутрирусловые отмели. Непосредственное влияние на их развитие оказывают гидродинамические условия течения и материал, являющийся нагрузкой реки [31]. В фациальном отношении визейские терригенные отложения Кизеловского района соответствуют аллюви-

альным (русловым и пойменным) фациям [32]. Аллювиальные фации представляют собой весьма разнообразный комплекс пород, имеющих в сечении форму линзы с выгнутым вниз основанием и относительно плоской кровлей, «врезанной» в подстилающие отложения, на которых они залегают с отчетливым разрывом. В плане они образуют удлиненные, относительно прямолинейные или слабо изгибающиеся полосы.

В наиболее полном виде набор аллювиальных фаций развит в крупных равнинных реках и подразделяется на русловые пойменные и старичные. Русловые фации наиболее грубозернистые в данном аллювиальном комплексе и представлены в равнинных реках обычно различными песками, иногда с примесью гравийных зерен. Степень сортировки различная, но в целом значительно выше, чем в делювиально-пролювиальных отложениях. Вниз по течению в общем случае размерность осадков уменьшается, а отсортированность возрастает. Однако одновременно с этим в алевритовых и мелкопесчаных осадках, которые в нижних течениях рек начинают выпадать из взвесей, сортировка может ухудшаться. Кроме того, впадение притоков, несущих иной по сравнению с основным руслом материал, также нарушает отмеченную закономерность. Для русловых отложений характерна достаточно правильная косая слоистость. Косослоистые серии состоят из прямолинейных слоев, наклоненных под углом 30° (диагональная слоистость) и разделенных горизонтально слоистыми более тонкозернистыми отложениями. В поперечном сечении отдельных русел устанавливаются отчетливые изменения структуры отложений: снизу вверх уменьшается зернистость и улучшается отсортированность пород; аналогичные изменения отмечаются и в направлении от центра потока к его периферии.

Пойменные отложения формируются в половодье при менее активной, а глав-

ное – весьма непостоянной гидродинамике. В связи с этим осадки обычно более тонкозернистые, менее отсортированные, намечается определенная, фиксирующая каждое половодье повторяемость более мощных песчаных прослоев с глинистыми. Косая слоистость не выдержана, образует мелкие и изогнутые слойки; наряду с ней присутствует горизонтальная слабоволнистая слоистость, а также рябь течений и волнений, текстуры взмучивания. Отмечаются быстрые и незакономерные литеральные замещения.

История жизни речных артерий запечатлена в закономерном строении их аллювия. Развитие рек начинается в узких оврагах, на первой стадии отлагаются лишь русловые осадки, замещающиеся на бортах склоновыми делювиально-делювиальными образованиями. Со временем начинается боковое смещение русла и подмыв одного из берегов. При этом перемещении на месте прежнего русла образуется постоянный русловый аллювий, который постепенно покрывается пойменными осадками, а затем нередко и старичными, которые при заболачивании дают торфяники и угли. Таким образом, вертикальный разрез аллювиального комплекса характеризуется, во-первых, залеганием с разрывом на подстилающих отложениях, во-вторых, закономерной сменой более грубозернистых русловых отложений все более тонкозернистыми пойменными и старичными, иногда угленосными, как это произошло в Кизеловском районе [33].

Методы палеогеоморфологических исследований основаны на литологических исследованиях и палеотектоническом анализе [34].

Проведение палеогеоморфологического анализа и применение методических приемов представляется в следующей последовательности (включает несколько этапов):

1. Сбор фактического материала начинается после выбора поверхности не-

согласия, подлежащей изучению. Для терригенного визе Кизеловского района это контакт подошвы песчаного тела с различными по составу турнейскими отложениями. Опыт показывает, что вся та информация, которая содержится в разрезах скважин, профилях, минералогических, гранулометрических анализах и т.д., бывает необходима. Интервалами для анализа являются разрезы выше поверхности несогласия и ниже ее, по которым можно составить карты толщин отложений, залегающих выше и ниже поверхности реконструкции.

2. Составление рабочей карты фактического материала, анализ данных, их увязка. На карте тщательно в виде колонок изображаются разрезы отложений выше и ниже реконструируемой поверхности, последняя четко проводится на колонке. Разрез должен включать возможно более полную характеристику отложений (цвет, гранулометрия, текстура, включения, возраст, слоистость).

3. Выбор опорного репера и анализ мощности перекрывающих рельеф отложений. Существующая методика реконструкции анализирует мощности отложений, перекрывающих палеорельеф, от выбранного условного нулевого уровня. Большое значение имеет правильный выбор такого опорного слоя (репера). Предбашкирский перерыв, имеющий региональное распространение, характеризуется устойчивостью литологических признаков. Измеряя мощности отложений от выбранного опорного репера до поверхности палеорельефа, строят карту мощностей в изолиниях (карту изопакит), которая отразит палеорельеф. Сокращенные мощности будут соответствовать положительным формам, а увеличенные – отрицательным элементам рельефа.

Карта изопакит является первым основным документом при палеогеоморфологических реконструкциях.

4. Восстановление регионального наклона, абсолютных и относительных вы-

сот палеорельефа, составление палеогипсометрической карты проводится по мощностям отложений, слагающих или перекрывающих палеорельеф. При этом задача сводится прежде всего к определению величины регионального наклона. Не всегда точно известно положение береговой линии бассейна (или она расположена на большом расстоянии от района исследования). В таком случае необходимо приблизительно оценить палеовысоту какого-то уровня и от него определять высоты других точек.

5. Анализ литолого-фациальных особенностей пород, слагающих и перекрывающих палеорельеф, – один из важных методов восстановления форм палеорельефа. Широкое использование литолого-фациальных данных исходит из методов общих палеогеографических реконструкций. Детальному изучению подлежат верхняя часть разреза слагающих рельеф пород и низы перекрывающих этот рельеф отложений. Это обусловлено тем, что при формировании рельефа наибольшему разрушению и переработке подвергается верхняя часть разреза, формирующаяся под воздействием рельефообразующих процессов континентального перерыва. В последующем, на начальной стадии развития трансгрессии, существовавший рельеф оказывал непосредственное влияние на характер осадков. Затем это влияние ослабевало и прекращалось совсем. Литологические разности пород лишь отражают особенности миграции ископаемых осадков в пойме. Задача состоит в том, чтобы литологические разности объединить в относительно небольшое число осадочных комплексов. Литологические комплексы увязываются с мощностями перекрывающих палеорельеф отложений. Каждый комплекс подвергается геоморфологической интерпретации.

6. Составление палеогеоморфологической карты основано на сопоставлении и интерпретации изложенных выше данных с учетом известных представле-

ний о палеогеографической обстановке [34, 35].

Все построения проводились на палинспастической основе. Кизеловский район, в пределах которого выполнены исследования, отличается сложным тектоническим строением. Для него характерны складчатые и разрывные деформации – сдвиги и надвиги. Складчатость и разрывные нарушения привели к существенному сокращению поверхности, на которой происходило накопление палеозойских осадков. Для восстановления первоначального состояния этой поверхности было необходимо раздвинуть все аллохтоны на величину их горизонтального перемещения и в каждом аллохтоне распрямить складчатость. Поверхность, полученная в результате такой реконструкции, по замыслу должна являться палинспастической основой для отстройки самых различных карт палеогеографического содержания разных масштабов [36]. При геолого-разведочных и геолого-съёмочных работах на территории Кизеловского каменноугольного бассейна на ряде структур были выявлены крупные пологие надвиги, обладающие большой стратиграфической амплитудой и значительным перемещением блоков. Надвиги играют ведущую роль в формировании структуры данного региона. Наиболее крупными из них являются Всеволодо-Вильвинский, Луньевско-Чусовской и Пашийско-Шишимский, имеющие амплитуду до 1000–1500 м и смещение порядка 12–22 км. Басковский, Журавлинский, Косореченский и другие надвиги имеют смещение 6–8 км. Выявлен целый ряд надвигов с несколько меньшим смещением [2, 4, 5].

Авторы в своих исследованиях использовали метод анализа мощностей как один из основных методов палеотектонического анализа, учитывая, что в данном конкретном случае имеются исключительно благоприятные условия для его применения. Во-первых, описываемая территория является частью обшир-

ной выровненной аллювиально-дельтовой равнины, в пределах которой литологический состав отложений не подвержен резким изменениям, и во-вторых, угленосная формация региона подстилается и покрывается явно морскими отложениями, что исключает возможность значительных ошибок при определении ее мощности в нормальном разрезе. Исследуемый регион вместе с восточной частью Русской платформы в раннекаменноугольную эпоху представлял собой единое целое и характеризовался платформенным режимом развития, о чем свидетельствуют сходство разрезов каменноугольных отложений, однотипность комплексов фауны и общность палеоструктурного плана. На фоне общего погружения территории существовали зоны поднятий и зоны прогибов, которые определяли собой в крупном плане размещение фациальных обстановок и оказывали непосредственное влияние на ход процессов осадконакопления. Как показал палеотектонический анализ, эти поднятия и прогибы были унаследованы от франско-турнейского структурного плана и непосредственно связаны с Камско-Кинельской системой прогибов. В пределах Кизеловского прогиба, к которому приурочена основная часть Кизеловского каменноугольного бассейна с его широко развитой угленосной формацией, выявлен целый ряд относительно мелких локальных конседиментационных структур. Эти структуры обязаны своим возникновением главным образом местным дифференцированным тектоническим движениям. При этом, несомненно, сказалась относительная близость Кизеловского прогиба к уральской геосинклинали. Однако следует иметь в виду, что не исключается возможность образования отдельных локальных структур за счет уплотнения, пластической деформации и других вторичных изменений в породах турнейского яруса, подстилающих угленосную формацию и достигающих значительной (до 400 м) мощности [2].

В основу методики расчета наклона поверхности осадконакопления были положены значения толщин в каждой скважине (их количество 140), полученные при разведке каменноугольных месторождений. В разрезе карбона Кизеловского района отмечается стратиграфическое несогласие между турнейским и визейским, серпуховским и башкирским ярусами [36]. Залегающие на размытой поверхности геологические тела песчаников отражают палеорельеф поверхности территории осадконакопления. Способ построения карт палеорельефа основывается на восстановлении поверхности, на которой начиналось осадконакопление. Репером для каждой реконструированной поверхности будет служить более поздний уровень регрессивного цикла в палеозойской истории района. При этом учитываются следующие положения:

– в качестве регионального седиментационного репера принимается уровень предбашкирского размыва;

– характер осадконакопления компенсированный, палеоглубины учитываются в каждой точке палеобассейна;

– скорость осадконакопления равномерна, но не одинакова в смежных районах территории;

– подошва геологического тела в стратифицированном объеме, разновозрастная в силу ее трансгрессивного характера, наследует рельеф территории на этапе размыв – седиментация;

– из расчетов исключаются процессы уплотнения в силу их незначительного

влияния на мощность ископаемого осадка [37].

Толщина ископаемого осадка в объеме трансгрессивно-регрессивного цикла полностью соответствует темпам прогибания территории в каждой точке бассейна. Следовательно, располагая некоторой сетью разрезов с известными толщинами, можно строить профили со значениями уклонов дна в угловых единицах. Линии, соединяющие соседние точки, являются микропрофилями, на которые наносятся числовые значения уклонов дна.

Множество профилей на территории исследования создают «веерную сетку», а точки всевозможных пересечений прямых, соединяющих разрезы, дают среднеарифметическое значение и азимутальную направленность наклона поверхности осадконакопления. При соединении точек с равными значениями получается схема усредненного рельефа в градусах наклона.

В результате работы построена предполагаемая сеть песчаных тел на палинспастической основе. При значительных изменениях толщины радаевско-бобринского песчаного тела наклон поверхности осадконакопления был практически постоянным в восточном направлении и изменялся от 2,5° в подводной части дельты до 1,5 и 0,5° в западной части территории. Транзитная аллювиальная система Кизеловского района в радаевское и бобринское время в результате поперечной миграции унаследованных отрицательных движений накопила до 100 м кварцевых алевролитов и кварцевых песчаников.

Список литературы

1. Стратиграфия нижней части нижнего карбона Волго-Уральской области Русской платформы / под ред. С.В. Семихатовой. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во нефт. и горно-топливн. лит-ры, 1959. – 243 с.
2. Пахомов В.И., Пахомов И.В. Визейская угленосная формация западного склона Среднего Урала и Приуралья. – М.: Недра, 1980. – 152 с.
3. Сташкова Э.К., Окулова Л.В., Пахомов В.И. Геология и нефтегазоносность палеозоя в зоне сочленения Соликамской депрессии Косьювско-Чусовской седловины и ПСУ // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – № 7. – С. 67–76.
4. Ларионова Т.И. Палинспастические реконструкции складчато-надвиговых дислокаций Нюйско-Джербинской впадины – перспективных объектов нефтегазопоисковых работ. Сибирская плат-

форма // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 12. – С. 32–37.

5. Путилов И.С., Винокурова Е.Е., Хакимова Ж.А. Изучение закономерностей размещения эффективных толщин визейских терригенных отложений Башкирского свода по результатам интерпретации сейсморазведки 3D // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – № 4. – С. 49–53.

6. Геологические тела / под ред. Ю.А. Косыгина. – М.: Недра, 1986. – 334 с.

7. Кривощёков С.Н. Геологическая оценка и расчет капитальных затрат на освоение Патраковской площади // Вестник Пермского государственного технического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2008. – № 3. – С. 30–37.

8. Кривощёков С.Н. Зональный прогноз нефтегазоносности ловушек, связанных с каналами вторичной миграции углеводородов вероятностно-статистическими методами (для территории Пермского края) // Вестник Пермского государственного технического университета. Геология, геоинформационные системы, горно-нефтяное дело. – 2010. – № 5. – С. 6–10.

9. Мелкишев О.А., Дурникин В.И. Генетические особенности карбонатных коллекторов зоны сочленения Соликамской депрессии и передовых складок Урала // Вестник Пермского государственного технического университета. Геология, геоинформационные системы, горно-нефтяное дело. – 2010. – № 5. – С. 17–22.

10. Волкова А.С., Кривощёков С.Н. Выбор приоритетных направлений развития ресурсной базы углеводородов Соликамской депрессии с применением вероятностно-статистических методов // Вестник Пермского государственного технического университета. Геология, геоинформационные системы, горно-нефтяное дело. – 2010. – № 5. – С. 23–30.

11. Дерюшев А.Б., Потехин Д.В. Применение стохастического алгоритма при моделировании терригенных отложений девона (на примере нижнетиманских отложений Кирилловского месторождения нефти) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2011. – № 1. – С. 8–18.

12. Севоньяева К.С., Кривощёков С.Н. Геологическое строение и нефтеносность турнейских отложений Ножовского выступа с позиции трехслойного строения природных резервуаров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2011. – № 1. – С. 34–46.

13. Миронов В.В., Козлова И.А. Особенности геологического строения и условий разработки силурийских залежей Верхневозейского месторождения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 2. – С. 7–12.

14. Носов М.А. Геолого-экономическое моделирование при обосновании инвестиционных проектов геолого-разведочных работ // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 2. – С. 13–17.

15. Варушкин С.В., Козлова И.А. Возможность проведения поисково-оценочных работ на объектах, расположенных под толщей калийно-магневых солей Верхнекамского месторождения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 3. – С. 8–15.

16. Ефимов А.А., Кочнева О.Е. Исследование приемистости отложений башкирского яруса Сибирского месторождения в различных фациальных условиях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 3. – С. 16–25.

17. Силайчева В.А. Прогнозирование значения проницаемости по совокупности данных гидродинамических и геолого-геофизических исследований (на примере Батырбайского месторождения) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 3. – С. 26–29.

18. Шадрин М.А., Козлова И.А. Обоснование применения циклического заводнения башкирской залежи Сухобизярского поднятия Баклановского месторождения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 3. – С. 39–44.

19. Кривощёков С.Н., Галкин В.И., Козлова И.А. Определение перспективных участков геолого-разведочных работ на нефть вероятностно-статистическими методами на примере территории Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 4. – С. 7–14.

20. Носов М.А. Определение методики количественной оценки ресурсов углеводородов при региональном геолого-экономическом моделировании территории Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 4. – С. 15–22.
21. Мелкишев О.А., Кривощёков С.Н. Стохастическая оценка прогнозных ресурсов нефти на поисково-оценочном этапе геолого-разведочных работ // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012. – № 4. – С. 33–41.
22. Кривощёков С.Н., Кочнев А.А. Опыт применения рентгеновской компьютерной томографии для изучения свойств горных пород // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 6. – С. 32–42.
23. Дерюшев А.Б. Опыт трехмерного геологического моделирования перспективных структур с применением результатов сейсмо- и литолого-фациального анализов, а также данных месторождений-аналогов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 7. – С. 18–26.
24. Дурников В.И., Трясцина Л.А., Полухина Т.В. Литолого-фациальная характеристика отложений гжелского яруса карбона Кизеловского района Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 8. – С. 7–17.
25. Козлова И.А., Шадрин М.А. Геолого-геохимическая оценка возможности нефтегазообразования в верхнепротерозойских отложениях на территории Пермского края // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 8. – С. 18–27.
26. Кочнева О.Е., Моисеева Т.В. Влияние геологической неоднородности коллекторов башкирского пласта на процесс извлечения нефти Сивинского месторождения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2013. – № 8. – С. 28–34.
27. Pettijohn F.J. *Sedimentary Rocks*. 3rd ed. / The Johns Hopkins University. – Baltimore, 1975.
28. Типы осадочных формаций нефтегазоносных бассейнов / под ред. Н.Б. Вассоевич. – М.: Наука, 1980. – 303 с.
29. Стратегия поисков залежей нефти и газа в визейско-башкирских отложениях Астраханского свода / А.Я. Бродский, О.В. Котрунов, И.А. Литалев, В.В. Пыхалов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – № 1. – С. 18–23.
30. Угленосные формации. – М.: Наука, 1979. – 196 с.
31. Gragzinski R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R. *Sedymentologia* // Wydawnichwa Geologiczne. – Warszawa, 1976. – 614 s.
32. Фациальные особенности каменноугольных отложений и палеотектоника краевой складчатой зоны Среднего Урала / Перм. политехн. ин-т. – Пермь, 1977.
33. Прошляков Б.К., Кузнецов В.Г. Литология. – М.: Недра, 1991. – 444 с.
34. Проничева М.В. Палеогеоморфология в нефтяной геологии. – М.: Наука, 1973. – 172 с.
35. Троцюк В.Я. Методика структурно-геоморфологических исследований аккумулятивных равнин при нефтегазовых поисковых работах. – М.: Наука, 1967. – 150 с.
36. Палеоструктурные особенности Вишерского Урала в связи с его алмазонасностью / О.А. Щербаков, М.В. Щербакова, В.А. Кириллов, В.И. Дурников, Т.В. Фофанова, П.М. Китаев, О.В. Соколов; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 1997. – 101 с.
37. Стратиграфия и нефтеносность карбона Западного склона Урала и Приуралья / под ред. И.В. Пахомова; Перм. политехн. ин-т. – Пермь, 1973. – 230 с.

References

1. Stratigrafiia nizhei chasti nizhnego karbona Volgo-Ural'skoi oblasti Russkoi platform [Stratigraphy of the lower part of the Lower Carbonic in the Volga-Urals area of the Russian platform]. Ed. by S.V. Semikhatova. Moscow: Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo neftianoi i gornoploivnoi literatury, 1959. 243 p.
2. Pakhomov V.I., Pakhomov I.V. Vizeiskaia uglenosnaia formatsiia zapadnogo sklona Srednego Urala i Priural'ia [The Visian coal bearing formation of the western slope of the Middle Urals and Cisurals]. Moscow: Nedra, 1980. 152 p.

3. Stashkova E.K., Okulova L.V., Pakhomov V.I. Geologiya i neftegazonosnost' paleozoiya v zone sochleneniya Solikamskoi depressii Kos'vinsko-Chusovskoi sedloviny i PSU [Geology and oil and gas potential of the Paleozoic in the juncture of the Solikamskaya depression of the Kos'vinsko-Chusovskaya saddle and frontal Ural folds]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2012, no. 7, pp. 67–76.

4. Larionova T.I. Palinspastichekie rekonstruktsii skladchato-nadvigovykh dislokatsii Niuisko-Dzherbinskoi vpadiny – perspektivnykh ob"ektov neftegazopiskovykh rabot. Sibirskaia platforma [Palinspastic reconstruction of the bow-imbricated overthrusts of the Nyuisko-Dzherbinskaya depression – promising sites of oil and gas exploration]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2011, no. 12, pp. 32–37.

5. Putilov I.S., Vinokurova E.E., Khakimova Zh.A. Izuchenie zakonornosti razmeshcheniia effektivnykh tolshchin vizeiskikh terrigenykh otlozhenii Bashkirskogo svoda po rezul'tatam interpretatsii seismorazvedki 3D [Research into regularities in location of effective strata of the Visian terrigenous sediments of Bashkir anticline following a 3D seismic survey interpretation]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2012, no. 4, pp. 49–53.

6. Geologicheskie tela [Geologic bodies]. Ed. by Iu.A. Kosygina. Moscow: Nedra, 1986. 334 p.

7. Krivoshekov S.N. Geologicheskaia otsenka i raschet kapital'nykh zatrat na osvoenie Patrakovskoi ploshchadi [Krivoshekov S.N. Geological evaluation and calculation of Patrakovskaya area exploration capital cost]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2008, no. 3, pp. 30–37.

8. Krivoshekov S.N. Zonal'nyi prognoz neftegazonosnosti lovshek, svyazannykh s kanalami vtorichnoi migratsii uglevodorodov veroiatnostno-statisticheskimi metodami (dlia territorii Permskogo kraia) [Zone forecast of traps petroleum potential associated with the secondary hydrocarbon migration channel using probabilistic and statistical methods (for the territory of Perm Krai)]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Geologiya, geoinformatsionnye sistemy, gorno-neftianoe delo*, 2010, no. 5, pp. 6–10.

9. Melkisev O.A., Durnikin V.I. Geneticheskie osobennosti karbonatnykh kollektorov zony sochleneniia Solikamskoi depressii i peredovykh skladok Urala [Genetic features of the carbonate reservoirs junction zone of Solikamskaya depression and the Urals advanced folds]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Geologiya, geoinformatsionnye sistemy, gorno-neftianoe delo*, 2010, no. 5, pp. 17–22.

10. Volkova A.S., Krivoshekov S.N. Vybory prioritnykh napravlenii razvitiia resursnoi bazy uglevodorodov Solikamskoi depressii s primeneniem veroiatnostno-statisticheskikh metodov [Selection of hydrocarbon resource base priorities of Solikamskaya depression using probabilistic and statistical methods]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Geologiya, geoinformatsionnye sistemy, gorno-neftianoe delo*, 2010, no. 5, pp. 23–30.

11. Deriushiev A.B., Potekhin D.V. Primenenie stokhasticheskogo algoritma pri modelirovanii terrigenykh otlozhenii devona (na primere nizhnetimanskikh otlozhenii Kirillovskogo mestorozhdeniia nefti) [Application of stochastic algorithm for terrigenous devonian depositions modeling and simulation based on lower tiemanian depositions of Kirillovskaya field]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2011, no. 1, pp. 8–18.

12. Sevonkaeva K.S., Krivoshekov S.N. Geologicheskoe stroenie i neftenosnost' turneiskikh otlozhenii Nozhovskogo vystupa s pozitsii trekhsloninogo stroeniia prirodnykh rezervuarov [Geological setting and prospectivity of the tournaisian deposits in case of transpher semi-permeable layer between reservoir and seal at the Nozhovskij structural nose]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2011, no. 1, pp. 34–46.

13. Mironov V.V., Kozlova I.A. Osobennosti geologicheskogo stroeniia i uslovii razrabotki siluriiskikh zalezhei Verkhnevozeiskogo mestorozhdeniia [Features of the geological structure and conditions of working out of silurian deposits of the Verkhnevozejsky deposit]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 2, pp. 7–12.

14. Nosov M.A. Geologo-ekonomicheskoe modelirovanie pri obosnovanii investitsionnykh proektov geologo-razvedochnykh rabot [Geological and economic modeling substantiation of investment projects of geological exploration]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 2, pp. 13–17.

15. Varushkin S.V., Kozlova I.A. Vozmozhnost' provedeniia poiskovo-otsenochnykh rabot na ob"ektakh, raspolozhennykh pod tolshchei kaliino-magnevykh solei Verkhnekamskogo mestorozhdeniia [The ability of conduction prospecting-evaluation surveys at objects located under a layer of potassium and

magnesium salts the Verkhnekamsky deposit]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 3, pp. 8–15.

16. Efimov A.A., Kochneva O.E. Issledovanie priemistosti otlozhenii bashkirskogo iarusy Sibirskogo mestorozhdeniia v razlichnykh fatsial'nykh usloviiaxh [Investigation of deposits injectivity bashkir layer in various fields of Siberian facies conditions]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 3, pp. 16–25.

17. Silaicheva V.A. Prognozirovanie znachenii pronitsaemosti po sovokupnosti dannykh gidrodinamicheskikh i geologo-geofizicheskikh issledovani (na primere Batyrbaiskogo mestorozhdeniia) [Forecasting of the aggregate value of permeability data hydro-dynamic geological and geophysical studies (on the example Batyrbayskogo deposit)]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 3, pp. 26–29.

18. Shadrina M.A., Kozlova I.A. Obosnovanie primeneniia tsiklicheskogo zavodneniia bashkirskoi zalezhi Sukhobizyarskogo podniatiia Baklanovskogo mestorozhdeniia [Rationale for cyclic waterflooding bashkir deposits Suhobizyarskogo lifting Baklanovskogo field]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 3, pp. 39–44.

19. Krivoshchekov S.N., Galkin V.I., Kozlova I.A. Opredelenie perspektivnykh uchastkov geologo-razvedochnykh rabot na nef' veroiatnostno-statisticheskimi metodami na primere territorii Permskogo kraia [Determination of potentially oil bearing areas by behavioristical method by the example of Perm region (Krai)]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 4, pp. 7–14.

20. Nosov M.A. Opredelenie metodiki kolichestvennoi otsenki resursov uglevodorodov pri regional'nom geologo-ekonomicheskom modelirovanii territorii Permskogo kraia [Determination of qualitative methodology for estimation hydrocarbon resources within geologic and economic modeling on the territory of Perm Krai]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 4, pp. 15–22.

21. Melkishev O.A., Krivoshchekov S.N. Stokhasticheskaia otsenka prognoznykh resursov nefiti na poiskovo-otsenochnom etape geologo-razvedochnykh rabot [Stochastic evaluation of oil resources forecast on the stage of geological exploration work]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2012, no. 4, pp. 33–41.

22. Krivoshchekov S.N., Kochnev A.A. Opyt primeneniia rentgenovskoi komp'uternoi tomografii dlia izucheniia svoystv gornykh porod [Application experience of computed tomography to study the properties of rocks]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2013, no. 6, pp. 32–42.

23. Deriushev A.B. Opyt trekhmernogo geologicheskogo modelirovaniia perspektivnykh struktur s primeneniem rezul'tatov seismo- i litologo-fatsial'nogo analizov, a takzhe dannykh mestorozhdenii-analogov [Experience of three-dimensional geological modelling of prospective structures using the results of seismic and lithofacies analysis, field-analog data]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2013, no. 7, pp. 18–26.

24. Durnikin V.I., Triastsina L.A., Polukhina T.V. Litologo-fatsial'naia kharakteristika otlozhenii gzhel'skogo iarusy karbona Kizelovskogo raiona Permskogo kraia [Lithofacial deposits characteristic of gzhelian carboniferous layer Kizelovsky region of the Perm region]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2013, no. 8, pp. 7–17.

25. Kozlova I.A., Shadrina M.A. Geologo-geokhimicheskaia otsenka vozmozhnosti neftegazoobrazovaniia v verkhneproterozoiskikh otlozheniiaxh na territorii Permskogo kraia [Geological and geochemical assessment of oil and gas in the upper proterozoic possibility sediments in the Perm region]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2013, no. 8, pp. 18–27.

26. Kochneva O.E., Moiseeva T.V. Vliianie geologicheskoi neodnorodnosti kollektorov bashkirskogo plasta na protsess izvlecheniia nefiti Sivinskogo mestorozhdeniia [Influence of geological reservoir heterogeneity of bashkir formation on the oil extraction process of Sivinskoe field]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2013, no. 8, pp. 28–34.

27. Pettijohn F.J. *Sedimentary Rocks*. 3rd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1975.

28. Tipy osadochnykh formatsii neftegazonosnykh basseinov [Types of lithologic associations of oil-bearing basins]. Ed. by N.B. Vassoevich. Moscow: Nauka, 1980. 303 p.

29. Brodskii A.Ia., Kotrunov O.V., Litalev I.A., Pykhalov V.V. Strategiiia poiskov zalezhei nefi i gaza v vizeisko-bashkirskikh otlozheniiakh Astrakhanskogo svoda [A strategy of oil and gas deposits exploration in the Visian-Bashkir sediments of the Astrakhan anticline]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefiannykh i gazovykh mestorozhdenii*, 2012, no. 1, pp. 18–23.
30. Uglenosnye formatsii [Coal-bearing strata]. Moscow: Nauka, 1979. 196 p.
31. Gragzinski R., Kostecka A., Radomski A., Unrug R. Sedymentologia. *Wydawnichwa Geologiczne*. Warszawa, 1976. 614 p.
32. Fatsial'nye osobennosti kamennougol'nykh otlozhenii i paleotektonika kraevoi skladchatoi zony Srednego Urala [The facies features of coal measures and paleotectonics of marginal fold in the Middle Urals]. Perm': Permskii politekhnicheskii institut, 1977.
33. Proshliakov B.K., Kuznetsov V.G. Litologiya [Lithology]. Moscow: Nedra, 1991. 444 p.
34. Pronicheva M.V. Paleogeomorfologiya v nefianoj geologii [Paleogeomorphology in oil geology]. Moscow: Nauka, 1973. 172 p.
35. Trotsiuk V.Ia. Metodika strukturno-geomorfologicheskikh issledovaniy akkumulativnykh ravnin pri neftegazovykh poiskovykh rabotakh [A method of structural and geomorphic study of depositional plains in oil and gas exploration]. Moscow: Nauka, 1967. 150 p.
36. Shcherbakov O.A., Shcherbakova M.V., Kirillov V.A., Durnikin V.I., Fofanova T.V., Kitaev P.M., Sokolov O.V. Paleostrukturnye osobennosti Visherskogo Urala v sviazi s ego almazonosnost'iu [Paleo-structural features of the Vishersky Urals in terms of its diamond content]. Perm': Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 1997. 101 p.
37. Stratigrafiia i neftenosnost' karbona Zapadnogo sklona Urala i Priural'ia [Stratigraphy and oil potential of the Carbonic of the western slope of the Urals and Cisurals]. Ed. by I.V. Pakhomov. Perm': Permskii politekhnicheskii institut, 1973. 230 p.

Об авторах

Дурникин Владимир Иванович (Пермь, Россия) – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии нефти и газа Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: gng@pstu.ru).

Колтырина Наталья Сергеевна (Пермь, Россия) – Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: natalya.koltyrina@mail.ru).

About the authors

Vladimir I. Durnikin (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Geological and Mineral Sciences, Associate Professor, Department of Oil and Gas Geology, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29; e-mail: gng@pstu.ru).

Natal'ia S. Koltyrina (Perm, Russian Federation) – Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29; e-mail: natalya.koltyrina@mail.ru).

Получено 6.11.2013