

ГЕОЛОГИЯ И РАЗРАБОТКА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 622.24.063

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ БИОДЕСТРУКЦИИ БИОПОЛИМЕРНОГО БУРОВОГО РАСТВОРА И УПРАВЛЕНИЕ ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Н. В. ШЕМЛЕЙ

Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», г. Гомель

Т. В. АТВИНОВСКАЯ

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Рассмотрены вопросы биодеструкции биополимерного бурового раствора, предназначенного для использования в субвертикальных, субгоризонтальных и горизонтальных участках скважин.

Показано, что недооценка опасности бактериальной деструкции приводит к потере технологических свойств бурового раствора, коррозии бурового инструмента, загрязнению призабойной зоны пласта коллектора.

В результате проведенных лабораторных исследований авторами были выбраны наиболее эффективные биоцидные реагенты, определены концентрации и сроки обработки биоцидными препаратами, установлены критические «реперные» значения технологических параметров бурового раствора.

На основе проведенных исследований для предотвращения биодеструкции в биополимерные системы вводятся биоцидные добавки, ингибирующие процессы деструкции полисахаридных реагентов. В превентивных мерах биоциды вводят в воду затворения при приготовлении буровых растворов на основе ксантановой камеди, дальнейшие обработки проводят через каждые шесть суток. В промышленных условиях для контроля процессов биодеструкции в качестве индикаторов рекомендовано использовать следующие параметры: pH, условную вязкость и статическую фильтрацию.

Выработанные технологические решения доказали свою эффективность при решении рассматриваемой проблемы и повысили успешность работ, что подтверждено более чем на 30 скважинах месторождений Беларуси.

Ключевые слова: буровые растворы, биополимер, биодеструкция, биоциды, реагенты полисахаридной группы, крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, полианионная целлюлоза, ксантан, реологические параметры, тиксотропные характеристики, фильтрационно-емкостные свойства, скин-фактор, призабойная зона пласта.

STUDY OF BIOPOLYMER DRILLING MUD BIODEGRADATION AND ITS PROCESS PARAMETER CONTROL

N. V. SHEMLEI

*Belarusian Oil Research and Design Institute
RUE “Production Enterprise “Belorusneft”, Gomel*

T. V. ATVINOVSKAYA

*Educational Institution “Sukhoi State Technical University
of Gomel”, the Republic of Belarus*

The issues on biopolymer drilling mud biodegradation intended for use in subvertical, subhorizontal and horizontal well sections are considered.

It is shown that underestimation of bacterial destruction danger leads to a loss of drilling mud processing properties, drilling tool corrosion, and wellbore damage of a collector layer.

As a result of laboratory studies, the authors have selected the most effective biocidal reagents, determined their concentration and time of treatment, established critical checkpoint values for drilling mud process parameters.

Based on undertaken studies, to prevent biodegradation, biocide additives are introduced into biopolymer systems that inhibit the polysaccharide reagent destruction. In preventive measures, biocides are introduced into mixing water during drilling mud preparation based on xanthan gum. Further processing is carried out every six days. Under field conditions, it is recommended to use pH, assumed viscosity, and static filtration parameters as indicators for biodegradation process control.

The developed technological solutions have proved their effectiveness in solving the problem at issue and increased operation success, that is confirmed in more than 30 wells of Belarusian fields.

Keywords: drilling mud, biopolymer, biodegradation, biocides, polysaccharide group reagents, starch, carboxymethyl cellulose, polyanionic cellulose, xanthan gum, rheological parameters, thixotropic characteristics, reservoir properties, skin factor, layer wellbore area.

Введение

В Беларуси в настоящее время особое внимание при бурении скважин уделяется сохранению коллекторских свойств продуктивных пластов. В связи с этим необходимо применение новых рецептур технологических жидкостей, обеспечивающих высокое качество вскрытия пластов с восстановлением их фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) и оптимальное значение скин-фактора.

Традиционные глинистые растворы не всегда соответствуют названным параметрам. Растворы на нефтяной основе в наибольшей степени сохраняют ФЕС продуктивного пласта за счет высоких гидрофобизирующих и поверхностно-активных характеристик. Однако сложность приготовления и экологические аспекты препятствуют широкому распространению промывочных жидкостей на углеводородной основе [11]. Поэтому в последние годы все большую популярность приобретают биополимерные растворы (БПР) на основе биополимера ксантана, которые обладают уникальными реологическими свойствами и высокими тиксотропными характеристиками [8], [9], [13]. Подобранный состав коркообразователей в данном типе бурового раствора стабильно удерживается, образуя плотную, тонкую, практически непроницаемую корку на стенке скважины, и тем самым предотвращает загрязнение призабойной зоны пласта (ПЗП). При дальнейшем освоении скважины биополимер под действием температуры и временного фактора подвергается естественной биодеструкции, что облегчает освоение скважины. Однако при бурении данное свойство биополимера негативно влияет на технологические свойства бурового раствора, так как при биодеструкции наблюдается увеличение фильтрации в пласт и выпадение коркообразующих материалов в результате снижения вязкостных и реологических параметров. Именно по этой причине буровые растворы на основе биополимеров требуют повышенного внимания со стороны предотвращения биодеструкции.

Целью работы является изучение процессов биодеструкции буровых растворов на основе биополимера для увеличения сроков их эксплуатации и снижения затрат на строительство скважин.

В данной статье описаны предложенные авторами подходы к изучению процессов биодеструкции биополимерного раствора, применяемого в ПО «Белоруснефть», а также способ определения оптимальных сроков его обработки биоцидной добавкой с целью предотвращения биодеструкции всей системы.

Исследовательская часть

Уникальные биологические и реологические свойства ксантана во многом определяются строением его молекулярных цепей в растворах. Являясь биополимером,

ксантан имеет как первичную, так и высшие пространственные структуры. Это обусловлено слабыми внутримолекулярными взаимодействиями, среди которых основную роль играют водородные связи и комплексообразование.

Основная цепь ксантана (кор) построена аналогично целлюлозе (1-4-β-гликопираноза), а в боковых ответвлениях – трисахарид, состоящий из β-D-маннозы, β-D-глюкуроновой кислоты и α-D-маннозы. Остатки глюкуроновой кислоты и пировиноградные группы придают молекулам ксантана анионный характер (рис. 1).

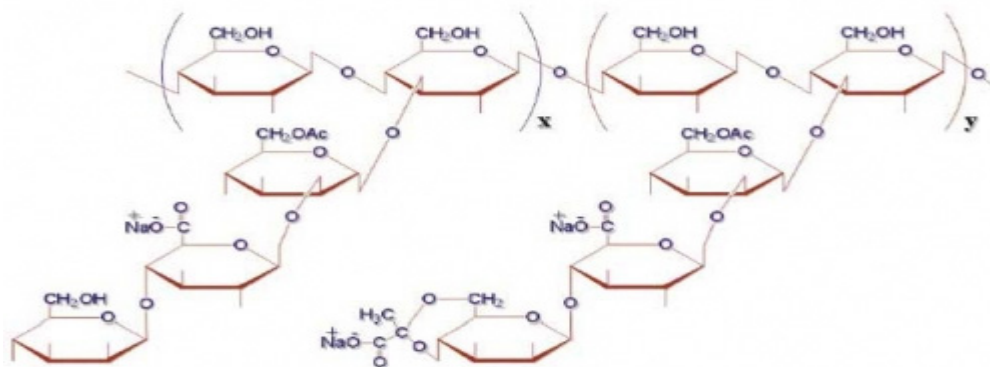


Рис. 1. Первичная структура ксантана

В результате взаимодействия боковых цепочек между собой и с кором образуются высшие структуры ксантана, обуславливающие его свойства. Молекулы ксантана в водных растворах склонны к самоассоциации, и с повышением ионной силы раствора или концентрации полисахарида формируется гель. Он представляет собой трехмерную сетку, образованную из двойных спиралей ксантана, связанных межмолекулярными водородными связями [14], [15].

Установлено, что химические реагенты, применяемые для регулирования свойств буровых растворов, подвергаются биодеструкции, которая обусловлена ферментативной активностью отдельных групп микроорганизмов, использующих реагенты в качестве источника питания. Реагенты полисахаридной природы, производные целлюлозы и крахмала, особенно подвержены микробному разложению. У этих реагентов есть много общего в составе, строении и свойствах. Схематически они представляют собой последовательность углеводных остатков, соединенных гликозидными связями [5]. Считается, что ферментативное разрушение полисахаридов происходит по непрочным гликозидным связям [16]. Это приводит к снижению комплекса важных свойств исходных полисахаридных реагентов, в результате чего буровой раствор утрачивает стабильность, ухудшаются его технологические параметры, возникает необходимость в дополнительных обработках, возрастает стоимость бурения.

Для исследования закономерностей биодеструкции биополимерного раствора и поиска способов ее предотвращения были взяты пять рецептур биополимерных растворов, отличающихся биоцидными обработками:

- 1 – БПР без биоцида;
- 2 – БПР, обработанный биоцидом «Биолан» (0,06 %);
- 3 – БПР, обработанный биоцидом «Dowicil 75» (0,06 %);
- 4 – БПР, обработанный биоцидами «Биолан» (0,03 %) и «Dowicil 75» (0,03 %);
- 5 – БПР, обработанный биоцидами «Биолан» (0,01 %) и «Dowicil 75» (0,03 %).

При приготовлении раствора необходимо соблюдать важное условие – введение биоцидов должно производиться в воду затворения, так как споры микроорганизмов изначально содержатся в сухих товарных формах реагентов и запоздалое внесение

биоцида (особенно в условиях повышенной температуры) может стать причиной биодеструкции бурового раствора [6], [10], [12].

Биодеструкцию раствора оценивали по изменению значений pH и фильтрации (Ф) в течение 21 сут. Фильтрацию определяли на фильтр-прессе «OFITE» за 30 мин при давлении 0,1 МПа. Показатель pH измеряли на pH-метре «Metler Toledo». Растворы хранились в стандартных условиях. Результаты измерений параметров во времени представлены на рис. 2.

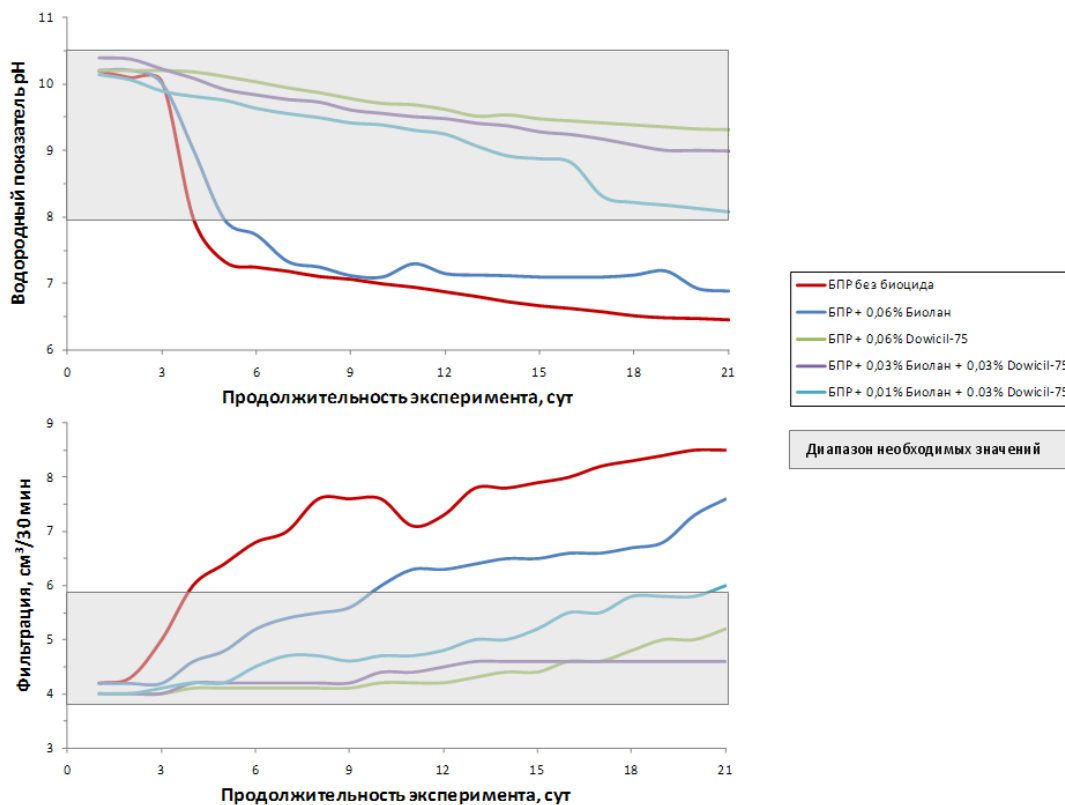


Рис. 2. Влияние добавок биоцидов на динамику изменений параметров биополимерных растворов

Полученные результаты свидетельствуют о нестабильности биополимерного раствора, не обработанного биоцидным реагентом, технологические параметры раствора ухудшились на четвертые сутки, а к концу эксперимента наблюдалась полная потеря его свойств. Анализ данных по растворам (рецептуры 2 и 3) свидетельствует о том, что при равных концентрациях биоцидов «Dowicil 75» и «Биолан» более стабильные параметры отмечены в растворе, обработанном реагентом «Dowicil 75» (рецептура 4), его технологические параметры соответствовали проектным значениям в течение всего периода эксперимента. Раствор 2, обработанный биоцидом «Биолан» в количестве 0,06 %, утратил стабильность на пятые сутки. Растворы 4 и 5 сохраняли параметры фильтрации и pH согласно проектным в течение всего времени эксперимента.

На основании анализа результатов проведенных лабораторных исследований биодеструкции БПР, обработанного и не обработанного бактерицидами, можно сделать следующие выводы:

– не обработанный биоцидом БПР теряет свои первоначальные параметры на четвертые сутки, поэтому такой раствор не может быть рекомендован для промышленного использования;

– наиболее эффективная композиция двух биоцидов в концентрации «Биолан» (0,01 %) и «Dowicil 75» (0,03 %) практически полностью ингибирует процессы биодеструкции биополимерного раствора, что позволяет увеличить срок его эксплуатации при бурении скважин.

При бурении пород продуктивных горизонтов параметры раствора стабильны лишь в течение непродолжительного времени, так как на него воздействуют такие факторы, как температура, давление и механическое воздействие. В связи с этим встал вопрос определения критических значений параметров раствора – pH, условной вязкости (T), статической фильтрации, при которых последующая обработка является неэффективной вследствие полной биодеструкции БПР. Для решения данной проблемы были проведены работы в следующем направлении: биополимерный раствор подвергался биодеструкции и экспериментальным путем определялись критические значения этих параметров. В качестве реперов биодеструкции были приняты параметры: pH и Φ . Растворы хранились в стандартных условиях при комнатной температуре в течение 10 сут. В процессе работы рассматривались различные варианты химических обработок, из которых выбиралась более эффективная.

В табл. 1 приведено изменение параметров во времени и восстановление его свойств обработкой химическими реагентами после падения pH до 7,0. Как видно из таблицы, допускать снижения показателя pH до значения 7,0 не рекомендуется, так как обработкой химическими реагентами не удалось восстановить требуемое значение (до 5,9 см³/30 мин) фильтрации БПР.

Таблица 1

**Изменение параметров биополимерных растворов во времени
и восстановление его свойств обработкой химическими реагентами
после падения pH до значения 7,0**

Сутки	Параметры раствора		
	T , с	Φ , см ³ /30 мин	pH, ед.
1	29	4,2	10,2
2	29	4,5	9,8
3	29	5,0	9,6
4	26	5,3	7,7
5	25	6,0	7,5
6	25	6,5	7,4
7	24	7,0	7,3
8	24	7,0	7,0
9	Обработка реагентами: «Dowicil 75» – 0,06 %; КОН – 0,05 %; крахмальный реагент «Фито-ПК» – 0,25 %; ксантан – 0,25 %		
	58	4,8	10,7
10	Обработка H ₂ O до $T = 29-40$ с		
	37	6	9,9
11	37	6,2	9,4

Данные табл. 2 демонстрируют изменение параметров раствора во времени и восстановление его свойств обработкой химическими реагентами после падения водородного показателя pH до значения 7,2. Из таблицы видно, что при достижении значения pH 7,2 после проведенной обработки раствора указанными реагентами технологические параметры БПР восстановились до требуемых значений, однако через четверо суток появились повторные признаки биодеструкции раствора – рост фильтрации, снижение условной вязкости и pH.

Таблица 2

Изменение параметров биополимерных растворов во времени и восстановление его свойств обработкой химическими реагентами после падения рН до значения 7,2

Сутки	Параметры раствора		
	T, с	Ф, см ³ /30 мин	рН, ед.
1	30	4,0	10,4
2	30	4,0	10,2
3	29	4,2	9,8
4	25	5,2	7,8
5	25	5,5	7,5
6	25	5,8	7,2
7	Обработка реагентами: «Биолан» – 0,05 %; «Dowicil 75» – 0,025 %; КОН – 0,05 %; крахмальный реагент «Фито-РК» – 0,25 %; ксантан – 0,25 %		
	33	4,5	10,7
8	32	4,7	9,7
9	32	4,7	9,5
10	29	4,7	9,15
11	27	6,2	8,66

В табл. 3 приведены данные изменения параметров БПР во времени и восстановление его свойств обработкой химическими реагентами после падения показателя рН до значения 7,4. Из нее следует, что при значении рН раствора 7,4 значение фильтрации выросло незначительно, поэтому обработку крахмальным реагентом не производили. В результате проведенной обработки значения всех параметров раствора были восстановлены до требуемых, однако фильтрация продолжала увеличиваться. На основании полученных результатов работы можно сделать вывод, что при падении рН раствора в результате биодеструкции до 7,4 обработку раствора крахмалом исключать нельзя.

Таблица 3

Изменение параметров биополимерных растворов во времени и восстановление его свойств обработкой химическими реагентами после падения рН до значения 7,4

Сутки	Параметры раствора		
	T, с	Ф, см ³ /30 мин	рН, ед.
1	32	4,0	10,2
2	30	4,2	9,8
3	30	4,2	9,5
4	27	4,4	7,5
5	25	4,6	7,4
6	Обработка реагентами: «Биолан» – 0,05 %; «Dowicil 75» – 0,025 %; КОН – 0,05 %		
	37	5,6	10,4
7	36	5,6	10,2
8	36	5,5	9,9
9	35	5,6	9,77
10	32	5,8	9,52
11	30	5,8	9,27

В табл. 4 приведены данные изменения параметров БПР во времени и восстановление его свойств обработкой химическими реагентами после падения рН до 7,73. Как видно из представленной таблицы, параметры БПР при уменьшении значений рН до 7,73 восстановлены обработкой химреагентами до требуемых значений.

Таблица 4

**Изменение параметров биополимерных растворов во времени
и восстановление его свойств обработкой химическими реагентами
после падения рН до значения 7,73**

Сутки	Параметры раствора		
	T, с	Ф, см ³ /30 мин	рН, ед.
1	31	4,2	10,14
2	30	4,2	9,96
3	29	4,5	9,7
4	27	5,0	7,73
5	Обработка реагентами: «Биолан» – 0,03 %; КОН – 0,04 %; крахмальный реагент «Фито-РК» – 0,1 %; «Dowicil 75» – 0,03 %		
	33	3,4	9,6
6	33	3,4	6,5
7	32	4,2	9,45
8	32	4,6	9,32
9	31	5,0	9,30
10	30	5,0	9,07
11	29	5,2	8,86

Необходимо отметить, что подобранная последовательность введения реагентов в раствор – важное условие для достижения более стабильных результатов. При этом установлено, что для предотвращения биодеструкции БПР значение показателя рН не должно снижаться ниже 8, а значение фильтрации должно быть выше 6 см³/30 мин.

Представленные результаты проведенных лабораторных исследований являются основой при составлении опытно-промысловых и рабочих программ испытаний БПР при вскрытии продуктивных горизонтов на объектах ПО «Белоруснефть». Данные результаты позволили также рекомендовать биополимерный раствор при бурении скважин с большим отклонением от вертикали.

Заключение

В работе предложен новый подход к изучению закономерности процесса биодеструкции биополимерных растворов, оказывающих негативное влияние на их технологические свойства. В результате проведенных лабораторных исследований были выбраны наиболее эффективные биоцидные реагенты, определены концентрации и сроки обработки биоцидными препаратами, установлены критические «реперные» значения технологических параметров бурового раствора.

Выработанные технологические решения доказали свою эффективность при решении рассматриваемой проблемы и повысили успешность работ, что подтверждено более чем на 30 скважинах месторождений Беларуси. Вскрытие продуктивных отложений с использованием БПР проводилось в скважинах: 198 Осташковичской, 32s2 Барсуковской, 2s2 Озерщинской, 74s2 Золотухинской, 94 Славаньской, 261 Осташковичской, 152 Вишанской и др. Отрицательные значения скин-факторов свидетельствуют о незначительном изменении проницаемости ПЗП вскрытых продуктивных пород-коллекторов в обозначенных скважинах.

Литература

1. Паскару, К. Г. Выбор эффективных биоцидов для повышения устойчивости биополимерных систем к микробиологической агрессии в условиях бурения скважин РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» / К. Г. Паскару, Н. В. Шемлей // Тр. БелНИПИнефть. – 2012. – Вып. 8. – С. 349–353.
2. Паскару, К. Г. Микробиологическая зараженность биополимерного раствора и его полисахаридных компонентов / К. Г. Паскару, Л. К. Бруй, Н. В. Шемлей // Эфиры целлюлозы и крахмала, другие новые химические реагенты и композиционные материалы как основа успешного сервиса и высокого качества технологических жидкостей для строительства, эксплуатации и капитального ремонта нефтяных и газовых скважин : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., проводимой Группой компаний «Полицелл» и «Спецбурматериалы», г. Суздаль, 7–10 июня 2011 г. – Владимир : ВлГУ, 2011. – С. 137–139.
3. Керимов, М. З. Основные особенности разработки нефтегазовых месторождений горизонтальными скважинами / М. З. Керимов // Нефтяное хоз-во. – 2001. – № 12. – С. 44–47.
4. Дедусенко, Г. Я. Буровые растворы с малым содержанием твердой фазы / Г. Я. Дедусенко, В. И. Иванников, М. И. Липкес. – М. : Недра, 1985. – С. 89.
5. Беленко, Е. В. Изучение биодеструкционных процессов полисахаридных реагентов / Е. В. Беленко // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2007. – № 8. – С. 32–36.
6. Асептическая биодеструкция полисахаридных реагентов, применяемых при бурении скважин / Б. А. Андерсон [и др.] // Нефтяное хоз-во. – 2004. – № 6. – С. 64–67.
7. Проблемы контроля микробиологических процессов при бурении скважин / Е. В. Серебrenникова [и др.] // Пром. безопасность. – 2009. – № 3. – С. 42–46.
8. Проектирование свойств биополимерных растворов для истощенных коллекторов / С. А. Рябокoнь [и др.] // Нефтяное хоз-во. – 2005. – № 9. – С. 170–174.
9. Гасумов, Р. А. Технологические жидкости на биополимерной основе для бурения и ремонта скважин / Р. А. Гасумов, А. А. Перейма, В. Б. Черкасова // Стр-во нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2008. – № 3. – С. 35–39.
10. Защита технологических жидкостей от микробиологической и сероводородной коррозии / Э. В. Серебrenникова [и др.] // Стр-во нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2009. – № 10. – С. 33–35.
11. Биополимерная ингибирующая система для наклонно-направленного бурения «СКИФ» производства ООО НПП «Буринтех» / Г. Г. Ишбаев [и др.] // Бурение и нефть. – 2008. – № 3. – С. 30–33.
12. Биостабильность биополимерных растворов в присутствии бактерицидов / О. М. Щербачева [и др.]. – Режим доступа: www.beraton.ru/letters/udk-622-244-442.pdf. – Дата доступа: 01.03.2020.
13. Использование коллоидополимерных буровых растворов при вскрытии продуктивных отложений на скважинах ОНГKM / С. Н. Горонович [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2006. – № 6. – С. 17–19.
14. Козак, Н. В. Полисахарид ксантан: свойства и потенциал применения / Н. В. Козак // Полимеры-Деньги. – 2006. – № 1. – С. 30–35.
15. Блинов Н. П. Некоторые микробные полисахариды и их практическое применение / Н. П. Блинов // Успехи микробиологии. – 1982. – № 17. – С. 158–177.
16. Ферментативный гидролиз целлюлозы / А. А. Клесов [и др.] // Биоорган. химия. – 1980. – № 8. – С. 1225–1242.