



Генезис и корреляция средневожских и валанжинских отложений Ярославского Поволжья по литологическим данным (на примере разрезов «Глебово» и «Сутка»)

Ухов И.С.

Акционерное общество научно-производственный центр «Недра» (АО НПЦ «Недра»), г. Ярославль; uhov_ivan@list.ru

В работе приводятся результаты реконструкции условий осадконакопления средневожских и валанжинских отложений разрезов «Глебово» и «Сутка» на основе детального литологического, минералогического и статистического анализов.

Методы гранулометрического анализа и статистической обработки результатов

В разрезах было отобрано 23 пробы песчаных отложений и конкреций песчаников (в разрезе «Глебово» – 14 проб, в разрезе «Сутка» – 9 проб). Для характеристики отложений, проведен гранулометрический анализ методом ситования и статистическая обработка полученных гранулометрических данных. Гранулометрический анализ проводился по стандартной методике (ГОСТ 12536-79). Использовались сита с размером ячейки от 2.0 мм до 0.08 мм. Для оценки результатов гранулометрического анализа использована шкала Батурина (Фролов, 1993), иначе называемая шкалой G. Гранулометрическая классификация пород приведена по (Фролов, 1993).

Для статистической обработки данных гранулометрического анализа использовались следующие показатели:

- средний модальный размер частиц, фиксирующий положение эмпирического распределения состава на шкале размерностей и характеризующий гидродинамический уровень среды седиментации;
- коэффициент асимметрии, который служит мерой относительного положения кривой распределения размерности зерен, ее смещения в область тонкозернистых или грубозернистых фракций, свидетельствующего о динамическом обогащении осадка частицами определенных размерных фракций (Гроссгейм, 1984);

– эксцесс, отражающий кривизну кривой в ее центральной части по отношению к краям, позволяет оценивать степень сортировки осадка на определенном энергетическом уровне динамических сил, сформировавших гранулометрический состав осадка (Гроссгейм, 1984).

Также использовались графические методы расчета гранулометрических коэффициентов основанные на применении кумулятивных кривых, отображающих гранулометрический состав образцов: средний диаметр (ГСД – графический средний диаметр) определялся по трем точкам гранулометрической кривой и использовался в классификационных целях (Фролов, 1993). Графическое стандартное отклонение (ГСО) использовалось для характеристики сортировки отложений. Графическая асимметрия (ГАС) позволяет охарактеризовать характер симметричности кривых распределения результатов гранулометрического анализа.

Также было выполнено петрографическое описание шлифов, изготовленных из образцов, представленных цементированными разностями.

Гранулометрический состав отложений и процессы осадконакопления

Частоты распределения данных гранулометрического анализа отражают комбинацию двух или трех групп обломочных зерен, связанных с различными формами переноса (Петтиджон, 1981). Эти группы распознаются на кумулятивной кривой.

Для измерения суммарной зернистости породы применялась формула, разработанная М.А. Левчуком (Карогодин, 1980). Для характеристики энергетики среды осадконакопления была использована генетическая диаграмма К.К. Гостинцева построенная в параметрах асимметрия – эксцесс (Методы...).

РАЗРЕЗ ГЛЕБОВО

(58°00'27" с.ш., 38°26'33" в.д.)

Расположен на правом берегу Рыбинского водохранилища у с. Глебово Рыбинского района Ярославской области. Описание разреза (снизу вверх) приводится по (Киселев, 2012), с дополнениями.

Средневолжский подъярус (J3v), зона Virgatites virgatus, подзона Craspedites ivanovi

Слой 1. Кварцевый песок среднезернистый, железистый. Сортировка хорошая. Кривые распределения смещены в грубозернистую область – $S_{кр.}=2.56$ (2.49-2.63), эксцесс высокий, $Ex_{кр.}=6.84$ (6.59-7.10). Среднемодальный размер зерен, $M_{дкр.}=3$ Г (5.29-5.37) Г. На кумулятивной кривой, построенной для образца из подошвы слоя, выделяется одна точка перегиба – G_7 , для образца, отобранного из кровли слоя – две точки перегиба, G_3 и G_7 . В кровле слоя наблюдаются многочисленные норы десятиногих раков. Мощность слоя 1 м (отобрано 2 обр.).

Зона Epivirgatites nikitini

Зона Epivirgatites nikitini, подразделяется на подзоны bipliciformis, lahuseni и nikitini (Киселев, Рогов, 2005). В разрезе Глебово что отложения, относящиеся к разным подзонам литологически различны (Ухов, 2015).

Подзона E. bipliciformis

Слой 2. Кварцевый песчаник мелкозернистый, очень крепкий, железистый, переполненный фосфоритовыми конкрециями кварцевого песчаника крупнозернистого. Сортировка песчаного материала средняя. Кривая распределения смещена в грубозернистую область – $S_{кр.}=0.89$, эксцесс отрицательный, $Ex_{кр.}=-0.38$. В отложениях наблюдается бимодальное распределение результатов гранулометрического анализа – $M_{дкр.}=2.41$ Г и $M_{дкр.}=7.70$ Г. На кумулятивной кривой две точки перегиба – G_3 и G_7 . Мощность слоя 0.5 м.

Слой 3. Кварцевый песок среднезернистый, пятнистый, неслоистый. Сортировка отложений довольно хорошая. Кривая распределения смещена в грубозернистую область – $S_{кр.}=0.89$, эксцесс 1.40. $M_{дкр.}=4.88$ Г. На кумулятивной кривой две точки перегиба – G_3 и G_7 . Мощность слоя 0.4 м (отобран 1 обр.).

Слой 4 (нависает в виде карниза – плиты). Кварцевый песчаник среднезернистый, железистый. Сортировка отложений средняя. Кривая распределения смещена в грубозернистую область – $S_{кр.}=1.91$, эксцесс, $Ex_{кр.}=3.69$. $M_{дкр.}=5.13$ Г. На кумулятивной кривой две точки перегиба – G_3 и G_7 . Мощность слоя 0.4 м (отобран 1 обр.).

Подзона E. lahuseni

Слой 5. Кварцевый песок среднезернистый, ожелезненный. Сортировка средняя. Кривая распределения сильно смещена в грубозернистую область – $S_{кр.}=1.61$, эксцесс, $Ex_{кр.}=2.27$, $M_{дкр.}=5.02$ Г. На кумулятивной кривой две точки перегиба – G_3 и G_7 . Мощность слоя 0.4 м (отобран 1 обр.).

Слой 6. Кварцевый песок среднезернистый плотный, железистый. Сортировка отложений средняя. Кривые распределения смещены в грубозернистую область – $S_{кр.}=1.33$ (1.08-1.46), значения эксцесса варьируют от -0.32 до 1.56, модальный размер зерен $M_{дкр.}=4.89$ Г (4.78-4.95) Г. На кумулятивных кривых две точки перегиба – G_3 и G_7 . Мощность слоя 1.2 м (отобрано 3 обр.).

Подзона E. nikitini

Слой 7. Кварцевый песок крупнозернистый, неотчетливо слоистый, с линзами сильного ожелезнения. Сортировка средняя. Кривые распределения смещены в грубозернистую область – $S_{кр.}=1.11$ (0.76-1.44), эксцесс варьирует от -1.10 до 1.75. модальный размер зерен $M_{дкр.}=4.84$ (4.70-5.04) Г. На кумулятивных кривых две точки перегиба – G_3 и G_7 , на кривой, построенной для образца из кровли слоя вторая точка – G_9 . Мощность до 1,5 м (отобрано 4 обр.).

Верхневаланжинский подъярус (K1v), зона Prodictotomites ivanovi

Слой 8. Конгломерат, состоящий из зеленовато-серых конкреций кварцевого песчаника среднезернистого с кальцитово-фосфоритовым цементом. Сортировка песчаного материала довольно хорошая. Кривая распределения смещена в грубозернистую область – $S_{кр.}=2.77$, эксцесс $Ex_{кр.}=7.88$, $M_{дкр.}=7.91$ Г. На кумулятивной кривой две точки перегиба – G_3 и G_7 . Мощность слоя 0.2 м (отобран 1 обр.).

Фосфоритовые конкреции, судя по находкам аммонитов, имеют разный возраст: поздневолжский, берриасский и валанжинский.

РАЗРЕЗ СУТКА

(57°57'13" с.ш., 38°16'48" в.д.)

Расположен в Некоузском районе Ярославской области, имеет мощность около 5-6 м и вскрывается в левом берегу р. Сутки, в нижнем ее течении. Описание разреза приводится по (Киселев, 2012), с дополнениями.

Средневолжский подъярус (J3v), зона Epivirgatites nikitini, подзона E. lahuseni

Слой 1. Полимиктовый песок среднезернистый, уплотненный, биотурбированный, местами переходящий в гравелит или очень плотный грубозернистый песчаник. В петрографических шлифах видно, что крупная фракция составляет около 40% общего количества обломочного материала в грубозернистом песчанике. Большая часть зерен представлена кварцем, наиболее крупные зерна – обломками кварцитов, гранитов, крупнозернистых песчаников. Песчаные зерна сцементированы шамотом, с характерным оолитовым строением (Миловский, 1979). Вмещающий среднезернистый песок умеренно сортированный, кривые распределения гранулометрических данных смещены в грубозернистую область – $S_{кр.}=1.57$, эксцесс $Ex_{кр.}=1.99$. Кумулятивные кривые имеют две точки

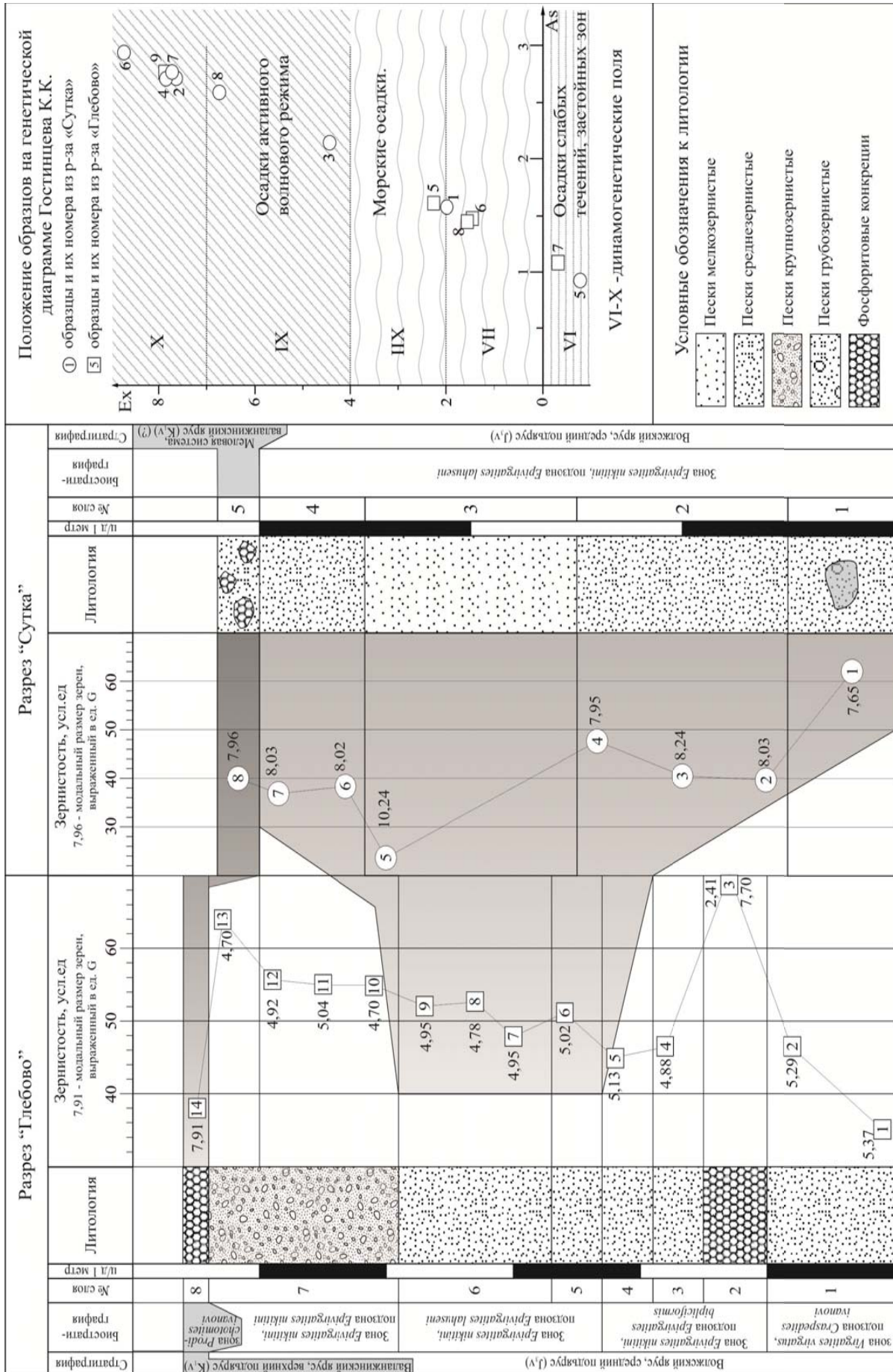


Рис. 1. Литологическая характеристика отложений разрезов «Глебово» и «Сутка» и их генетическая интерпретация

перегиба – G_3 и G_7 . Модальный размер зерен $M_{д.ср.}=7.65$ Г. Мощность слоя 0.5 м (отобран 1 обр.).

Слой 2. Кварцевый песчаник среднезернистый рыхлый, местами плотный ожелезненный, ржаво-бурый. Песчаный материал довольно хорошо отсортирован, кривые распределения почти симметричные – $S_k=2.53$ (2.14-2.75). $Ex_{ср.}=6.64$ (4.43 до 7.85). На кумулятивной кривой образца, отобранного из подошвы слоя, имеются две точки перегиба – G_3 и G_7 , на кривых остальных образцов – одна точка перегиба, G_7 . $M_{д.ср.}=8.07$ Г (7.95-8.24) Г. Мощность слоя 1 м (отобрано 3 обр.).

Слой 3. Кварцевый песчаник среднезернистый, очень плотный, железистый. В шлифах песчаника видно, что обломочный материал состоит в основном из кварца (95 %), с единичными зернами глауконита. Большинство зерен характеризуется средней окатанностью. Значительная часть зерен покрыта железистыми корочками. Цемент песчаника железистый, базальный, неравномерный (40-60 %), в нем отмечаются дендриты кристаллитов железистых минералов. В кровле слоя песчаник сменяется мелкозернистый рыхлым мелкозернистым песком. Песок довольно хорошо отсортирован, кривая распределения размерности зерен смещена в грубозернистую область – $S_{к.ср.}=0.92$, эксцесс отрицательный, $Ex_{ср.}=-0.80$. $M_{д.ср.}=10.54$ Г. На кумулятивной кривой две точки перегиба – G_3 и G_{10} . Мощность слоя 1 м (отобран 1 обр.).

Слой 4. Кварцевый песчаник среднезернистый, рыхлый. Сортировка отложений довольно хорошая, кривые распределения почти симметричные – $S_{к.ср.}=2.53$ (2.14-2.75), эксцесс $Ex_{ср.}=8.22$ (7.72-8.72). На кумулятивных кривых две точки перегиба: для образца из подошвы слоя – G_0 и G_7 , для образца из кровли слоя – G_3 и G_7 . $M_{д.ср.}=8.03$ Г (8.02-8.03) Г. Мощность слоя 0,5 м (отобрано 2 обр.).

Меловая система, валанжинский ярус (K_1V) (?)

Слой 5. Кварцевый песок среднезернистый, ожелезненный, переполненный фосфоритовой галькой. Отложения хорошо сортированы, кривая распределения симметричная – $S_{к.ср.}=2.59$, $Ex_{ср.}=6.74$, $M_{д.ср.}=7.96$ Г. На кумулятивной кривой одна точка перегиба – G_7 . В фосфоритовой гальке найдены верхневолжские аммониты, аналогичные найденным в фосфоритовом конгломерате разреза Глебово. Мощность слоя 0.2 м (отобран 1 обр.).

Характеристика гидродинамического режима в глебовской зоне морского палеобассейна в конце средневолжского (зона *Epivirgatites nikitini*, подзона *E. lahusei*) и в поздневаланжинское время (зона *Prodichotomites ivanovi*)

Псаммиты слоя 5 по гранулометрическим характеристикам попадают в поле VIII генетической диаграммы К.К. Гостинцева, соответствующее типичным морским сублиторальным осадкам. Песчаные отложения основания этого слоя и его прикровельной части попадают в поле VII морских мелководных осадков. Об этом свидетельствует также скопления нор десятиногих раков в кровле слоя (Киселев, 2012). Средняя часть слоя 5 соответствует

полю VI, отвечающему мелководным осадкам со слабым течением или зоне застоя. Возможно, нижняя и прикровельная части слоя отлагались в условиях литорали, тогда как средняя – в сублиторальных условиях.

Псаммиты зоны *Prodichotomites ivanovi* (слой 8), по данным гранулометрического анализа могли формироваться в зоне активного волнового режима, периодически подверженных приливно-отливным воздействиям, способствовавшим привносу мелкозернистого материала и его осадению..

В поздневаланжинское время море в Ярославском Поволжье могло испытывать периодические колебания уровня. Вследствие этого глубины накопления песков изменялись в пределах от 0 до 5 м (зона литорали), происходило отложение обломочного песчаного материала и постепенное «скатывание» ранее образовавшихся конкреций в переходную от нижней к верхней сублиторали зону моря. В переходной зоне, в мелководных морских условиях со слабой гидродинамической энергией и периодическими перемывами, очевидно и происходила фосфатизация отложений. Подобные условия могли существовать в литоральной и лагунно-заливной зонах, но также и в относительно более глубоководных зонах моря, включая краевые части шельфа (Фролов, 1993).

Характеристика гидродинамического режима в суткинской зоне палеобассейна в конце средневолжского (зона *Epivirgatites nikitini*, подзона *E. lahusei*) и в поздневаланжинское время (зона *Prodichotomites ivanovi*)

Псаммиты слоя 1 по своим гранулометрическим показателям попадают на генетической диаграмме К.К. Гостинцева в поле VII, соответствующее типичным мелководным морским осадкам. Слой 1 интенсивно биотурбирован, что не противоречит подобной интерпретации. В рыхлом песчаном матриксе слоя 1 присутствуют включения песчаника, сцементированного шамотом. Это позволяет предполагать формирование осадка в теплых водах прибрежной части верхней сублиторали на глубинах в интервале нескольких десятков метров при воздействии регулярных волн (Захаров, 2016).

Отсортированные пески слоя 2 по характерным значениям асимметрии и эксцесса могут быть отнесены к полям IX и X генетической диаграммы. Эти поля соответствуют осадкам, дифференциация обломочного материала в которых происходила в результате активного волнения, с участием приливно-отливных явлений, способствовавших привносу мелкозернистого материала и его быстрому осаж-

дению на контакте литорали и верхней сублиторали.

Песчаники слоя 3 соответствуют полю VI диаграммы, предполагающему их накопление на участках дна со слабыми течениями или временами гидродинамического застоя, чему могли способствовать подводные песчаные валы в пределах верхней сублиторали.

Пески слоя 4 по гранулометрическим характеристикам попадают в поле X осадков, накопившихся в условиях литорали.

Песчаные отложения слоя 5, предположительно мелового возраста, характеризуются высокими значениями эксцесса и положительной асимметрией. На генетической диаграмме они попадают в поле IX осадков зоны активной волновой динамики. Эти пески переполнены хорошо окатанной фосфоритовой галькой, что подтверждает выдвинутую гипотезу. Процесс образования первоначальных фосфоритовых стяжений, вероятно, был сходен с таковым формирования фосфоритов слоя 8 из разреза «Глебово».

Корреляция разрезов по литологическим признакам

Пески и песчаники из изученных разрезов «Глебово» и «Сутка» довольно близки по своим литологическим характеристикам: гранулометрическим параметрам, суммарной зернистости, определенной, а также по минералогическим и геохимическим особенностям включений, что позволяет провести литостратиграфическую корреляцию (Рис. 1). Установлено, что слой 5 разреза «Глебово» и слой 1 разреза «Сутка» сходны по статистически оцененным гранулометрическим параметрам и зернистости. Средняя часть слоя 6 разреза «Глебово» по тем же показателям близка прикровельной части слоя 3 разреза «Сутка». Валанжинский фосфоритовый конгломерат слоя 8 разреза «Глебово» коррелируется со слоем 5 разреза «Сутка», ранее предположительно отнесенного к валанжину (Киселев и др., 2012). Сопоставление разрезов возможно по признакам, выявленным на основании сходства полей генетической диаграммы, например, для осадков, формировавшихся в условиях регулярных волнений (см. Рис. 1).

Выводы. Проведенные детальные литолого-седиментологические исследования показали, что

средневожские породы зоны *Epivirgatites nikitini*, подзоны *E. lahuseni* изученных разрезов близки по гранулометрическим параметрам и зернистости, что позволяет их послойно сопоставлять. Слой 5 в разрезе «Сутка» ранее не датированный, может быть сопоставлен со вторым слоем верхнего фосфоритового конгломерата (слой 8) в разрезе «Глебово» (слой 8) и отнесен к валанжину. Значительная мощность и фаціальное разнообразие подзоны *Epivirgatites lahuseni* в разрезе «Сутка» позволяют считать его более привлекательным для детальных палеогеографических и палеоэкологических исследований этого биостратиграфического интервала.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 17-05-00716.

Литература

1. Гроссгейм В.А. Методы палеогеографических реконструкций. М.: Недра, 1984. 266 с.
2. Захаров В.А. Глубины палеобассейнов и подходы к их реконструкции // В кн.: Палеонтология. Стратиграфия, Астробиология. К 80-летию А.Ю. Розанова. М.: ПИН РАН, 2016. С.208–228.
3. Карогодин Ю.Н. Седиментационная цикличность. М.: Недра, 1980. 242 с.
4. Киселев Д.Н., Rogov M.A. Инфразональная стратиграфия и аммониты пограничных средневожских отложений Европейской России // В кн.: Материалы I Всероссийского совещания «Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии». М.: ГИН РАН, 2005. С.135–139.
5. Киселев Д.Н., Rogov M.A. Сутка // В кн.: Объекты геологического наследия Ярославской области: стратиграфия, палеонтология и палеогеография. М.: ЗАО «Издательский Дом «Юстицинформ», 2012. С.171–174.
6. Киселев Д.Н., Rogov M.A., Баранов В.Н., Муравин Е.С. Глебово // В кн.: Объекты геологического наследия Ярославской области: стратиграфия, палеонтология и палеогеография. М.: ЗАО «Издательский Дом «Юстицинформ», 2012. С.149–167.
7. Методы обработки и генетической интерпретации данных дробного гранулометрического анализа (URL: <http://lithology.ru/node/91>).
8. Миловский А.В. Минералогия и петрография. М.: Недра, 1979. 439 с.
9. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. М.: Недра, 1981. 751 с.
10. Ухов И.С. Особенности генезиса фаций средней и верхней волги (верхняя юра) Ярославского Поволжья // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии, Махачкала: АЛЕФ, 2015. С.292–294.
11. Фролов В.Т. Литология (в 3-х кн.) Книга 2. М.: Изд-во МГУ, 1993. 431с.

**Refinement of the genesis and correlation
for the Middle Volgian and Valanginian
of the Yaroslavl Volga region by lithological data
(Glebovo and Sutka sections)**

Ukhov I.

JSC «SIC Nedra», Yaroslavl, Russia; uhov_ivan@list.ru

The reconstruction of hydrodynamics in the marine paleobasin for the Middle Volgian Epivirgatites nikitini Zone and Valanginian intervals were created on the basis of detailed lithological studies of the Glebovo and Sutka sections (Yaroslavl region). The results show that the Middle Volgian sandy deposits of Epivirgatites nikitini Zone (E. lahuseni Subzone) of both sections are similar in grain-size parameters, allowing lithostratigraphic correlation. Some greater thickness and higher facies diversity of the E. lahuseni Subzone in the Sutka section allow us to consider it as most suitable for paleogeographic and paleoecological studies.