ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛИ И ИХ КЛАСИФИКАЦИЯ.

Адизова Наргиза Замировна

Бухарский государственный технический университет Доцент кафедры химической технологии

Tel: +998 (90) 512 80 42

E-mail: adizova_nargiza@bstu.uz

Аннотация. В статье рассматриваются водорастворимые многофункциональные структурообразователи (ВМС) как важнейший класс полимерных соединений, определяющих реологические свойства дисперсных систем. Представлена классификация ВМС на основе их химической природы и механизма взаимодействия с дисперсионной средой. Особое внимание уделено роли коллоидно-химических процессов, таких как гидратация, формирование сетчатых структур и электростатические взаимодействия, в процессе структурообразования. Обсуждаются перспективы применения данных соединений в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: водорастворимые полимеры, структурообразователи, коллоидная химия, реология, дисперсные системы, гидратация, поверхностно-активные вещества.

Annotatsiya. Maqolada suvda eruvchan ko‘p funksiyali strukturobrazovchilar (KMS) dispers tizimlarning reologik xususiyatlarini belgilovchi polimer birikmalarning eng muhim sinfi sifatida ko‘rib chiqiladi. KMSlarning kimyoviy tabiati va dispers muhit bilan o‘zaro ta’sirlashish mexanizmi asosida tasnifiKalit so‘zlar: suvda eruvchan polimerlar, struktura hosil qiluvchilar, kolloid kimyo, reologiya, dispers tizimlar, gidratatsiya, sirt faol moddalar.myoviy jarayonlarning roliga alohida e’tibor qaratilgan. Ushbu birikmalarni turli sanoat tarmoqlarida qo‘llash istiqbollari muhokama qilinadi.

Kalit so‘zlar: suvda eruvchan polimerlar, struktura hosil qiluvchilar, kolloid kimyo, reologiya, dispers tizimlar, gidratatsiya, sirt faol moddalar.

Annotation. The article considers water-soluble multifunctional structure-forming agents (IUD) as the most important class of polymer compounds that determine the rheological properties of dispersed systems. The classification of IUD based on their chemical nature and the mechanism of interaction with the dispersion medium is presented. Special attention is paid to the role of colloidal chemical processes such as hydration, the formation of mesh structures and electrostatic interactions in the process of structure formation. The prospects of using these compounds in various industries are discussed.

ISSN 3030-3907

Keywords: water-soluble polymers, structure-forming agents, colloidal chemistry, rheology, dispersed systems, hydration, surfactants.

ВВЕДЕНИЕ.

Современные технологии производства материалов, от буровых растворов до пищевых композитов, неразрывно связаны с управлением вязкоупругими свойствами дисперсных систем. Водорастворимые многофункциональные структурообразователи (ВМС) являются ключевыми компонентами, позволяющими направленно изменять агрегативную устойчивость и реологический профиль систем. Актуальность темы обусловлена необходимостью создания экологически безопасных и эффективных реагентов, работающих в широком диапазоне физико-химических условий.

Структурообразование в водных растворах полимеров базируется на принципах физико-химической механики дисперсных систем, заложенных школой П.А. Ребиндера. В литературе подчеркивается, что эффективность структурообразования определяется не только молекулярной массой полимера, но и конформационным состоянием макромолекул, степенью их сродства к растворителю и интенсивностью межмолекулярных взаимодействий (водородные связи, гидрофобные взаимодействия). Современные исследования сфокусированы на сополимерах, содержащих как гидрофильные, так и гидрофобные фрагменты, что придает им свойства полимерных ПАВ.

ВМС классифицируются по источнику получения и химической структуре:

1. Природные полисахариды: гуаровая камедь, ксантановая камедь, альгинаты, модифицированные крахмалы. Характеризуются высокой экологичностью и биосовместимостью.
2. Синтетические водорастворимые полимеры: производные акриловой кислоты (полиакриламид), поливиниловый спирт, производные полиэтиленоксида.
3. Модифицированные природные полимеры: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), гидроксиэтилцеллюлоза (ГЭЦ). Сочетают свойства природных матриц с контролируемой реакционной способностью.

Водорастворимые многофункциональные структурообразователи — это класс высокомолекулярных соединений (в основном полимеров и биополимеров), которые хорошо растворяются в воде и способны существенно изменять структуру дисперсных систем. Они повышают вязкость растворов, образуют гели, стабилизируют суспензии и эмульсии,

ISSN 3030-3907

снижают водоотдачу (фильтрацию), проявляют защитные коллоидные свойства, флокулируют частицы и выполняют одновременно несколько технологических функций.

Их часто называют гидроколлоидами (в пищевой промышленности, косметике и фармации) или реагентами-структурообразователями (в нефтегазовой отрасли — буровые и промывочные жидкости). Благодаря сочетанию свойств высокомолекулярных веществ и полиэлектролитов эти соединения широко применяются в следующих областях:

- Нефтегазовая промышленность: буровые растворы на водной основе — для регулирования реологических свойств (вязкость, статическое и динамическое напряжение сдвига — СНС), снижения водоотдачи, ингибирования глинистых пород, стабилизации ствола скважины.

- Пищевая промышленность: загустители, гелеобразователи, стабилизаторы текстуры, эмульгаторы в соусах, джемах, молочных продуктах, кондитерских изделиях, напитках.

- Косметика и фармация: создание гелей, кремов, мазей, контроль вязкости и стабильности эмульсий.

- Строительство: модификация цементных и гипсовых растворов, улучшение реологии.

- Водоподготовка и очистка стоков: флокуляция и коагуляция взвешенных частиц.

- Другие отрасли: текстиль, бумажная промышленность, сельское хозяйство (структурирование почв).

Механизмы действия

Многофункциональность обусловлена способностью макромолекул:

- Образовывать водородные связи и ионные мостики с молекулами воды и частицами дисперсной фазы.

- Создавать пространственную сетку (структуру) за счёт переплетения цепей, что резко повышает вязкость даже при низких концентрациях (0,1–2 %).

- Адсорбироваться на поверхности твёрдых частиц (глина, мел, цемент), предотвращая их агрегацию или, наоборот, вызывая контролируемую флокуляцию.

- Проявлять чувствительность к pH, температуре, солям и поливалентным катионам (Ca^{2+}, Mg^{2+} и др.).

В зависимости от условий один и тот же реагент может работать как загуститель, стабилизатор или понизитель фильтрации.

ISSN 3030-3907

Классификация водорастворимых многофункциональных структурообразователей

Классифицируют по нескольким основным признакам.

1. По происхождению

- Природные (биополимеры):

- Растительные: пектины (из фруктов), крахмал, гуаровая камедь (из семян гуара), камедь рожкового дерева (локуст бин гам), трагакант, гуммиарабик.

- Из морских водорослей: агар, каррагинаны (каппа-, иота-, лямбда-), альгинаты (из бурых водорослей).

- Животные: желатин (из коллагена).

- Полусинтетические (модифицированные природные):

- Эфиры целлюлозы: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ, Na-КМЦ), гидроксиэтилцеллюлоза (ГЭЦ), гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ), метилцеллюлоза.

- Модифицированные крахмалы (окисленные, эфирифицированные, катионные).

- Синтетические:

- Полиакриламид (ПАА) и его производные (частично гидролизованный ПАА).

- Полиакриловая кислота и её соли (полиакрилаты).

- Поливиниловый спирт (ПВС), поли-N-винилпирролидон (ПВП), полиэтиленоксид.

2. По природе функциональных групп и заряду (для полиэлектролитов)

Большинство водорастворимых полимеров — полиэлектролиты, диссоциирующие в воде с образованием заряженных макроионов.

- Анионные (полианионные): содержат карбоксильные ($–COO^-$), сульфатные ($–OSO_3^-$) или сульфонатные группы. Примеры: КМЦ, альгинаты, каррагинаны, полиакрилаты, гидролизованный ПАА. Хорошо работают в пресных и слабощелочных средах, чувствительны к поливалентным катионам (могут выпадать в осадок).

- Катионные (поликатионные): содержат четвертичные аммониевые группы ($–N^+(CH_3)_3$ и др.). Примеры: катионные крахмалы, катионные производные целлюлозы, некоторые полиэтиленимины. Эффективны для флокуляции отрицательно заряженных частиц (глина, органика).

- Амфолитные (полиамфолиты): содержат как анионные, так и катионные группы. Примеры: некоторые белки (желатин в определённом

ISSN 3030-3907

pH), сополимеры акриламида с акриловой кислотой и катионными мономерами. Поведение сильно зависит от pH (изоэлектрическая точка).

- Неионные: не несут заряда, содержат гидроксильные (–OH) или эфирные группы. Примеры: гуаровая камедь, гидроксипропилцеллюлоза, полиэтиленоксид, неионный ПАА. Высокая устойчивость к солям, электролитам и широкому диапазону pH.

3. По основной технологической функции (в пищевой промышленности и гидроколлоидах)

- Загустители: повышают вязкость без образования геля (гуаровая камедь, ксантановая камедь, КМЦ).

- Гелеобразователи: формируют трёхмерную сетку геля (агар, каррагинан каппа, пектин высокометоксилированный, альгинат с кальцием).

- Стабилизаторы: предотвращают расслоение эмульсий, суспензий, пены (гуммиарабик, ксантан).

- Комбинированные (многофункциональные): большинство гидроколлоидов проявляют несколько свойств одновременно.

4. По источнику сырья для гидроколлоидов (пищевая классификация)

- Ботанические (растительные): целлюлоза и её производные, пектины, крахмалы, камеди из деревьев (гуммиарабик, трагакант), из семян (гуар, локуст бин), из клубней (конжак).

- Из водорослей: агар (красные водоросли), каррагинаны (красные), альгинаты (бурые).

- Микробные (ферментационные): ксантановая камедь (Xanthomonas campestris), гелановая камедь, декстран.

- Животные: желатин, хитозан, казеинаты.

- Химически модифицированные: КМЦ, модифицированные крахмалы.

Таблица 1

Ключевые примеры и их свойства

Структурообразователь	Тип	Основные функции	Ключевые свойства и применение
Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ)	Полусинтетический, анионный	Загущение, снижение водоотдачи, стабилизация	Хорошо растворяется в холодной воде, чувствительна к солям Ca^{2+}/Mg^{2+}. Буровые растворы,

ISSN 3030-3907

			пищевые продукты (E466), косметика.
Ксантановая камедь	Микробный биополимер, анионный	Сильное загущение при низкой концентрации, стабилизация	Псевдопластичность (вязкость падает при сдвиге), высокая устойчивость к солям, температуре и pH. Буровые растворы, соусы, напитки.
Полиакриламид (ПАА) и гидролизованный ПАА	Синтетический, неионный/анионный	Загущение, флокуляция, ингибирование глин	Высокая молекулярная масса, сильный эффект даже при 0,01–0,1 %. Буровые растворы, очистка воды.
Альгинат натрия	Из водорослей, анионный	Гелеобразование с Ca^{2+}, загущение	Холодное гелеобразование ("сфероификация"). Пищевые гели, стоматология.
Пектин	Растительный, анионный	Гелеобразование (с сахаром и кислотой)	Высокометоксилированный (для джемов) и низкометоксилированный (с кальцием). Кондитерские изделия.
Гуаровая камедь	Растительная (семена), неионная	Сильное загущение	Синергизм с ксантаном и локуст бин гам. Пищевые продукты, буровые растворы.
Каррагинан (каппа)	Из водорослей, анионный	Твёрдые гели с K^+ или Ca^{2+}	Молочные десерты, мясные продукты.

ISSN 3030-3907

Желатин	Животный, амфолитный	Гелеобразование при охлаждении	Термообратимые гели. Мармелад, йогурты, фармацевтические капсулы.

Особенности применения в буровых растворах

В буровых жидкостях структурообразователи часто комбинируют: биополимеры (ксантан) для реологии + КМЦ или ПАА для снижения фильтрации. Они должны сохранять свойства при высоких температурах (до 150 °С и выше), минерализации и загрязнении выбуренной породой. Современные тенденции — использование модифицированных биополимеров и экологически чистых реагентов.

С точки зрения коллоидной химии, процесс структурообразования можно представить как переход системы из хаотического состояния в состояние с упорядоченной сетчатой структурой. Многофункциональность ВМС обусловлена наличием различных групп (гидроксильных, карбоксильных, амидных), которые способны адсорбироваться на поверхности частиц дисперсной фазы. Это создает стерический барьер, предотвращающий коагуляцию частиц, что является важнейшим фактором стабилизации коллоидных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Водорастворимые структурообразователи остаются ключевым инструментом в управлении свойствами дисперсных сред. Перспективным направлением является разработка "умных" (smart) полимеров, реагирующих на внешние стимулы (pH, температура, ионная сила).

Расширить использование биодеградируемых полимеров в нефтедобыче для минимизации экологического ущерба.

Внедрить методы компьютерного моделирования (молекулярная динамика) для прогнозирования реологического эффекта новых сополимеров перед их синтезом.

Продолжить изучение механизмов синергизма при совместном использовании природных и синтетических структурообразователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребиндер П. А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. — М.: Наука, 1978. — 368 с.

2. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. — 3-е изд., испр. — Л.: Химия, 1995. — 400 с.

ISSN 3030-3907

3. Щукин Е. Д., Перцов А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия. — 4-е изд. — М.: Высшая школа, 2006. — 444 с.
4. Аскадский А. А. Физика и химия полимеров. — 2-е изд. — М.: Научный мир, 2012. — 784 с.
5. Тагер А. А. Физикохимия полимеров. — 4-е изд. — М.: Научный мир, 2007. — 576 с.
6. Малкин А. Я., Исаев А. И. Реология: концепции, методы, приложения. — СПб.: Профессия, 2010. — 560 с.
7. Григорьев А. А., Сергеев В. Г. Водорастворимые полимеры: свойства и применение в дисперсных системах // Успехи химии. — 2023. — Т. 92, № 5. — С. 450–478.
8. Кленин В. И. Термодинамика систем с гибкоцепными полимерами. — Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1995. — 740 с.
9. McClements D. J. Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques. — 3rd ed. — CRC Press, 2015. (Фундаментальная работа по структурообразованию в сложных эмульсионных системах).
10. Zhu, J., et al. Multifunctional Hydrogels: Advanced Synthesis and Applications in Environmental Engineering // Journal of Colloid and Interface Science. — 2025. — Vol. 680. — P. 112–135.
11. Кулдашева Ш. А. и др. механизм структурообразования химического закрепления подвижных песков комплексными добавками //Министерство высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан Министерство инновационного развития Республики Узбекистан Академия наук Республики Узбекистан. – 2019. – С. 147.
12. Кулдашева Ш. А., Адизова Н. З. Оптимизация процессов химического закрепления подвижных почвогрунтов и песков Арала и Сурхандарьи //Universum: технические науки. – 2018. – №. 9 (54). – С. 36-40.
13. Сайдахмедов Ш. М. и др. Изучение депрессорных свойств многофункциональных полимеров на основе низкомолекулярного полиэтилена и частичного гидролизованного полиакрилонитрила //Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2014. – №. 2. – С. 301-303.
14. Адизова Н. З. Изучение радикальной сополимеризации гетероциклических эфиров (мет) акриловых кислот со стиролом //Интернаука. – 2017. – №. 8-2. – С. 39-42.

ISSN 3030-3907