

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костырева Е.А. Геохимия и генезис палеозойских нефтей юго-востока Западной Сибири. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. — 183 с.
2. Исаев В.И. Прогноз материнских толщ и зон нефтегазонакопления по результатам геоплотностного и палеотемпературного моделирования // Геофизический журнал. — 2002. — Т. 24. — № 2. — С. 60–70.
3. Атлас «Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа» / Ред. Э.А. Ахпателов, В.А. Волков, В.Н. Гончарова и др. — Екатеринбург: Изд-во «ИздатНаукаСервис», 2004. — 148 с.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Р-44,45. — Верхнеимбатск. Объяснительная записка / Отв. ред. В.С. Сурков, А.Е. Бабушкин. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. — 171 с.
5. Шутько С.Ю., Кирьянова Н.И. Новые данные о приконтактной зоне платформенного чехла и палеозойских образований Северо-Варьганского и Варьганского месторождений // Геология нефти и газа. — 1989. — № 11. — С. 14–16.
6. Елисеев В.Г., Тепляков Е.А. Новые данные о геологическом строении восточной части Ханты-Мансийского округа — ЮГРЫ. Т. 1 // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО / Ред. В.И. Карасев, Э.А. Ахпателов, В.А. Волков. — Ханты-Мансийск: Изд-во «ИздатНаукаСервис», 2006. — С. 92–98.
7. Исаев В.И. Плотностная модель доюрских отложений вдоль регионального сейсмопрофиля XIII (центральная часть Западно-Сибирской плиты) // Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ / под ред. Р.Х. Муслимова и А.И. Ларочкиной. — Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2006. — С. 106–108.
8. Фомин А.Н. Катагенетические условия нефтегазообразования Западно-Сибирского мегабассейна // Геология и геофизика. — 2004. — Т. 45. — № 7. — С. 833–842.

Поступила 23.03.2010 г.

УДК 552.578.2.4

ВЛИЯНИЕ КАТАГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАСТА Ю₁¹ ХВОЙНОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е.Н. Осипова, А.В. Ежова

Томский политехнический университет
E-mail: osipovaen@list.ru

Приводится состав породообразующей части и цементирующего материала в коллекторах пласта Ю₁¹ Хвойного нефтяного месторождения (Томская область). Установлена зависимость коллекторских свойств пород от вторичных преобразований, среди которых отмечаются трещинообразование, растворение, интенсивная слюдизация, пелитизация полевых шпатов и регенерация кварца.

Ключевые слова:

Нефтяное месторождение, коллектор, песчаник, кварц, полевые шпаты, цемент.

Key words:

Petroleum deposit, reservoir, sandstone, quartz, feldspar, cement.

Каждый бассейн породообразования представляет собой сложно построенную флюидно-породную систему. Это воды, погребённые в осадках, воды элизионные, т. е. выделившиеся при напряжённых термобарических условиях из кристаллических решёток различных минералов, жидкие и газообразные углеводороды, генерируемые органическими веществами (ОВ), многие газы, генерируемые тем же ОВ, а также CO₂, возникающий в результате гидролиза карбонатов. Сюда же могут поступать снизу ювенильные флюиды по разломам из фундамента. Породы постоянно претерпевают изменения своих вещественных составов, структур и текстур. Проблемы преобразования осадочных пород решались многими отечественными и зарубежными учёными, такими как А.В. Копелиович, Н.Б. Вассоевич, Н.М. Страхов, Л.В. Пустовалов, Б.А. Лебедев, У.Х. Твенхоффел и др. с начала XX столетия до сегодняшнего дня, совершенствуясь, при получении новой информации.

Каждое месторождение имеет свои особенности, каждый объект (пласт) индивидуален. Как повлияли катагенетические преобразования пород Хвойного месторождения на коллекторские свойства пласта Ю₁¹, исследовали авторы данной статьи.

Хвойное нефтяное месторождение расположено на восточном склоне Нижневартовского свода Томской области (рис. 1). Нефтенасыщенным является пласт Ю₁¹, приуроченный к верхней части васюганской свиты келловей-оксфордского возраста. Изучение пород этого пласта проводилось для оценки коллекторских свойств путём детального петрографического анализа керна в шлифах (с помощью поляризационного микроскопа) из скважин 3, 6 и 8. В задачу исследований входило определение вещественного и количественного состава породообразующей части и цементирующего материала песчаников, гранулометрического состава и укладки зёрен.

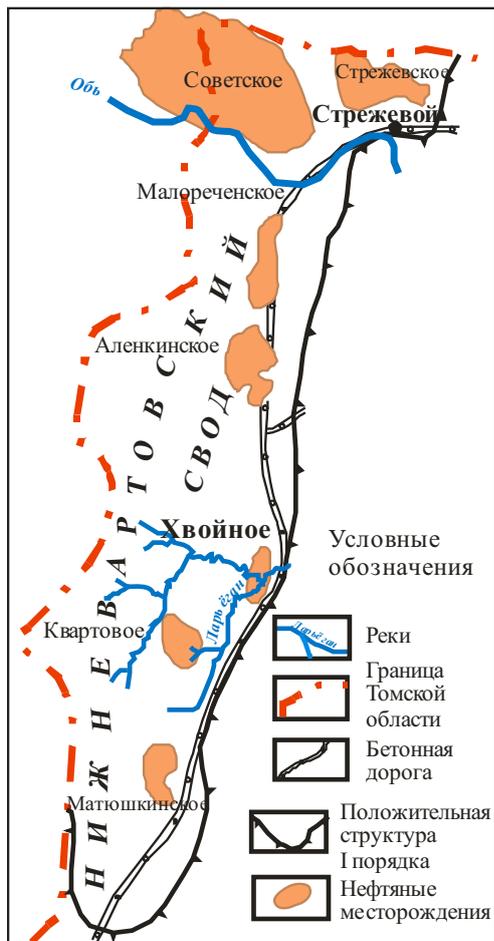


Рис. 1. Схематическая обзорная карта Нижневартовского нефтегазоносного района

По granulometricкому составу диапазон фракций колеблется от крупно-среднезернистой (скв. 3 и 8) до мелкозернистой песчаной и алевритовой (скв. 6). По минеральному составу песчаники пласта кварц-полевошпатовые. Содержание обломков пород превышает 25 %, что позволило отнести песчаники изучаемого пласта к граувакковым. Второстепенные минералы представлены слюдами, хлоритом, глауконитом, пиритом, сидеритом. К особенностям песчаников следует отнести невысокое содержание цемента полиминерального состава, в основном, порового типа, реже плёночного. Главными составляющими цемента являются вторичные минералы, представленные каолинитом, кальцитом, сидеритом, пиритом, гидрослюдой.

Кварц встречается в виде обломков разной формы. В среднезернистых разностях значительная часть кварцевых зёрен (до 17 %) регенерирована, при этом зерно приобретает форму кристалла с хорошо выраженными гранями, рёбрами, углами (рис. 2). Аутигенный кварц отделён от основного зерна тонкой нитью частиц глинистых минералов. Близко расположенные кварцевые обломки сростаются при регенерации, образуя конформные контакты. В мелкозернистых разностях и алевролитах кварцевый аутигенез не отмечен, что можно объяс-

нить малой фильтрующей способностью осадка (скв. 6: коэффициент пористости K_n – 14...15 %, коэффициент проницаемости $K_{пр}$ – до $1 \cdot 10^{-3}$ мкм²). Иногда зёрна по периферии растворены, отчего приобретают неровные края (рис. 3). Часть зёрен корродированна цементом.



Рис. 2. Регенерация кварцевых зёрен; пелитизация, гидрослюдизация обломков. Скв. 3, гл. 2697,90 м, шл. 743, 20·6,3; ник. 2. $K_n=19,5$ %, $K_{пр}=199,0 \cdot 10^{-3}$ мкм²

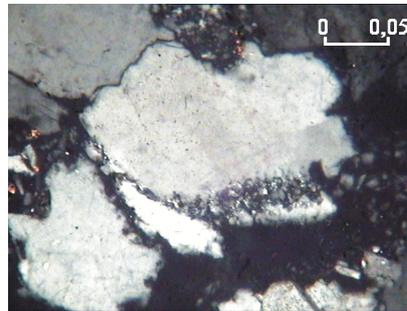


Рис. 3. Зёрна кварца с зонами растворения; микростилолитовый шов. Скв. 3, гл. 2698,02 м, шл. 744, 20·6,3; ник.2. $K_n=18,5$ %, $K_{пр}=81,7 \cdot 10^{-3}$ мкм²

Полевые шпаты представлены ортоклазами и плагиоклазами (рис. 4), часто претерпевшими вторичные преобразования: преобладают интенсивно (13...24 %) и среднеизменённые (8...16 %) зёрна. Они в разной степени подвержены растворению, с образованием внутризерновой пористости (рис. 5), ожелезнению, пиритизации, серицитизации и пелитизации. Проявление двух последних процессов привело к образованию слюдистых и глинистых обломков. В них реликтовая структура в большинстве случаев не просматривается, а угадывается, благодаря прямоугольной форме обломочных зёрен (рис. 4), что позволило считать их продуктами вторичных изменений полевых шпатов. Некоторые зёрна интенсивно изменённых полевых шпатов под растровым электронным микроскопом имеют ячеистую структуру и напоминают пчелиные соты [2]. Коррозия обломочных зёрен наблюдается в песчаниках, где значительная часть цемента представлена кальцитом, сидеритом и пиритом (скв. 6).

К обломкам пород отнесены эффузивы, гранитоиды, кремнистые, слюдистые, кремнисто-слюдистые и глинистые разности. Эффузивы (5...12 %) преимущественно среднего и основного состава, часто хлоритизированы, лейкоксенизированы и

пиритизированы. Отмечаются обломки с микролитовой структурой, когда очень мелкие (до 0,03 мм) лейсты плагиоклазов погружены в стекловатую основную массу.

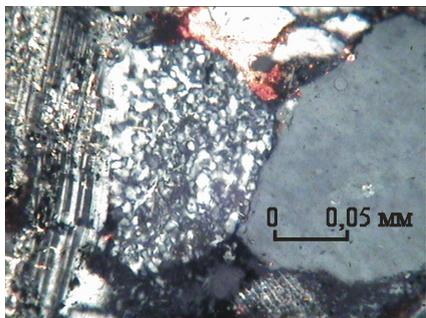


Рис. 4. Серичитизированный плагиоклаз; конформная структура зёрен; хрупкая деформация. Скв. 3, гл. 2698,22 м, шл. 745, ник. 2. $K_n=18,0\%$, $K_{np}=183,0 \cdot 10^{-3}$ мкм²

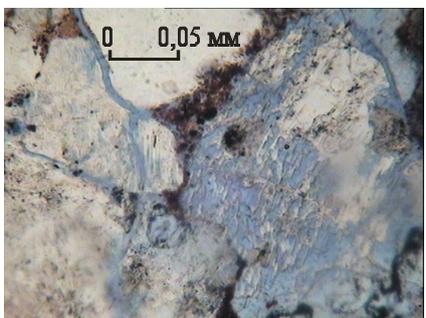


Рис. 5. Внутризерновая пористость в зёрнах полевых шпатов. Скв. 3, гл. 2699,13 м, шл. 748, 20·6,3; 1 ник. $K_n=16,7\%$; K_{np} не опр.

Среди обломков, отнесённых к гранитоидам (1...10 %), чаще встречаются пертиты (прорастания калиевого полевого шпата альбитом), реже микропегматиты (прорастания калиевого полевого шпата кварцем) и мирмекиты (тонкие прорастания плагиоклаза изогнутыми червеобразными вростками кварца), полевой шпат, при этом, часто пелитизирован.

Кремнистые обломки (2...7 %) представлены перекристаллизованными радиоляритами и кварцитами. В шлифах, где их количество увеличивается (иногда до 9 %), возрастает и процентное содержание кварцевых зёрен до 43 %. Гораздо реже встречаются кремнисто-слюдистые обломки (до 3 %), представленные агрегатом микрозернистого кварца и чешуек серицита, расположенных параллельно между зёрнами.

Слюды, представленные бесцветным мусковитом и плеохроирующим в зеленовато-бурых тонах биотитом, как правило, хлоритизированы и гидратизированы. Иногда слюдяные полоски расщеплены на волокнистые агрегаты (рис. 6), промежутки между которыми заполнены микроконкрециями сидерита и пирита.

Степень преобразования горных пород характеризуется уплотнением терригенного осадка. В из-

ученных шлифах чаще встречаются контакты линейные (29...74 %) – конформная структура – когда зёрна соприкасаются своими гранями. Внедрение зёрен друг в друга (22...60 %) – инкорпорационная структура (рис. 7) – происходит при контакте твёрдых зёрен кварца и кремнистых обломков в полевые шпаты, глинистые и слюдяные образования.

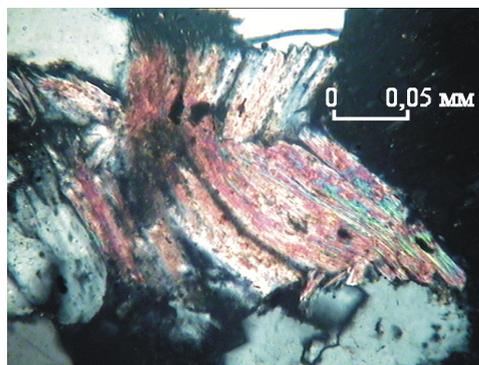


Рис. 6. Гидратизированный мусковит, пластическая деформация. Скв. 3, гл. 2697,90 м, шл. 743, 9·6,3; ник. 2. $K_n=19,5\%$, $K_{np}=199,0 \cdot 10^{-3}$ мкм²



Рис. 7. Инкорпорационная структура. Регенерационный кварцевый цемент. Скв. 3, гл. 2699,13 м, шл. 748, 20·6,3; ник. 2. $K_n=16,7\%$; K_{np} не опр.

В зёрнах отмечаются микростилолитовые швы (рис. 3). Точечные контакты встречаются довольно редко (6...19 %), чаще они фиксируются в карбонатизированных разностях с пойкилитовой цементацией. Таким образом, в шлифах отмечается гравитационное уплотнение – механогенный процесс, приводящий к компактной упаковке породных компонентов, вплоть до возникновения пластических (рис. 6) или хрупких деформаций (рис. 4) и гравитационная коррозия седиментогенных минералов. Так как растворимость вещества зависит от давления, а также от различия в давлении, под которым находится твёрдая и жидкая фазы, то в разных точках породы возникают различные концентрации растворённых элементов [3]. Диффузия, приводящая к выравниванию концентраций, вновь создаёт неравновесное состояние раствора и погружённых в него зёрен. В точках повышенных напряжений раствор оказывается недонасыщенным, вследствие чего зёрна продолжают раство-

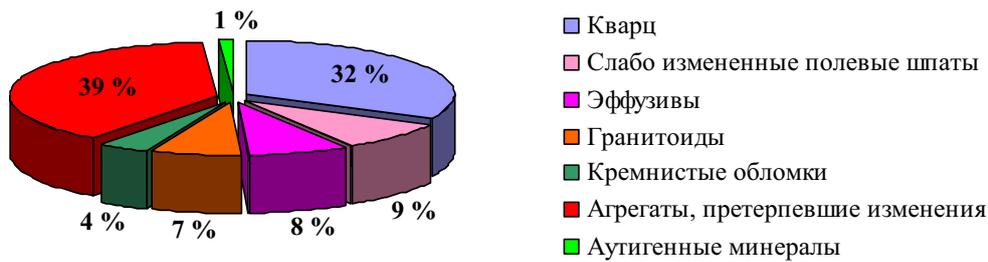


Рис. 8. Характеристика пород пласта Ю₁₁ по скважинам Хвойного месторождения

ряться. А в соседних участках, где напряжения менее значительны, раствор становится перенасыщенным и происходит регенерация обломочных зёрен (рис. 2).

Акцессорные минералы (циркон, сфен, эпидот, титанистые минералы) обнаруживаются как в виде отдельных кристаллов и их мелких скоплений, так и в виде включений в обломочных зёрнах. В песчаниках из образцов скважин 3 и 8 они встречаются редко, а из образцов скв. 6 попадаются участки, где в поле зрения микроскопа видно сразу несколько кристаллов.

Органические остатки представлены растительным детритом, сосредоточенным в мелкозернистых песчаных и алевролитовых фракциях скважины 6. Это преимущественно гелефицированные (красные), реже фюзенизированные (чёрные) растительные остатки, в единичных случаях сохранилась структура клетчатки. Вместе с прослоями пирита, сидерита и полосками слюды они создают микрослоистость. Иногда по растительным остаткам отмечаются псевдоморфозы пирита.

При анализе полученных данных была построена циклограмма, которая иллюстрирует степень вторичного преобразования пород (рис. 8). В сектор «агрегаты, претерпевшие изменения» отнесены полевые шпаты средне- и сильно изменённые, слюда, регенирированные зёрна кварца, слюдистые, глинистые и кремнисто-слюдистые обломки. В сектор «аутигенные минералы» включены: глауконит, хлорит, сидерит и пирит. Следует отметить, что изменённые обломки эффузивов и гранитоидов не учтены при построении, поскольку их процентное содержание не подсчитывалось.

Изучая зависимость коллекторских свойств от содержания полевых шпатов разной степени сохранности, авторы отметили, что увеличение интенсивно изменённых зёрен ухудшает поровое пространство и фильтрацию, причём последнюю в большей степени. Положительные коэффициенты корреляции отмечены между глинистыми обломками, гранитоидами и проницаемостью пород, что объясняется, возможно, наличием внутризерновой пористости, способной пропускать фильтрат. Отрицательно влияют на фильтрационно-ёмкостные свойства обломки, подверженные вторичным преобразованиям.

Под вторичными преобразованиями понимают диагенетические и катагенетические процессы с

учётом окислительно-восстановительной обстановки. С окислительным этапом литогенеза связано появление глауконита, с восстановительным — рассеянная пиритовая сыпь, плёночный пиритовый цемент вокруг обломков, пелитоморфные модификации сидерита, лейкоксен (вблизи растительных остатков), пелитовый и микрокристаллический каолинит.

В шлифах отмечаются минеральные индикаторы как диагенетической, так и катагенетической стадий литогенеза. С ранним катагенезом за счёт внутрислойного растворения слюд связывается образование каолинита (рис. 9), гидрослюд, хлорита, сидерита (рис. 9, 10), растущего в свободном поровом пространстве регенерационного кварца (рис. 2).

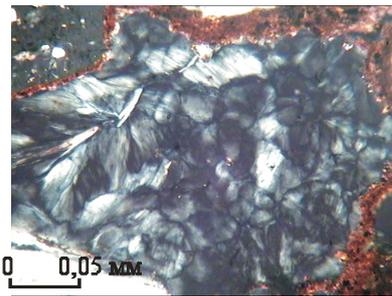


Рис. 9. Хорошо раскристаллизованный каолинит окружён сидеритом. Скв. 3, гл. 2697,90 м, шл. 743, 9·6,3, ник. 2. $K_n=19,5 \%$, $K_{np}=199,0 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$

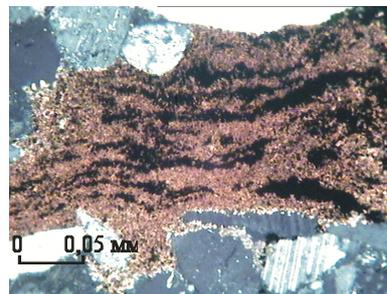


Рис. 10. Микрозернистый сидерит в ассоциации с пиритом. Скв. 6, гл. 2805,76 м, шл. 740, 20·6,3; ник. 2. $K_n=14,5 \%$, $K_{np}=0,9 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2$

В среднем катагенезе образовались кальцитовые цементы пойкилитового, порового типов и сферокристаллы сидерита. В позднем катагенезе происходила регенерация кварца. Изучение аутигенеза в нефте- и водонасыщенных песчаниках [2]

показали увеличение количества регенерационного кварца в водонасыщенных песчаниках относительно нефтенасыщенных разностей. Этот факт объясняется консервирующим влиянием углеводородов на катагенетические процессы [1].

Расположение скважин в районе активной тектонической деятельности с широким развитием дизъюнктивных нарушений позволяет объяснить многие вопросы формирования высоких коллекторских свойств. Действие тектоники на Хвойном месторождении проявляется в трещиноватости зёрен, отмеченных в шлифах (рис. 11, 12).

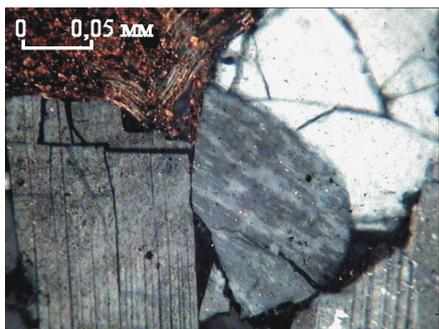


Рис. 11. Микротрещины в зернах полевого шпата, кварца и пертита. Скв. 3, гл. 2698,02 м, шл. 744. 20·б,3; ник. 2. $K_n=18,5\%$, $K_{np}=81,7\cdot 10^{-3}$ мкм²



Рис. 12. Микротрещины в зерне полевого шпата. Скв. 3, гл. 2698,02 м, шл. 744, 20·б,3; ник. 1. $K_n=18,5\%$, $K_{np}=81,7\cdot 10^{-3}$ мкм²

Поступление нефти в коллектор может быть связано с возникновением каналов при проявлении разломной тектоники. Углекислый газ или углекислые гидротермы, поступаая в коллектор по разломам, способствуют резкому повышению кислотности поровых растворов и понижению рН. С изменением кислотности поровых растворов на-

чинается осаждение из них элементов, ранее растворённых (карбонатов железа, кальция, регенерация кварца, и др.).

В породах, перекрывающих зоны дизъюнктивных нарушений палеозойского фундамента, отмечается значительная степень разуплотнения.

Широкое развитие явлений растворения обломочных зёрен под давлением и переотложение растворившегося материала в порах песчаных пород ведут к снижению пористости, проницаемости песчаников и, следовательно, к ухудшению их коллекторских свойств. С этой точки зрения большинство геологов оценивают влияние катагенетических процессов на коллекторские свойства пород.

Однако, наряду с катагенезом, приводящим к прогрессивному уплотнению пород и к деградации пористости, существуют процессы, связанные с активной циркуляцией вод, ведущие к значительному выносу вещества за пределы породы. Это, например, эпигенетическая каолинизация и диккитизация биотита и полевых шпатов, развитие которых сопряжено со значительным выносом кремнекислоты, в результате чего пористость и проницаемость преобразующихся пород существенно возрастают.

Выводы

Изучен состав породобразующей части и цементирующего материала в коллекторах пласта Ю₁¹ Хвойного нефтяного месторождения (Томская область). Установлена зависимость коллекторских свойств пород от вторичных преобразований, среди которых отмечаются трещинообразование, растворение, интенсивная слюдизация, пелитизация полевых шпатов и регенерация кварца.

Выявлены изменения обломочных зёрен (растворение кварца, серицитизация и пелитизация полевых шпатов, а также ожелезнение, хлоритизация, лейкоксенизация, сидеритизация и пиритизация обломков), обилие слюдистого материала, внутризерновая пористость, присутствие в цементе карбонатов кальция и железа, пирита и гидрослюд, а также регенерационный цемент и наличие микростилолитовых швов.

Улучшение коллекторских характеристик в скважинах Хвойного месторождения связано с действиями разрывной тектоники, растворения и выноса минеральных веществ. Ухудшение фильтрационной способности пород связано с переотложением карбонатов кальция и железа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Недолывко Н.М. Эволюция пустотно-порового пространства в зонах водонефтяных контактов // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. – № 1. – С. 99–107.
2. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.
3. Япаскерт О.В. Предметаморфические изменения осадочных пород в стратифере: Процессы и факторы. – М.: ГЕОС, 1999. – 260 с.

Поступила 09.04.2010 г.