

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ГЕОЛОГОВ СОВЕТСКОГО СОЮЗА
ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН СССР

ОСАДОЧНАЯ ОБОЛОЧКА ЗЕМЛИ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Ответственный редактор
академик Б.С. СОКОЛОВ

Редакционная коллегия:
Б.С. СОКОЛОВ, В.В. МЕННЕР, А.И. ЖАМОЙДА,
Ю.Б. ГЛАДЕНКОВ, А.Ю. РОЗАНОВ, Л.М. МЕЛЬНИКОВА

МОСКВА "НАУКА" 1989

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
MINISTRY OF GEOLOGY OF THE USSR
NATIONAL COMMITTEE OF GEOLOGISTS OF THE SOVIET UNION
PALEONTOLOGICAL INSTITUTE USSR AC. SCI

SEDIMENTARY
COVER OF THE EARTH
IN SPACE
AND TIME

STRATIGRAPHY AND PALEONTOLOGY

Editor-in-chief
Academician B.S. SOKOLOV

Editorial Board:
B.S. SOKOLOV, V.V. MENNER, A.I. ZHAMOIDA,
Yu.B. GLADENKOV, A.Yu. ROZANOV, L.M. MELNIKOVA

MOSCOW "NAUKA" 1989

Ю.В. Брадучан, В.А. Захаров, М.С. Месежников

**СТРАТИГРАФИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
БИТУМИНОЗНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ВЕРХНЕЙ ЮРЫ—НЕОКОМА
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Буровато-коричневые и черные существенно глинистые породы с высоким (от 5—7 до 20—30%) содержанием органического вещества широко распространены в верхнеюрских и неокомских отложениях европейской части СССР и в Западной Сибири и являются одной из наиболее характерных черт рассматриваемой серии. В этих регионах битуминозные отложения образуют обширные поля, занимающие более половины площади бассейна (рис. 1). В обоих регионах стратиграфический диапазон битуминозных отложений охватывает 3—5 ярусов (от основания верхнего оксфорда до кровли волжского яруса в европейской части СССР и от верхов (?) нижнего кимериджа до нижнего готерива в Западной Сибири). Однако этими чисто внешними совпадениями и исчерпывается сходство "субформаций битуминозных сланцев" [12] обоих бассейнов. Действительно, в европейской части СССР битуминозные сланцы образуют ряд четко обособленных горизонтов, разделенных значительно более мощными горизонтами небитуминозных терригенных (а в Прикаспии — и карбонатных) пород (рис. 2). Самый нижний из этих горизонтов связан с нижней частью зоны *Amoebocegas alternoides* (подзона *A. ilovaiskii*), т.е. с основанием верхнего оксфорда. Этот горизонт в виде четко обособленного пласта битуминозных сланцев мощностью 0,2—0,4 м особенно хорошо развит в Костромском Поволжье (р. Унжа), откуда он прослеживается на юго-запад до Москвы, причем в этом направлении мощность рассматриваемых отложений возрастает до 8,5 м [8] и заметно уменьшается содержание органики (породы трансформируются в черные глины с повышенным содержанием органического вещества). Следующий уровень появления битуминозных сланцев связан со средневолжскими отложениями. Битуминозные сланцы распространены в центральной части Прикаспийской впадины, откуда они прерывистой полосой протягиваются на север на Общий Сырт, в Среднее Поволжье, в Камско-Вятскую впадину и далее в бассейн рек Выгегда и Печора. Другая полоса протягивается в широтном направлении от Среднего Поволжья до Подмосковья и Ярославского Поволжья. Битуминозные сланцы залегают в виде отдельных прослоев (от 1—2 до 10—15) мощностью от 0,05—0,1 до 0,6—1,2 м (редко более) среди глинистых или глинисто-карбонатных пород. Они приурочены в Прикаспии к верхней части зоны *Dorsoplanites panderi* (подзона *zarajskensis*) и нижней части зоны *Virgatites virgatus* (подзона *virgatus*), на Общем Сырте, по данным Г.В. Кулевой и В.И. Барышиковой, охватывают всю зону *D.panderi*, а севернее и западнее строго приурочены только к верхней части зоны *D.panderi* (подзона *zarajskensis*). Следующий битуминозный горизонт установлен В.С. Кравец [6] в основании верхневолжского подъяруса в районе г. Нарьян-Мара (низовья р. Печоры). И, наконец, самый верхний горизонт битуминозных сланцев мощно-

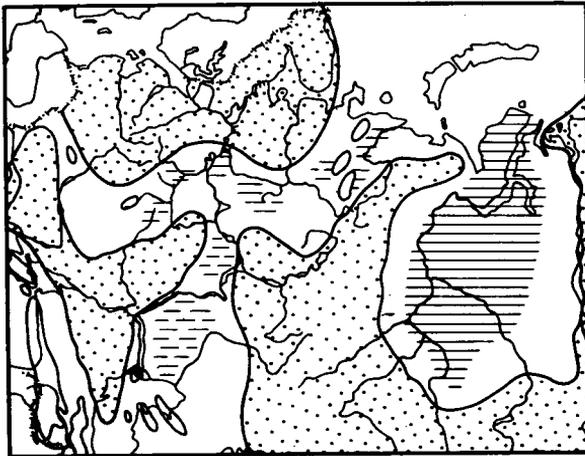


Рис. 1. Распространение битуминозных отложений в верхней юре и неокоме европейской части СССР и Западной Сибири

1 — суша; 2 — море; 3 — битуминозные отложения

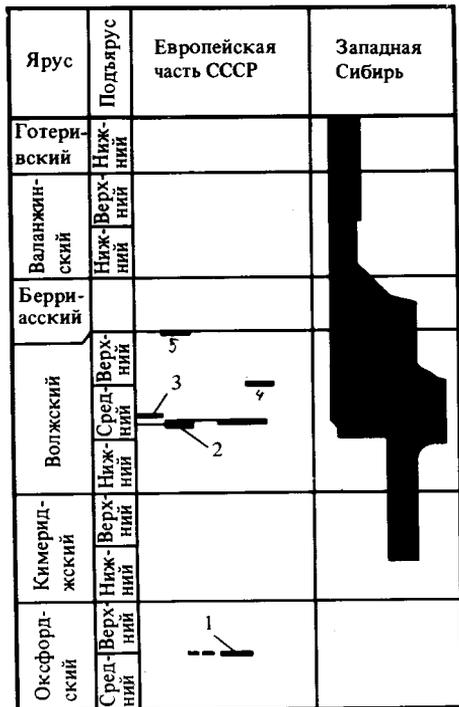


Рис. 2. Стратиграфическая приуроченность битуминозных отложений верхней юры и неокома европейской части СССР и Западной Сибири

1 — нижняя часть зоны *Amoeboceras alternoides*; 2 — зона *Dorsoplanites pandegii*; 3 — зона *Virgatites virgatus*

4 — зона *Rochpitites fulgens* (Кашпир-Азр)

5 — зона *Strepodites podiger* (Кашпир)

Стремя до 0,15 м известен уже более 100 лет в разрезе Кашпира (южная окраина Сызрани) на Волге, где он приурочен к самой верхней части зоны *Strepodites podiger*. Таким образом, в европейской части СССР битуминозные сланцы залегают в виде отдельных маломощных прослоев. Сланценозные пачки замещаются вкрест простирания либо мелководными песчано-алеври-

товыми фациями (например, в северо-восточном Прикаспии), либо, напротив, относительно глубоководными карбонатными глинами (бассейн Печоры).

Принципиально иначе построена битуминозная толща в Западной Сибири. Она представляет собой по существу единое геологическое тело (баженовская свита и ее аналоги на западе и севере региона). Площадь развития битуминозных пород превышает $1,0-1,2 \cdot 10^6$ км², мощность их, как правило, невелика и составляет в среднем 15–30 м, возрастая до 40–75 м на крайнем западе и севере бассейна. Стратиграфический диапазон этой толщи весьма variabelен и в целом закономерно меняется с востока на запад и с юга на север. На востоке области развития битуминозных пород их подошва приурочена к основанию средневожского подъяруса и, судя по находке *Pectinatites* ([1], табл. I, фиг. 3), местами опускается в верхи нижневожского подъяруса. Далее на запад подошва баженовской свиты и ее аналогов в основном также приурочена к нижней части средневожского подъяруса, но на отдельных локальных структурах поднимается в среднюю часть средневожского подъяруса и даже в верхневожский подъярус, а на крайнем западе изредка даже в берриас [7]. Кровля битуминозных отложений на востоке также не выходит за пределы средневожского подъяруса. В западном направлении кровля битуминозной толщи поднимается в верхневожский подъярус, берриас, валанжин, а на крайнем западе — в нижний готерив. Наконец, на севере Западной Сибири мощность битуминозной толщи в целом увеличивается, ее подошва опускается в верхний и, по видимому, в верхи нижнего кимериджа, а кровля проходит в середине берриаса.

Битуминозные отложения в Западной Сибири приурочены к центральной, несколько сдвинутой на запад, части бассейна ("внутренняя область" [2]). На востоке, юге и западе региона они замещаются сероцветными, преимущественно глинистыми, отложениями, на севере по мере увеличения мощностей баженовская свита характеризуется возрастанием количества терригенного материала, понижением битуминозности и также постепенно замещается в западном и восточном направлениях темно-серыми и серыми аргиллитами.

Вещественный состав горючих сланцев в европейской части СССР характеризуется очень высоким содержанием органического вещества (от 10–15 до 50–60 и даже 70%). Терригенный материал составляет 15–75% породы и представлен главным образом глинистыми, в меньшей степени алевритовыми, частицами. Содержание карбонатов колеблется от 10 до 60%.

Баженовская свита и ее аналоги в Западной Сибири сложены весьма разнообразными породами. Наряду с битуминозными аргиллитами в составе рассматриваемой толщи встречаются разнообразные кремнистые, кремнисто-карбонатные и карбонатные породы, обогащенные органическим веществом и глинисто-алевритовым материалом. Содержание органического вещества колеблется от 5–7 до 18%, глинисто-алевритового материала — от 15 до 70%, кремнезема — от 10 до 40%, карбонатов — от 5 до 15% (изредка до 50–70%) [5]. Характерной особенностью битуминозных отложений Западной Сибири является высокое содержание в них свободного кремнезема биогенного происхождения (растворение скелетов радиолярий, [4]). Фауна, заключенная в горючих сланцах европейской части

СССР, в целом аналогична фауне из терригенных отложений и представлена как активно плавающими (аммониты, белемниты), так и бентосными организмами (двустворки, брахиоподы, иглокожие, остракоды, фораминиферы). Однако состав отдельных групп бентоса значительно более однообразен по сравнению с ассоциациями терригенных пород. Так, среди двустворок доминируют бухии, реже встречаются *Inoceramus*, *Oxytoma*, *Nucula*, *Liostrea* и немногочисленные другие роды. Однообразием характеризуются и комплексы фораминифер, причем, по данным А.Я. Азбель и С.П. Яковлевой, эти комплексы составлены как явно угнетенными, мелкими, очень тонкостенными формами (среднедолжский подъярус), так и формами без следов угнетения (верхний оксфорд). Однако в обоих случаях плотности популяций фораминифер из горючих сланцев весьма низкие. Планктон представлен также сравнительно немногочисленными кокколитофоридами.

Напротив, фауна из битуминозных отложений Западной Сибири резко отличается по своей структуре от фауны из терригенных пород. Наиболее ярким отличием является преобладание планктонных и нектонных организмов. Планктон представлен радиоляриями и кокколитофоридами, причем достаточно часто отмечаются линзочки и тонкие пропластки радиоляритов. Среди нектонных групп преобладают аммониты, теутиды и рыбы. Бентос очень однообразен и представлен главным образом бухиями и относительно редкими иноцерамами. *Liostrea plastica* (Trd.) встречается только на раковинах аммонитов и, по-видимому, не может рассматриваться как бентосная фауна [3]. Бухии встречаются как в прижизненном захоронении, так и в виде отдельных, явно перемещенных, створок. По данным А.И. Лебедева, отдельные находки бухий указывают и на возможность их прикрепления к водорослям и, следовательно, на псевдопланктонный образ жизни. Аналогичные соображения были высказаны ранее относительно иноцерамид из нижнеюрских битуминозных отложений Хольцмадена [16]. Фораминиферы в собственно баженовской свите не установлены. Обедненные комплексы фораминифер появляются лишь на периферии ареала битуминозной толщи, в разрезах, где органогенные породы расклиниваются аргиллитами.

Все сказанное свидетельствует о крайне неблагоприятных для существования бентоса условиях в придонном слое воды, которые, по-видимому, были связаны с сероводородным заражением, по крайней мере в центральной части баженовского бассейна. Такое предположение подтверждается и отсутствием каких-либо признаков биотурбации битуминозных отложений. По мнению В.А. Захарова, обстановки в придонном слое баженовского моря не были постоянными и моменты существования сероводородного заражения чередовались с моментами нормальной или близкой к нормальной аэрации придонного слоя.

Анализ фаций показывает, что в пределах рассматриваемой территории накопление битуминозных, существенно органогенных отложений происходило в весьма различных обстановках (рис. 3). Так, в Прикаспии и Поволжье эти отложения приурочены к центральной части относительно мелководного бассейна. Пласты горючих сланцев, не выдержанные по простиранию, скорее всего, образовывались на месте подводных водорослевых лугов. Об этом свидетельствует наличие в составе органического вещества го-

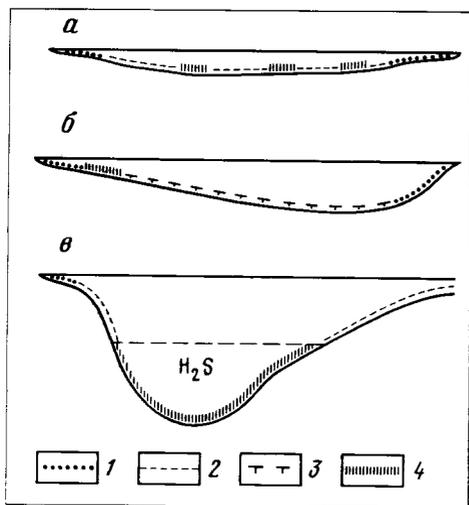


Рис. 3. Батиметрические и фациальные профили Волжского (а), Печорского (б) и Западно-Сибирского (в) бассейнов. Все профили ориентированы в широтном направлении

1 — песчано-алевритовые фации; 2 — глинистые фации; 3 — фации карбонатных глин; 4 — фации битуминозных отложений (застойные условия)

рочих сланцев гуминовых компонентов, которые являются продуктом разложения лигнинсодержащих высших растений (водорослей) [10].

Таким образом, модель Н.М. Страхова [9] наилучшим образом объясняет образование горючих сланцев на рассматриваемой территории: в условиях мелководного морского бассейна неоднократно возникали отдельные участки, густо заросшие водорослями. В условиях слабой циркуляции атмосферы, взмучивания осадков не происходило, а отмиравшие водоросли создавали застойный режим в придонном слое, способствовавший накоплению органики. Бентос селился, по-видимому, на верхушках водорослей и попадал на дно по мере отмирания "субстрата". Именно так можно объяснить наличие ракушечниковых скоплений на плоскостях наложения горючих сланцев. Обилие ракушечникового детрита свидетельствует о разрушении части эпифауны при ее попадании на дно, так как привнос большого количества детрита извне вряд ли возможен при отсутствии следов сколько-нибудь активной динамики вод. Возражение А. Хеллама [16] о невозможности образования в этих условиях листоватой слоистости, вероятно, нивелируется допущением о периодичности (сезонной?) активного разрастания водорослей. Это допущение в определенной мере подтверждается наличием сезонных слоев в горючих сланцах Кашпирского месторождения [11].

Существенно отличным представляется образование горючих сланцев в бассейне р. Печоры. Здесь сланценосная пачка располагается между алевритовыми глауконито-фосфоритовыми прибрежно-морскими фациями Прикамья и занимающими большую часть бассейна фациями карбонатных глин открытого моря (см. рис. 3, б) [13]. Сам профиль наилучшим образом соответствует модели Г. Кьюлигена и В. Крамбеина [15] о затухании энергии волнений в таком бассейне в удалении от его периферии и о возможности возникновения застойных зон на мелководье в некотором удалении от берега [16]. По-видимому, в сходных условиях происходило накопление горючих сланцев в начале позднего оксфорда в центральной части Московской синеклизы.

Наконец, особый интерес представляет маломощный пласт горючих сланцев, залегающий в кровле волжского яруса в районе Сызрани. Этот пласт образовался не в морских, а в озерных условиях в момент максимума поздневолжской регрессии моря и, по-видимому, отвечает слоям с *Volgidiscus Линкольншира* и *Приполярного Урала* [14].

Образование битуминозной толщи Западной Сибири происходило в глубоководном (не менее 300—500 м) бассейне в условиях сероводородного заражения придонного слоя [1]. Основным источником органического вещества здесь являлся фитопланктон. В более мелководных условиях накапливались сероцветные глинистые, а в прибрежной зоне — песчано-алевритовые, карбонатные, глауконитовые осадки (см. рис. 3в). Формирование этого глубоководного бассейна происходило в два этапа: вначале (вероятно, в конце раннего кимериджа) образовалась глубоководная впадина на севере бассейна, а в конце ранневолжского—начале средневолжского времени произошло резкое углубление всего обширного Западно-Сибирского моря, причем наиболее прогнутая его часть была смещена к западу, а профиль бассейна был несколько асимметричным, с более крутым западным и отлогим восточным бортом. Зона сероводородного заражения приурочена к углубленной центральной части бассейна, составлявшей несколько более половины его площади. В берриасе начинается постепенное сокращение этой углубленной зоны, которая постепенно смещалась на запад. В раннем готериве остаточный глубоководный бассейн, площадь которого сократилась до 0,2 млн км², прекратил свое существование.

Приведенный обзор показывает, что накопление битуминозных отложений в поздней юре и начале мела происходило в самых разнообразных условиях от глубоководно-морских до озерных.

Несмотря на приведенные отличия битуминозных пород разных бассейнов, у всех них есть две общие черты. Прежде всего, для всех этих отложений характерен резкий дефицит терригенного материала — это преимущественно органогенные отложения, в значительной степени сложные органическим веществом, карбонатами (частично тоже биогенными, частично осажденными в связи с повышенным содержанием органики) и биогенным кремнеземом.

Вторую особенность битуминозных отложений составляют чрезвычайно низкие темпы их накопления. Так, скорость накопления битуминозных волжских отложений в Западной Сибири примерно в 2 раза ниже скорости накопления песчано-алевритовых одновозрастных отложений на Приполярном Урале и более чем в 20 раз ниже скорости накопления глинистых отложений на крайнем северо-востоке бассейна (яновстанская свита и ее аналоги). В европейской части СССР скорость накопления верхнеоксфордских горючих сланцев р. Унжи также более чем в 20 раз меньше скорости накопления обогащенных органикой глин в Подмосковье и в окрестностях Рязани.

Длительное накопление в глубоководных обстановках столь маломощных отложений, разумеется, могло происходить только в условиях резко некомпенсированной седиментации. Однако, несмотря на несомненную нивелировку и общее низкое стояние областей размыва, в рассматриваемые бассейны, учитывая громадные площади питания, должны были выноситься очень значительные количества терригенного материала. Следо-

вательно, образование дефицита терригенного материала при накоплении битуминозных осадков могло возникнуть лишь при условии, если на периферии бассейнов имелись ловушки, в которых оставался этот материал. Действительно, на западном борту Западно-Сибирского бассейна терригенный материал в основном оставался в Ляпинском заливе, расположенном вдоль Урала, а на восточном борту (в волжско-раннеберриасское время) — в Усть-Енисейской впадине. В конце берриаса интенсивное поступление терригенного материала в Западно-Сибирский бассейн с юго-востока и востока довольно быстро вовлекло в прогибание всю восточную половину бассейна и привело к накоплению здесь более чем 1000-метровой толщи неокома. Область интенсивного прогибания в неокоме смещалась на запад. Соответственно происходило сокращение площади глубоководного баженовского бассейна. Следовательно, накопление битуминозных отложений в Западной Сибири оказалось возможным благодаря одновременному существованию стабильного, первоначального глубоко погруженного участка, в пределах которого происходило некомпенсированное осадконакопление, и примыкавших к нему с запада, северо-востока и впоследствии с востока участков, испытывавших интенсивное прогибание в волжско-неокомское время. На этих участках происходила столь же интенсивная компенсированная, а затем и перекомпенсированная седиментация.

В бассейнах европейской части СССР отмеченные особенности проявились менее контрастно. Однако и здесь мы находим ловушку терригенного материала, приуроченную к северо-западной части Прикаспийской впадины, где мощность только средневожских отложений достигает 350 м.

Таким образом, формирование битуминозных отложений в европейской части СССР и Западной Сибири было обусловлено уникальным сочетанием резко дифференцированных режимов прогибания в бассейнах седиментации, выровненностью рельефа областей размыва, слабой циркулирующей атмосферы. Все эти особенности в полной мере проявились в начале крупнейшей в мезозое внетропического пояса средневожской трансгрессии моря.

Abstract

Brown and black, essentially clay rocks with a high (5–7 to 20–30% and above) content of organic matter are widespread in the Upper Jurassic and Neocomian deposits of the European part of the USSR and Western Siberia.

In the European part of the USSR, they are known from the Caspian area to the basin of Pechora River. Bituminous shales form a series of relatively thin interbeds, occurring from the base of the Upper Oxfordian to the top of Volgian. In Western Siberia, bituminous deposits make up a single sequence (Bazhenov Formation and its equivalents). The occurrence area of this sequence is no less than $1,2 \cdot 10^6$ km. Its stratigraphic range is from the upper Lower Volgian—Middle Volgian to the Early Hauterivian (in the north of the basin, from the upper (?) Lower Kimmeridgian to the Middle Berriasian).

The composition of the bituminous deposits, in addition to a very high organic matter content, is also characterized by an elevated carbonate content, whereas Western Siberia is also noted for an increased content of free silica (10–40%), which is due to dissolution of radiolarian skeletons. The fauna contained in the bituminous shales of the European part of the USSR is generally similar to

that found in enclozing terrigenous deposits, being, however, characterized by a more uniform systematic composition. The fauna of the Bazhenov Formation of Western Siberia differs markedly from all other horizons, due to predominance of nekton and plankton.

The emplacement of oil shales in the European part of the USSR is mainly connected with shallow and deeper sea floor areas on which algal meadows were formed. At close of Volgian age they were also formed in lakes.

Bituminous deposits of Western Siberia were formed under conditions of a deep sea basin.

General conditions resulting in emplacement of bituminous strata, were a marked deficiency of terrigenous material, an uncompensated character of sedimentation in combination with a levelled relief in eroded areas, weak atmospheric circulation; whereas in Western Siberia, also in combination with a higher the basin floor downwarping.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженовский горизонт Западной Сибири / Ю.В. Брадучан, Ф.Г. Гулари, Захаров В.А. и др. Новосибирск: Наука, 1986. 217 с.
2. Брадучан Ю.В., Лебедев А.И. Дополнения к стратиграфии битуминозных отложений Западной Сибири // Пути повышения эффективности геологоразведочных работ на нефть и газ в Тюменской области. Тюмень: Зап. СибНИГНИ, 1979. С. 3–5.
3. Захаров В.А., Сакс В.Н. Баженовское (волжско-берриасское) море Западной Сибири // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. М.: Наука, 1983. С. 5–32.
4. Козлова Г.Э. Распространение радиолярий в баженовской свите Западной Сибири // Там же. С. 47–55.
5. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири / Т.В. Дорофеева, Г.Г. Краснов, Б.Н. Лебедев и др. Л.: Недра, 1983. 131 с.
6. Кравец В.С., Месежников М.С., Слонимский Г.А. Строение юрско-меловой толщи в бассейне р. Печоры // Биостратиграфия отложений мезозоя нефтегазоносных областей СССР. Л.: ВНИГРИ. 1976. С. 22–41.
7. Месежников М.С. К биостратиграфии верхнеюрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири (баженовская свита и ее аналоги) // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири. М.: Наука, 1983. С. 32–46.
8. Олферьев А.Г. Стратиграфия юрских отложений Московской синеклизы // Юрские отложения Русской платформы. Л.: ВНИГРИ, 1986. С. 48–61.
9. Страхов Н.М. Горючие сланцы // Тр. МОИП. 1934. т. XII.
10. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Гостоптехиздат, 1963. 535 с.
11. Формация горючих сланцев. Таллин: Валгус, 1973. 160 с.
12. Хайн В.Е. Общая геотектоника. М.: Недра, 1964. 479 с.
13. Чирва С.А., Кравец В.С. Палеогеография Тимано-Уральской области в поздней юре // Мезозой Советской Арктики. Новосибирск: Наука, 1983. С. 165–179.
14. Casey R., Mesezhnikov M.S., Schulgina N.I. Ammonites zones of the Jurassic/Cretaceous boundary deposits in the Boreal Realm: Newslett. of working group of the Jurassic/Cretaceous boundary. Neuchatel, 1987. N 8. 30 p.
15. Keulegan G.H., Krumbein W.H. Stable configuration of bottom slope in a shallow sea and its bearing on geological processes // Trans. Amer. Geophys. Union. 1949. Vol. 30. P. 855–861.
16. Hallam A. Jurassic environments. Cambridge: Univ. press, 1975. 240 p.
17. Hallam A., Bredshaw M.J. Bituminous shales and oolitic iron-stones as indicators of transgressions and regressions // J. Geol. Soc. London. 1979. Vol. 136. P. 157–164.