



ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ СЕДИМЕНТАЦИИ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

И. А. Мельник

На основе инновационной интерпретации материалов ГИС 130 скважин Томской области определено содержание бора в песчаных меловых отложениях. В результате сопоставления среднего содержания бора, нормированного на глинистость песчаников (характеризующей палеосоленость), в нижней пачки покурской свиты с количеством угольных прослоев исследуемой пачки выявлено восемь линейных регрессий (групп скважин) обусловленных трехфакторным влиянием условий седиментации на исследуемые параметры. К данным факторам относятся градиент поверхности палеорельефа, частота циклов тектонических вздыманий и относительное поступление пресных вод в бассейн седиментации. Каждый фактор качественно характеризуется тенденцией к увеличению либо уменьшению степени влияния. Определены коэффициенты их влияния на палеосоленость и количество угольных интервалов в исследуемой пачке. Содержание бора прежде всего зависит от палеосолености, затем от перечисленных трех факторов, а количество угольных интервалов – только от этих факторов. Любая группа (регрессия) обусловлена уникальной фациальной обстановкой осадконакопления, что позволяет в результате указанного сопоставления выявлять принадлежность пачки исследуемой территории к определенной группе и, соответственно, фазию палеообстановки.

Ключевые слова: интерпретация материалов геофизических исследований скважин, палеосоленость, содержание бора, меловые отложения, условия седиментации, фациальный анализ.

DEPOSITIONAL CONDITIONS OF THE UPPER PART OF THE LOWER CRETACEOUS DEPOSITS IN THE SOUTHEAST OF THE WESTERN SIBERIA

I. A. Melnik

Innovative method of well logging data interpretation from 130 wells in the Tomsk Region enabled measuring of the boron content in sandy Cretaceous deposits. Average boron content normalized to clay content in sandstones (which characterizes paleosalinity) of the lower member of the Pokur Formation was correlated with a number of coal layers in the studied member, which revealed eight linear regressions (well groups) caused by three-factor influence of depositional conditions on the studied parameters. These factors include paleorelief surface gradient, frequency of tectonic bulging-up cycles, and relative supply of fresh water to sedimentary basin. Each factor is characterized by increasing or decreasing impact. The authors have calculated coefficients of impact of these three factors on paleosalinity and quantity of coal intervals in the studied member. The boron content, foremost, depends on paleosalinity, and then on the above three factors, and the quantity of coal intervals exceptionally on the factors. Any group (regression) is controlled by the unique facies environment, which helps to assign the studied member to a definite group and reveal a paleofacies based on correlation of the normalized boron content and the number of coal layers.

Keywords: well logging data interpretation, paleosalinity, boron content, Cretaceous deposits, depositional conditions, facies analysis.

Верхние меловые отложения юго-востока Западной Сибири изучены крайне слабо. Это связано с отсутствием каменного материала. Как правило, при бурении скважин керн с данного горизонта не отбирается, поэтому изучение и реконструкция палеоусловий седиментации верхнемеловых отложений возможны только на основе интерпретации материалов геофизических исследований скважин (ГИС).

В настоящее время наиболее распространенным и хорошо разработанным методом фациального анализа по материалам ГИС является метод сопоставления конфигурации каротажных диаграмм собственного потенциала (ПС), кажущего удельного электрического сопротивления (КС) и гамма-каротажа (ГК) [8]. Однако данная технология в значительной степени основана на качествен-

ной, визуальной интерпретации форм кривых, поэтому на ее основе можно провести только качественный фациальный анализ.

Известно, что содержание бора в глинистой фракции песчаника может служить индикатором фациальной обстановки [1, 9]. Дело в том, что бор в результате сорбционных процессов накапливается в глинистых минералах, а при $pH > 7,5$ его главная форма нахождения в водных растворах ограничивается отрицательно заряженным гидроксикомплексом. В нейтральной и слабокислой среде бор входит в положительно заряженную гидроксильную группу ионов. Поэтому в морской воде (в щелочной среде) его накопление в положительно заряженных глинах гораздо эффективнее, чем в пресных и слабосоленых озерах континента. Концентрации бора в морских и континенталь-



ных глинистых фациях могут различаться в 3–5 раз [1]. Относительное содержание бора в песчанике, нормированное на глинистость, в большей степени будет характеризовать палеосоленость. Ранее разработанная методика определения относительного содержания бора в полимиктовой песчаной породе по данным ГИС позволяет получить статистически значимую выборку одного из признаков седиментационного процесса только на базе данных каротажа скважин [4–7].

Цель статьи – иллюстрация факторной методики установления фаціальных условий осадконакопления (по материалам ГИС) на основе сопоставления содержания бора, нормированного на глинистость (как индикатора палеосолености), с количеством угольных прослоев в верхней части нижнемеловых отложений Томской области.

Результаты исследований

Исследуемые меловые отложения Томской области представлены покурской свитой (пласты ПК₁–ПК₂₀), которая объединяет осадки аптского, альбского и сеноманского ярусов и выражена частым переслаиванием песчаников с алевролитами и глинами.

Общие представления о модели бассейна осадконакопления в апте – туроне связаны в первую очередь с проявлениями трансгрессивно-регрессивной направленности тектонических движений. В объемах покурской свиты (K₁₋₂ апт-турон), формировались терригенные породы регрессивной (a₁–a₁), регрессивно-трансгрессивной (a₂–c) и трансгрессивной (c–t) фаз тектогенеза. В результате были образованы определенные комплексы литофаций с различными особенностями строения и литологического состава пород. Трансгрессия в нижнем апте на большей части территории привела к накоплению морского глинистого сейсмогеологического репера I категории – кошайской пачки (горизонт III), подстилающей отложения покурской свиты, а трансгрессия в туроне – подобных глин кузнецовской свиты (горизонт IV), перекрывающих ее и являющихся надежной покрывкой [2].

Нижняя пачка покурской свиты (ПК₁₄–ПК₂₀) (апт-альбский ярус) представляет собой аллювиальный регрессионный цикл преимущественно в условиях прибрежной равнины, временами затопляемой морем. Морской генезис отложений по керну подтверждается присутствием следов илоедов, мелкой фауны и обуглившейся флоры.

При изучении разрезов скважин оказалось, что в нижней пачке покурской свиты залегают угольные пласты в виде тонких прослоев. Соответственно, на основе автохтонной гипотезы осадконакопления можно предположить следующее: после этапа озерно-аллювиального осадконакопления гумуса наступил трансгрессивный (морской) период, охвативший восточную часть исследуемой территории. Но при дальнейшем изучении матери-

алов скважин (вверх по разрезу) было установлено, что при смене палеоландшафта с морского на континентальный угленасыщенность к востоку сокращается вплоть до исчезновения.

Получается, что с увеличением проявления морских отложений увеличивается и вероятность образования угольных пластов. По всей видимости, это можно объяснить аллохтонной концепцией накопления первичного гумусового материала с пульсирующим воздыманием областей сноса [10]. В этом случае регрессия и трансгрессия береговой линии морского бассейна интерпретируется как прерывистое воздымание территории, содержащей биоматериал (торф, гумус), с последующим его постепенным аллювиальным сносом в депрессивную зону рельефа, а также с дальнейшим размыванием берега и наступлением моря. В итоге при циклическом вздымании территории сноса прибрежно-морские, лагунные области морского бассейна будут содержать наибольшее количество угольных пластов. Естественно, что с глубиной вдали от береговой линии количество угольных пропластков будет уменьшаться. При отсутствии тектонических движений на равнинной территории континента отсутствуют и образования градиента рельефа с депрессивными зонами и областями формирования залежей исходного биоматериала. В этом случае образованный торф со временем выветривается.

Таким образом, индикаторами палеоусловий осадконакопления может быть как среднее содержание бора, так и количество угольных пластов в исследуемой пачке. По всей видимости, в зависимости от морских либо континентальных условий седиментации между данными индикаторами должны проявляться определенные корреляционные связи. Эти связи контролируются факторами влияния, т. е. некими фаціальными палеоусловиями седиментации.

Вначале были вычислены содержания бора (C_b) и глинистости (k_{2n}) песчаных интервалов по данным ГИС 10 скважин в меловых отложениях покурской, вартовской, киялинской и тарской свит нефтегазовых месторождений Томской области, а также средние содержания нормированного C_B = <C_b/k_{2n}> (здесь и далее в угловых скобках – среднее значение) приблизительно по 40 значениям в каждом исследуемом интервале. Построенная гистограмма распределения среднего значения нормированного содержания бора всех 10 скважин (280 интервалов) указывает на две основные группы интервалов: до и после C_B = 0,045 % (рис. 1). Разделительная «линия» определялась как середина между минимальным и последующим значениями точек перегиба огибающей гистограммы. Очевидно, что данная величина является граничным значением, разделяющим на палеопресные (континентальные) (C_B < 0,045 %) и палеосоленые (морские) (C_B > 0,045 %) фации.

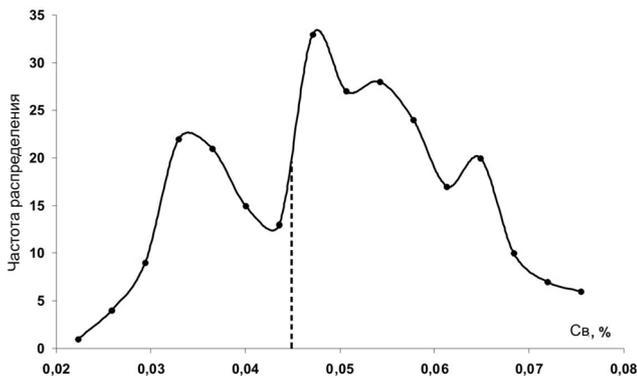


Рис. 1. Гистограмма распределения содержания бора, нормированного на глинистость, в песчаных меловых отложениях нефтегазовых месторождений Томской области

Далее были проинтерпретированы песчаные интервалы в меловых отложениях нижней пачки покурской свиты 86 скважин на различных участках и месторождениях Томской области. Вычислены усредненные величины C_B для всех интервалов исследуемой пачки (примерно 240 точечных значений содержания бора по каждой скважине). Всего изучено более 500 интервалов. По материалам каротажных диаграмм НГК, ГК и ПС в скважинах подсчитано количество угольных пропластков (n_{yr}) в нижней пачке покурской свиты. После сопоставления полученных значений C_B и n_{yr} выделено восемь корреляционных зависимостей, из которых четыре отрицательные регрессии лежат в области континентальных фаций, а четыре положительные – в области морских отложений (рис. 2). Между ними расположены результаты вычисляемых слабо коррелирующих признаков (по скважинам), расположенных в переходной зоне (около $C_B = 0,045$ %).

Регрессии описываются системой линейных зависимостей

$$C_{Bi} = \pm a_i n_{yr} + b_i$$

где номер зависимости $i = \{1, 2, \dots, 8\}$. Знак перед коэффициентом a отражает континентальную (–), либо морскую (+) фациальную обстановку.

На определяемые статистические признаки C_B и n_{yr} оказывает воздействие совокупность неких природных факторов F , причем тенденция влияния на каждый признак нарастающая либо убывающая.

На рис. 2 видно, что угол наклона тренда каждой регрессии отличается друг от друга. Это говорит о зависимости изменения признака n_{yr} от фактора влияющего на палеосоленость в пределах одной фации (морской, континентальной) и позволяет выбрать мультипликативную модель совокупности природных факторов, тождественную коэффициенту a :

$$F_i = a_i / \mu, \tag{1}$$

где μ – const, %/шт., определяемая по соотношению

$$\langle C_B \rangle / \langle n_{yr} \rangle = \mu F_B / F_{yr} \tag{2}$$

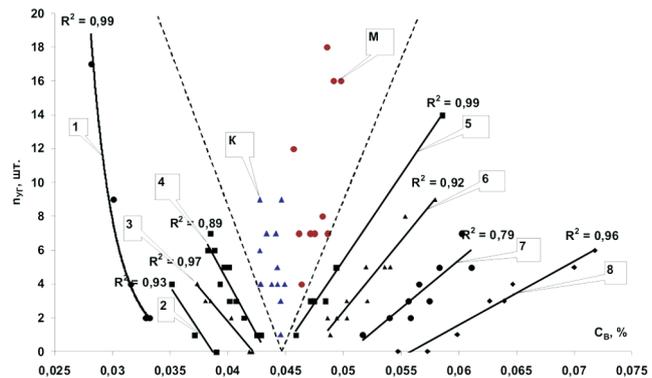


Рис. 2. Сопоставление количества угольных интервалов со средним содержанием бора, нормированного на глинистость песчаника, в нижней пачке покурской свиты по Томской области, где номер регрессии соответствует номеру мультипликативного фактора влияния, а К и М – группы переходной области

при известных средних величинах коррелирующих признаков и отношении совокупных мультипликативных факторов.

Свойство симметрии контрастных фаций (морские, континентальные) отражается в образовании парных корреляционных связей (с отрицательными и положительными коэффициентами корреляции, см. рис. 2). Также факторы обладают тенденциями уменьшения и увеличения степени влияния на признаки. Математически число сочетаний влияния факторов на совокупность признаков выражается следующим образом: $2^m = N$, а так как число корреляционных признаков $N = 8$, следовательно, количество факторов влияния с различной тенденцией $m = 3$.

Рассмотрим физико-химический и фациально-геологический смысл полученных зависимостей.

Во-первых, на изменения солёности и угленакпления синхронно влияют несколько факторов. Каждая регрессия отражает качество и степень (количество) влияния мультипликативной группы факторов. Например, солёность водоема (C_B) уменьшается с поступлением пресной воды (впадение реки в море, дожди и т.д.). В свою очередь, присутствие пресной воды приводит к увеличению биоматериала, гумуса. Значит, фактор пресной воды в данных условиях за определенное время уменьшает до минимума содержание бора и увеличивает до максимума исходный материал угля относительно их первоначальных состояний. Поэтому качественной характеристикой любого фактора будет предельное, контрастное значение тенденции к увеличению или к уменьшению величины признака.

Во-вторых, зная три доминирующих фактора влияния и их качественную характеристику тенденции, мы имеем возможность характеризовать каждую корреляционную зависимость данными факторами, т.е. указать палеоусловия образования исследуемой пачки в каждой скважине. Очевидно, что доминирующие факторы влияния прежде все-



го основаны на таких трех фундаментальных характеристиках, как пространственное местоположение, временной период и присутствие причины образования биоматериала. На основе аллохтонной концепции рассмотрим различие механизма образования угольных пластов относительно палеосолености в континентальных и морских условиях. Отложение исходного материала угольных залежей во всех случаях происходит в водном бассейне в результате аллювиального сноса гумуса, торфа и т.д. с воздымающей суши [10]. Чем выше градиент поверхности рельефа ($\partial z/\partial y$), тем больше глубина депрессивной зоны и интенсивней процесс седиментации. Следовательно, пространственную характеристику, отражающую рельефный фактор влияния, определим как изменение вероятности осадкообразования (Δp) в местоположении скважины (Δy) относительно возвышенной зоны сноса в зависимости от градиентной поверхности палеорельефа, т.е. от первого фактора влияния на углеобразование. Обозначим его как $G_x = \Delta p_x(\partial z/\partial y)/\Delta y$, где индекс x качественно отражает контрастное местоположение скважины в высокой (v) зоне выноса либо в низкой (n), депрессивной зоне с пологим рельефом. Обозначим этими значками тенденцию к увеличению (v) и уменьшению (n) степени влияния факторов на признаки.

Прерывистый, циклический характер вздымания зоны сноса обуславливает количественный характер образования угольных пластов, естественно, при условии уже оформленного исходного материала. Частоту чередующихся циклов за определенный период (T) обозначим как n/T , где n – количество вздыманий. Следовательно, вероятность образования угольных интервалов в зависимости от частоты циклов запишем как $V_x = p_x(n/T)$. Формирование исходного биоматериала в большей степени зависит от влажности климата, степени опреснения водоема, зависящей от относительного количества поступившей пресной воды (W_x). Естественно, перечисленные факторы одновременно влияют и на изменение рН среды, т.е. на палеосоленость водного бассейна. Все три доминирующих фактора влияния можно в мультипликативной форме представить как

$$F_i = G_x V_x W_x \quad (3)$$

где $i = 1, 2, \dots, 8$ – номер исследуемой регрессии, $x = (v; n)$.

Исследования различных авторов показали ассоциативную связь содержания бора с органическим веществом и его обогащенную (относительно нейтрально-слабокислых почв) концентрацию в торфах [1]. В случае континентального пресноводного бассейна седиментации при аллювиальном сносе биоматериала (с последующим образованием угольных пластов) в бассейн с нейтральной рН содержание бора будет уменьшаться при соответствующем увеличении количества угольных пропластков. И, наоборот, при попадании в мор-

ской бассейн концентрация бора со временем увеличивается, что приводит к положительной регрессии содержания бора и количества угольных пластов.

Эти утверждения «работают» только в пределах групп доминирующих факторов. Например, группа скважин с регрессией под № 1 выражается как $F_1 = G_v V_v W_v$, т.е. условия седиментации нижней пачки покурской свиты данных скважин объединены континентальной фациальной обстановкой седиментации с высоким палеорельефом (зона выноса), высокой частотой циклического вздымания (следовательно, частым проявлением высокого градиента поверхности сноса) и значительным притоком пресных вод. Перечисленные палеоусловия можно приписать береговой части пресного глубоководного озера и пролювиальным фациям. Поэтому палеосоленость низкая, а количество угольных пропластков увеличено.

Если усреднить все индикаторные параметры по группам скважин (усреднение проводится для каждой группы приблизительно по шести скважинам, т.е. около 1500 значений для $\langle C_B \rangle$) и сопоставить полученные данные $\langle C_B \rangle$ с $\langle n_{yr} \rangle$, то мы увидим две различные кривые для континентальной и морской фациальных групп (рис. 3). Причем при континентальных условиях в группе скважин № 2 палеосоленость увеличивается с увеличением количества угольных прослоев, а при морских условиях осадконакопления с увеличением палеосолености количество угольных интервалов уменьшается.

Группы скважин К и М принадлежат переходной области и отражают лагуны (К) с большим притоком пресной воды и высокой интенсивностью седиментации, выражающейся в наибольшей мощности пачки (возможен принос материала по дельте реки), и лагуны забаровые (М) с большей соленостью, наименьшей мощностью и высоким содержанием органического вещества (см. рис. 3).

Сопоставление палеосолености с мощностью (D) пачки показывает, что в континентальной фа-

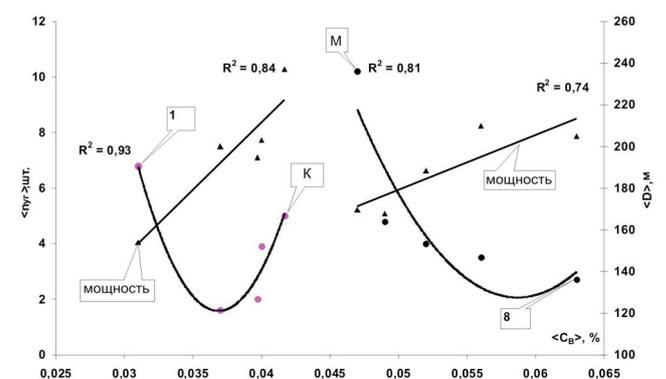


Рис. 3. Сопоставление усредненных значений количества угольных интервалов с содержанием бора, нормированного на глинистость, в песчаных отложениях нижней пачки покурской свиты и с ее мощностью в Томской области



циальной обстановке с увеличением палеосолености мощность накопления (т.е. палеоглубина залегания) увеличивается до переходной точки ($C_B = 0,045\%$) (коэффициент корреляции $R = +0,91$), а в морских отложениях положительная линейная зависимость, резко уменьшаясь вначале, выстраивается с меньшим углом наклона кривой ($R = +0,86$).

С точки зрения аллохтонной концепции для морских залежей чем дальше в море от морской береговой линии, тем больше увеличивается мощность седиментации, но уменьшается количество аллювиально принесенного материала с континента, т.е. гумуса и торфа. Для континентальных пространственно-ограниченных водоемов, наоборот, с увеличением градиента рельефа и глубины депрессивной зоны седиментации увеличивается количество принесенного биоматериала. Сопоставление средних данных мощности пачки с количеством угольных прослоев обратно пропорционально для морских отложений ($R = -0,78$) и прямо пропорционально для континентальных фаций ($R = +0,84$) (кроме группы № 1).

Итак, определим коэффициенты влияния перечисленных факторов на вычисленные признаки $<C_B>$ с $<n_{y,r}>$ различных номеров (i) регрессий. Введем следующие условия: пусть коэффициенты влияния лежат в пределах $[0, 1]$, а максимальные значения факторных величин должны быть нормированы на единицу. С использованием зависимостей (2) и (3) метода подбора коэффициентов влияния были вычислены значения F_i всех восьми регрессий как для бора, так и для угля в морских и континентальных условиях залегания. При $\mu \approx 0,014\%$ /шт. (для бора) и коэффициентах корреляции не ниже $R = +0,98$ в случае сопоставления *средних* вычисленных значений *признаков* с эмпирическими данными получены следующие коэффициенты влияния (табл. 1). При сопоставлении морских и континентальных факторных коэффициентов для угля и бора видно, что значения «угольных» коэффициентов для разных фаций почти не меняются (между ними $R = +0,99$), в отличие от бора, где проявилась нулевая корреляция между коэффициентами морских и континентальных фаций (см. табл. 1). Это подтверждает зависимость содержания бора как от перечисленных факторов, так и от фациальных условий залегания. Например, приток пресной воды сильно воздействует на изменение содержания бора в континентальных фациальных условиях, чего нельзя сказать о морских фациях (сравнение коэффициентов фактора W).

Каждый номер регрессии описывается уникальным мультипликативным выражением (табл. 2), в котором видно, что группы скважин под номерами 3 и 7 «выпадают» из концепции общих (фациальных) групп.

Например, в общей группе с высоким поступлением пресных вод группа под № 3 выделяется

их низким притоком (W_H). Возможно это обуславливает возникновение щелочных сред. В свою очередь, известно, что в восстановительных обедненных кислородом условиях при разложении органики, а также при образовании углекислоты и сероводорода процесс седиментации сопровождается интенсивной сидеритизацией. (Хотя сидеритизация может происходить и в результате вторичных наложенно эпигенетических процессов в толще пород вследствие флюидодинамики [3].) Сопоставление выборок карбонатности ($k_{карб}$) с содержанием железа (определенных по материалам ГИС) для данной группы скважин выявило между ними линейную регрессию с $R = +0,77$, тем самым подтверждая накопление сидеритов в исследуемых отложениях. Высокая отрицательная корреляция ($R = -0,9$) между карбонатностью (сидеритами) и содержанием бора (C_B) свидетельствует о значительной связи бора с органикой и, в меньшей степени, с палеосоленостью (только для группы № 3). Вероятно, при разложении органики бор переходит в растворенное состояние с одновременным осаждением сидеритов.

В табл. 2 приведены наименования фаций, возможно, соответствующие мультипликативным факторам. Но, по всей видимости, эти факторы могут характеризовать большую часть фаций, не вошедших в список.

Сопоставление усредненных данных $<C_B>$ с $<k_{карб}>$ выявило обратную линейную зависимость

Таблица 1

Коэффициенты факторов влияния

Фактор влияния	Коэффициент влияния			
	на количество угольных пластов		на содержание бора	
	1	2	1	2
G_B	1	1	0,55	0,9
G_H	0,7	0,8	1	1
V_B	1	1	1	0,8
V_H	0,4	0,55	0,8	1
W_B	1	1	0,45	0,95
W_H	0,8	0,8	1	1

Примечание. 1 – континентальные, 2 – морские.

Таблица 2

Соответствие мультипликативного фактора влияния фациальным условиям седиментации

№ (F_i)	Мультипликативный фактор (F)	Фациальные условия
1	$G_B V_B W_B$	Проллювиальные фации
2	$G_H V_H W_B$	Эоловые фации
3	$G_B V_H W_H$	Лимнические, озерно-болотные фации
4	$G_H V_B W_B$	Аллювиальный комплекс фаций и барьерные острова
5	$G_B V_B W_H$	Литоральные фации
6	$G_H V_B W_H$	Бары
7	$G_B V_H W_B$	Фации промоин и разрывных течений
8	$G_H V_H W_H$	Шельфовые и относительно глубоководные фации

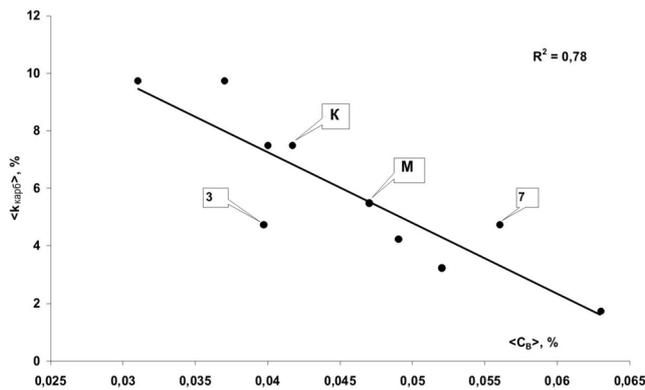


Рис. 4. Сопоставление средней карбонатности со средним содержанием бора, нормированного на глинистость, в песчаных отложениях нижней пачки покурской свиты по Томской области

с $R = -0,88$ (рис. 4). На диаграмме видно, что точка группы № 3 «выпадает» из общей регрессии. Очевидно, что остальные значения отражают кальцитно-доломитную карбонатность. При отсутствии группы № 3 линейная регрессия характеризуется коэффициентом $R = -0,95$.

Преобладающая часть биогенных кальцитов образуется в теплой, прозрачной и кислородонасыщенной водной среде, т.е. в мелководье, при обязательной циркуляции либо поступлении воды. С уменьшением прозрачности и увеличением застойности водного палеобассейна (с увеличением глубины и солёности) карбонатизация исследуемых песчаников уменьшается, что видно на рис. 4. Также заметно отклонение в сторону увеличения карбонатности значения группы № 7 от уменьшающего тренда остальных значений. Это связано с существенным поступлением пресных вод в отличие от остальных значений фациальной группы (см. табл. 2).

Мощность образованных осадков пачки в большей степени зависит от рельефа, градиента поверхности сноса. Сопоставление коэффициентов влияния на количество угольных пластов фактора G с мощностью пачки (при отсутствии аномальной группы № 3) выявило их прямую линейную корреляцию с $R = +0,65$. Этот факт подтверждает вывод, что коэффициенты фактора G действительно отражают градиент поверхности палеорельефа.

Анализируя полученные результаты можно отметить достаточно высокую информационную значимость содержания бора в определении фациальной обстановки осадконакопления, поэтому имеет смысл рассмотреть латеральное распределение бора (палеосолёности) нижней пачки покурской свиты исследуемой территории.

Площадное распределение относительно содержания бора, усредненного по песчаным интервалам нижней пачки покурской свиты, показало, что северо-восточную часть территории Томской области и район Усть-Тымской мегавпадины нижней пачки можно отнести к фаціаль-

ным обстановкам с повышенной палеосолёностью (сине-голубой цвет на рис. 5), а остальную часть исследуемой территории – к континентальным (либо опресненным) фациям. Номер, обозначающий палеосолёность, соответствует $\langle C_B \rangle$ следующим образом: 1 – 0,014–0,021, 2 – 0,021–0,028, 3 – 0,028–0,035, 4 – 0,035–0,042, 5 – 0,042–0,049, 6 – 0,049–0,056, 7 – 0,056–0,063, 8 – 0,063–0,07, 9 – 0,07–0,077.

В границах изучаемой территории прослеживается определенное распространение групп фаций. Осадкообразование нижней пачки покурской свиты происходило преимущественно в прибрежно-морских, солоновато-водных (бары, забаровые лагуны) условиях, которые сменялись застойными условиями континентальных отложений (маршево-болотные, озерно-лагунные фации).

Результаты проведенного фациально-статистического анализа по бору показывают, что перспективность УВ насыщения нижней пачки покурской свиты прежде всего обусловлена морской фациальной обстановкой осадконакопления в зонах тектонической трещиноватости [7].

Выводы

Итак, проведенный анализ нижней пачки покурской свиты с целью исследования результатов сопоставления содержания нормированного (на глинистость) бора с количеством угольных пластов и с последующим определением фациальной обстановки осадконакопления позволяет сделать следующие выводы.

Совокупность трех природных факторов, образующих мультипликативную группу, определяет одно из условий седиментации для восьми регрессий признаков.

К данным факторам относятся изменение вероятности осадкообразования в местоположении скважины относительно возвышенной зоны сноса на градиентной поверхности палеорельефа (G); вероятность образования угольных интервалов в зависимости от частоты циклов тектонических вздыманий за определенный период (V); степень опреснения водоема, зависящая от относительного количества поступившей пресной воды (W).

Каждый фактор качественно характеризуется тенденцией к увеличению либо уменьшению степени влияния на признак.

Любая определяемая группа скважин (с коррелируемыми признаками) обусловлена уникальной фациальной обстановкой осадконакопления (например, фаии пролювиальные, аллювиальные, лагунные, маршево-болотные, шельфовые).

Содержание бора прежде всего зависит от палеосолёности (т.е. от морских либо континентальных палеоусловий), затем от перечисленных факторов, а количество угольных интервалов – только от данных факторов влияния.

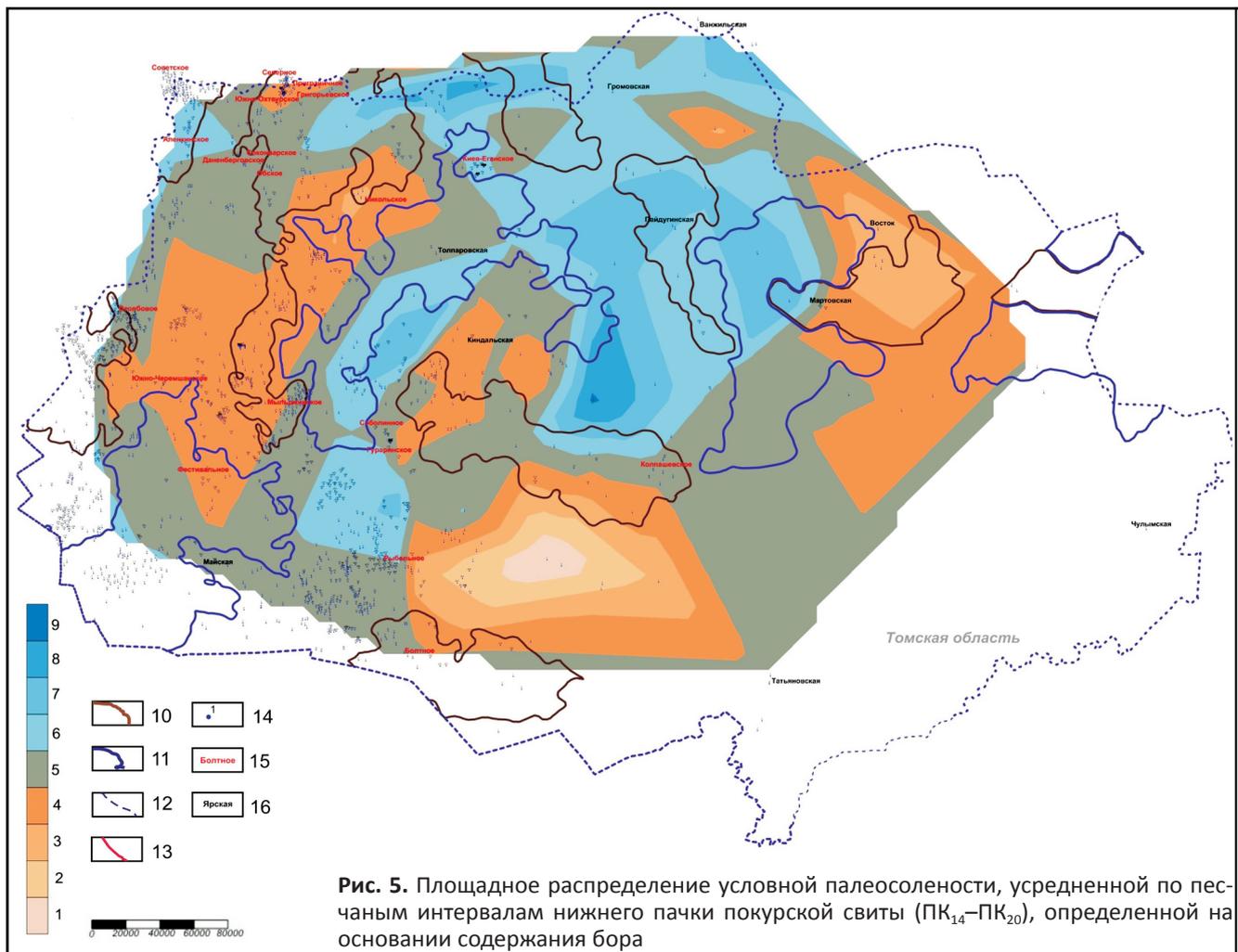


Рис. 5. Площадное распределение условной палеосолености, усредненной по песчаным интервалам нижней пачки покурской свиты (ПК₁₄–ПК₂₀), определенной на основании содержания бора

1–4 – распределение континентальных фаций; 5 – переходная зона от континентальных фаций к морским; 6–9 – распределение морских фаций; структуры I порядка по В. А. Конторовичу, 2012 г.: 10 – положительные, 11 – отрицательные; 12 – граница Томской области; 13 – тектонические разломы по III горизонту (апт – альб); 14 – скважины; 15 – месторождения УВ; 16 – площади УВ

Таким образом, на основе результатов инновационной интерпретации материалов ГИС при сопоставлении содержания бора с количеством угольных пластов в изучаемом интервале была разработана методика выявления 10 групп фациальных палеоусловий седиментации. Вычислив содержание бора, нормированное на глинистость, и количество угольных прослоев, можно определить фациальные палеоусловия осадконакопления, причем для восьми групп можно установить полуколичественную характеристику трех факторов влияния на исследуемые признаки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валиев, Ю. Я. Геохимия бора в юрских отложениях Гиссарского хребта [Текст] / Ю. Я. Валиев. – М. : Наука, 1977. – 150 с.
2. Каргодин, Ю. Н. Седиментационная цикличность [Текст] / Ю. Н. Каргодин. – М. : Недра, 1980. – 242 с.
3. Лебедев, Б. А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах [Текст] / Б. А. Лебедев. – Л. : Недра, 1992. – 239 с.

4. Мельник, И. А. Выделение нефтенасыщенных интервалов на основе переинтерпретации ГИС в низкоомных коллекторах-песчаниках [Текст] / И. А. Мельник // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 4. – С. 34–36.

5. Мельник, И. А. Методика выявления нефтегазоносных объектов в эпигенетически преобразованных коллекторах Западной Сибири [Текст] / И. А. Мельник // Геофизика. – 2012. – № 1. – С. 31–35.

6. Мельник, И. А. Повышение информативности нейтронного каротажа с целью выделения зон наложенного эпигенеза [Текст] / И. А. Мельник // Деп. в ГИАБ, МГУ. – 2008. – № 1. – 11 с.

7. Мельник, И. А. Распределение вероятности обнаружения низкоомных нефтегазоносных пластов в меловых отложениях Томской области [Текст] / И. А. Мельник // Каротажник. – 2014. – № 12. – С. 22–35.

8. Муромцев, В. С. Электрометрические модели фаций и палеогеографические реконструкции условий формирования отложений шельфов древних морей Широкого Приобья Западной Сибири



[Текст] / В. С. Муромцев // Сб. науч. тр. ВНИГРИ. – Л., 1984. – С. 106–121.

9. **Столбова, Н. Ф.** Бор в нефтегазоносных отложениях Западной Сибири [Текст] / Н. Ф. Столбова // Изв. ТПУ. – 2001. – Т. 304, № 1. – С. 217–225.

10. **Трощенко, В. В.** О механизме накопления первичного материала ископаемых гумусовых углей и угленосных формаций [Текст] / В. В. Трощенко // Вестн. Адыгейского ГУ. Сер. 4. – 2011. – № 2. – С. 74–87.

REFERENCES

1. Valiev Yu.Ya. *Geokhimiya bora v yurskikh otlozheniyakh Gissarskogo khrehta* [Boron geochemistry in the Yurassic deposits of the Gissarsky Ridge]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 150 p. (In Russ.).

2. Karogodin Yu.N. *Sedimentatsionnaya tsiklichnost'* [Sedimentation cycles]. Moscow, Nedra Publ., 1980. 242 p. (In Russ.).

3. Lebedev B.A. *Geokhimiya epigeneticheskikh protsessov v osadochnykh basseynakh* [Geochemistry of epigenetic processes in sedimentary basins]. Leningrad, Nedra Publ., 1992. 239 p. (In Russ.).

4. Melnik I.A. [Revealing of petroleum-bearing intervals from reinterpretation of well logging data]. *Neftyanoe khozyaystvo – Petroleum Industry*, 2008, no. 4, pp. 34–36. (In Russ.).

5. Melnik I.A. [Methods to reveal petroleum-bearing targets in epigenetically transformed reservoirs of the Western Siberia]. *Geofizika – Geophysics*, 2012, no. 1, pp. 31–35. (In Russ.).

6. Melnik I.A. *Povyshenie informativnosti neytronnogo karotazha s tsel'yu vydeleniya zon nalozhennogo epigeneza* [Rising informativeness of neutron logging in revealing of superposed epigenesis]. Deposited in GIAB, MGGU, 2008, no. 1. 11 p. (In Russ.).

7. Melnik I.A. [Revealing of low-resistivity petroleum-productive beds in the Cretaceous deposits of the Tomsk Region]. *Karotazhnik – Logger*, 2014, no. 12, pp. 22–35. (In Russ.).

8. Muromtsev V.S. [Electrometric facies models and paleogeographic reconstructions of depositional environments of ancient sea shelves within the region of the E-W Ob River course, Western Siberia]. *VNIGRI Proceedings*. Leningrad, 1984, pp. 106–121. (In Russ.).

9. Stolbova N.F. [Boron in petroleum-bearing deposits of the Western Siberia]. *Izvestiya TPU – TPU Proceedings*, 2001, vol. 304, no. 1, pp. 217–225. (In Russ.).

10. Troshchenko V.V. [Accumulation of primary humic coal deposits and coal-bearing formations]. *Vestnik Adygeyskogo GU – Adygeya State University Proceedings*, 2011, Series 4, no. 2, pp. 74–87. (In Russ.).

© И. А. Мельник, 2015

МЕЛЬНИК Игорь Анатольевич, Томский филиал Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья (ТФ СНИИГГиМС), Томск, зав. лабораторией, к. г.-м. н. E-mail: migranis@mail.ru

MELNIK Igor, PhD, Tomsk Branch of the Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (TB SNIIGGiMS), Tomsk. E-mail: migranis@mail.ru