

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО РЕАГЕНТА VTA BIOKAT P 500 НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

**Исследован процесс биологической очистки сточных вод с применением реагента VTA Biokat P 500. Проведена оценка влияния реагента на процесс нитрификации, ферментативную активность и седиментационные свойства активного ила. Проанализировано накопление соединений фосфора в иловых хлопьях, связанное с эффективной физико-химической дефосфотацией сточной воды.**

## Введение

Соединения фосфора являются постоянными примесями коммунально-бытовых сточных вод (СВ). В СВ фосфор попадает преимущественно в виде фосфатов как компонентов синтетических моющих средств (50–70 %), а также в составе продуктов метаболизма фосфора в организме человека (30–50 %) [1].

В настоящее время перспективным является совместный биологический и физико-химический метод удаления соединений фосфора из СВ. В связи с этим значительное внимание уделяется получению реагентов нового поколения. Одним из таких реагентов является продукт Biokat P 500 компании VTA Austria GmbH, рекомендованный для дефосфотации СВ и удаления взвешенных веществ.

В соответствии с вышесказанным целью работы заключалась в комплексной оценке влияния реагента Biokat P 500 на эффективность процесса биологической очистки СВ.

## Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях очистки модельного раствора СВ активным илом в емкостях объемом 2000 см<sup>3</sup> с непрерывной аэрацией среды. Периодическое 4-х часовое культивирование микроорганизмов активного ила соответствовало времени аэрации СВ в аэротенках биологических очистных сооружений (БОС) г. Чистополя, на которых ранее были проведены опытно-промышленные испытания. Концентрация растворенного кислорода в системе составляла в среднем 5 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация активного ила составляла 2 мг/дм<sup>3</sup> по сухому веществу [2]. В среду вносили реагент VTA Biokat P 500 в количествах, принятых для экспериментальных исследований на основании обеспечения требуемой степени удаления фосфатов из СВ, а также из опыта предварительных исследований [3].

Компоненты реагента VTA Biokat P 500 являются традиционными как коагулянты и флокулянты, однако способ приготовления некоторых из них, таких как соединения железа, в форме наночастиц ферромагнетита, а также соотношение между реагентами в рабочем растворе являются оригинальными [4].

Модельный раствор СВ имел постоянный состав. Основные компоненты раствора соответствовали характерному составу коммунально-бытового стока с учетом присутствия в нем важнейших макро- и микроэлементов [5].

В процессе экспериментальных исследований проводилось измерение содер-

**Й.В. Кобелева\***, аспирант кафедры промышленности биотехнологии, ФГБОУ ВПО Казанский национальный исследовательский технологический университет

**К.В. Шерстнева**, студентка кафедры промышленности биотехнологии, ФГБОУ ВПО Казанский национальный исследовательский технологический университет

\*Адрес для корреспонденции: ioldiz-ksu@mail.ru

жания соединений фосфора в воде и активном иле, оценивалась ферментативная активность ила, его седиментационные свойства, а также эффективность протекания процессов нитрификации и удаления органических веществ из СВ.

## Результаты и их обсуждение

Экспериментальные исследования удаления фосфат-ионов из модельного раствора СВ проводились при различных дозировках реагента Biokat P 500 (табл. 1).

Согласно литературным данным биологическая дефосфотация является малоэффективной [6], что также подтверждается настоящими экспериментальными данными: в контрольном образце, не содержащем реагент Biokat P 500, эффективность удаления фосфат-ионов минимальна.

Модельный раствор имел постоянный состав, однако концентрация фосфатов варьировала от 20 до 36 мг/дм<sup>3</sup>, что связано с дополнительным внесением фосфат-ионов в среду с активным илом.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что с увеличением дозировки реагента в процессе периодического культивирования повышается эффективность процесса дефосфотации.

На рис. 1 представлена зависимость количества удаляемых фосфат-ионов от дозы реагента.

Регрессионное уравнение, построенное по результатам определения количества удаляемых фосфат-ионов в зависимости от дозы реагента, позволяет рассчитать дозировку реагента в зависимости от содержания фосфат-ионов в СВ.

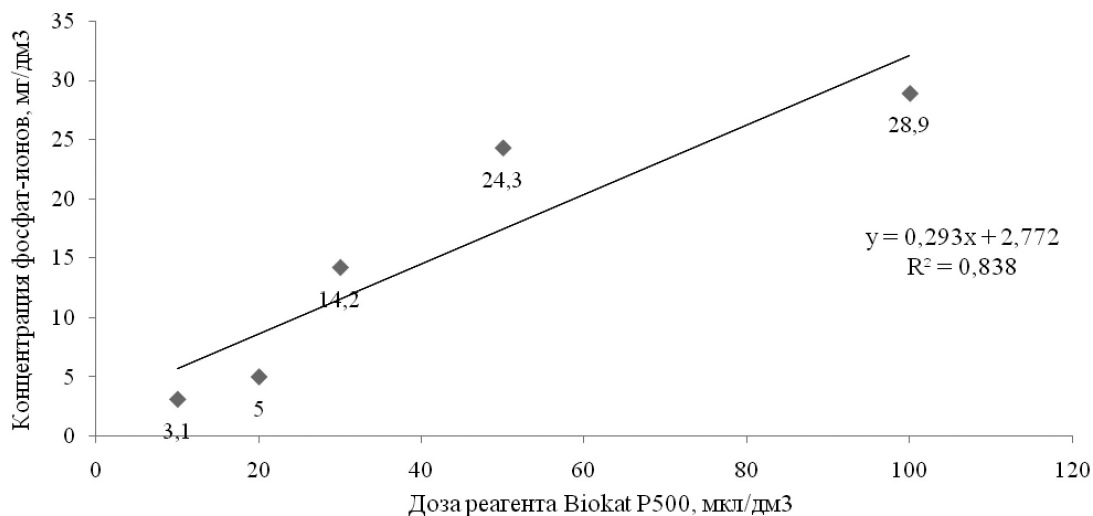


Рис. 1. Зависимость количества удаляемых фосфат-ионов от дозировки реагента

**Т.В. Кирилина**, кандидат технических наук, ассистент кафедры промышленной биотехнологии, ФГБОУ ВПО Казанский национальный исследовательский технологический университет

**А.С. Сироткин**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной биотехнологии, ФГБОУ ВПО Казанский национальный исследовательский технологический университет

**А. Бутингер**, технический директор, компания VTA Austria GmbH, Австрия

**В. Лейнвебер**, консультант, компания VTA Austria GmbH, Австрия

После внесения реагента в иловую суспензию концентрацию фосфат-ионов определяли в трех временных точках: 0,5, 1 и 17 ч (рис. 2).

Согласно полученным данным 30 мин пребывания реагента в системе с активным илом оказалось недостаточным для эффективного удаления фосфатов из среды. Экспериментально было показано, что за последующие 30 мин достигается максимально возможное извлечение фосфат-ионов из СВ, в то время как за 16 ч контакта с реагентом концентрация фосфатов в среде практически не изменяется. Таким образом, выявлено, что физико-химическое равновесие по фосфат-ионам в растворе устанавливается в течение 1 ч.

Важнейшим аспектом применения в системах биологической очистки СВ реагентов-коагулянтов и флокулянтов является отсутствие их негативного воздействия на процессы биохимического превращения веществ — примесей СВ.

Для оценки влияния реагента Biokat P 500 на ферментативную активность микроорганизмов активного ила проводилось измерение его дегидрогеназной активности (ДА) в процессе культивирования (рис. 3)

Согласно полученным данным, внесение реагента Biokat P 500 в систему с активным илом приводит к незначительному снижению его ДА. Следует отметить, что при дозировках реагента до 50 мкл/дм<sup>3</sup> ДА снижается в среднем на 13,5 %, а при более высоких дозировках — в среднем на 23 %, что свидетельствует о влиянии реагента на активность внутриклеточных ферментов микроорганизмов, катализирующих окислительно-восстановительные превращения субстрата.

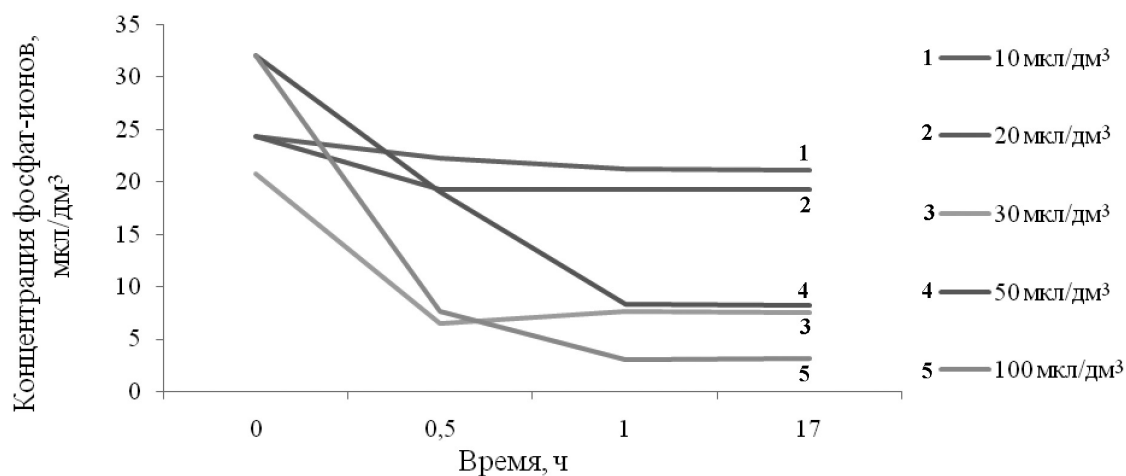


Рис. 2. Кинетика изменения концентрации фосфат-ионов в системе с активным илом.

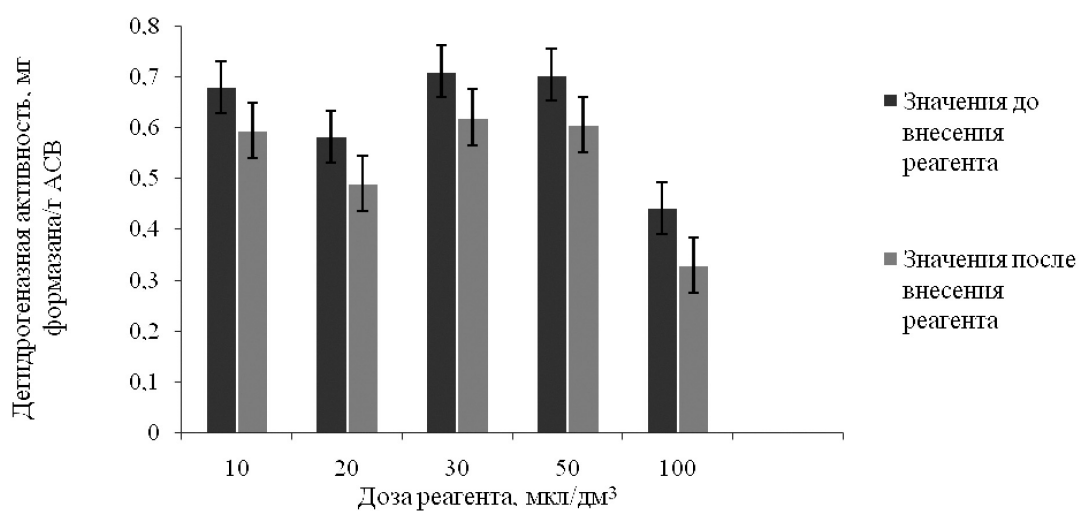


Рис. 3. Дегидрогеназная активность микроорганизмов активного ила.

Таблица 1

Эффективность удаления фосфат-ионов при различной дозировке реагента

Доза реагента Biokat P500, мкл/дм <sup>3</sup>	Концентрация PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> в исходном растворе, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрация PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> после добавления реагента Biokat P500, мг/дм <sup>3</sup>	Количество удаленных PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Эффективность процесса, %
10	24,3	21,2	3,1	12,8
20	24,3	19,3	5,0	20,6
30	20,8	6,5	14,3	68,6
50	32,1	7,7	24,4	75,9
100	32,1	3,1	29,0	90,4
Контроль	32,8	32,1	0,7	2,1

Вероятно, снижение ДА биомассы связано с изменением реакции среды после внесения реагента. Согласно технической документации на реагент Biokat P 500 водородный показатель его рабочего раствора равен 1. При этом экспериментально было выявлено, что внесение реагента в концентрации 50 мкл/дм<sup>3</sup> обуславливает снижение рН с 6,8 до 5,2, что является критическим для биоценоза активного ила [6].

В процессе экспериментальных исследований оценка активности микроорганизмов в присутствии реагента проводилась также на основании анализа эффективности процесса нитрификации: анализировались концентрации аммонийного азота, азота нитритов и нитратов в начальный момент времени и по истечении 4 ч культивирования (рис. 4).

Согласно полученным экспериментальным данным в среде с концентрацией реагента 100 мкл/дм<sup>3</sup> было отмечено незначительное ингибирование процесса нитрификации по сравнению с контролем, в качестве которого выступала среда без реагента. При этом зарегистрирована меньшая эффективность удаления аммонийного азота как субстрата для аммонийоксиляющих микроорганизмов и меньшее накопление азота нитратов как продуктов деятельности нитрифицирующих бактерий.

Увеличение концентрации нитритов в контрольной пробе свидетельствует о протекании первой фазы нитрификации. При этом снижение концентрации нитритов в средах с реагентом может быть связано с ингибированием процесса окисления ам-

**Ключевые слова:** очистка сточных вод, реагент VTA Biokat P 500, активный ил, седиментация, дефосфатация

монийного азота низким значением рН среды. Известно, что диапазон оптимальных значений рН для процесса нитрификации достаточно узок и составляет от 7,5 до 8,5. Известно, что при рН ниже 6,5 рост чистых культур автотрофных аммонийоксиляющих бактерий не наблюдается [6]. Снижение концентрации нитритов может быть связано с их физико-химическим взаимодействием с компонентами реагента Biokat P 500. Подобный эффект уменьшения концентрации нитрит-ионов в среде с активным илом был отмечен при проведении опытно-промышленных испытаний на БОС г. Чистополь [4].

Для оценки влияния реагента Biokat P 500 на эффективность извлечения фосфора из СВ и его накопления в активном иле в модельный раствор СВ с активным илом вносили реагент Biokat P 500 в дозировках 50 и 100 мкл/дм<sup>3</sup>. В процессе экспериментальных исследований определяли содержание растворимых форм фосфора (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) как в модельной СВ, так и в активном иле, поскольку нормативы сброса загрязняющих веществ регламентируют фосфор в этой форме (рис. 5, 6).

Из полученных данных видно, что количество фосфора, удаляемого из СВ, превышает количество фосфора, накопленного в активном иле. Так, в активном иле накапливается 22,5 % и 37,8 % фосфора, удаляемого из СВ в системах с дозировкой реагента 50 и 100 мкл/дм<sup>3</sup>, соответственно. Данный эффект может быть связан с образованием при внесении реагента нерастворимых в воде фосфатных комплексов, включающихся во флоккулы актив-

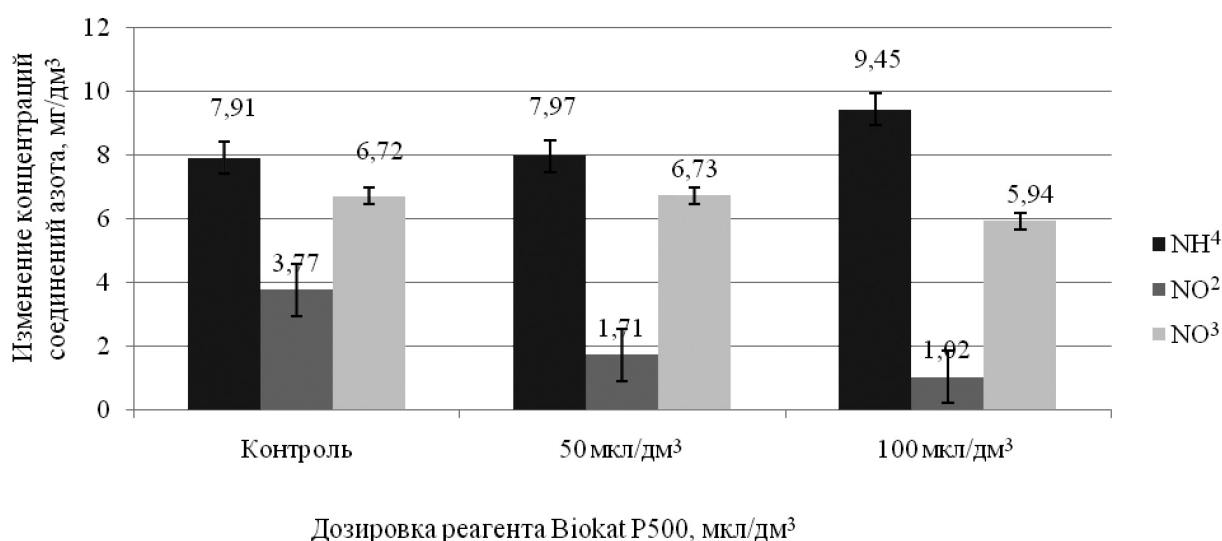


Рис. 4. Изменение концентраций соединений азота в системах с реагентом VTA Biokat P 500.

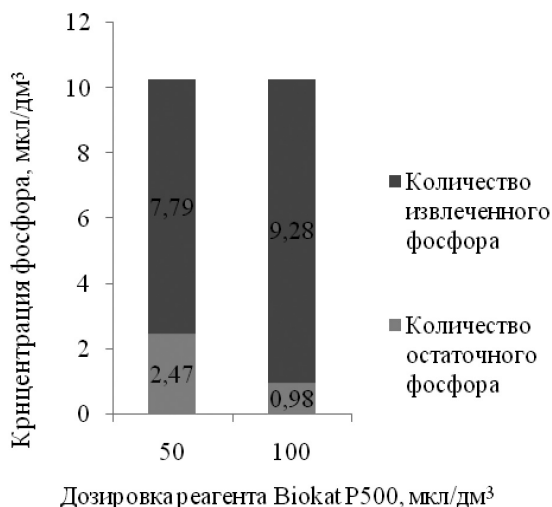


Рис. 5. Количество растворенного фосфора в пересчете на фосфор, извлеченного из СВ.

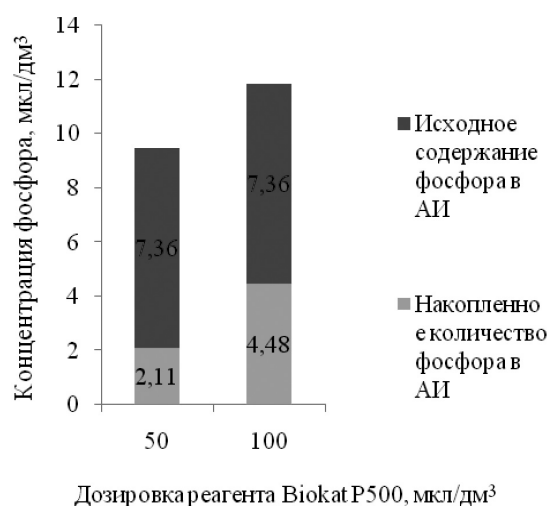


Рис. 6. Количество растворенного фосфора в пересчете на фосфор, накопленного в активном иле

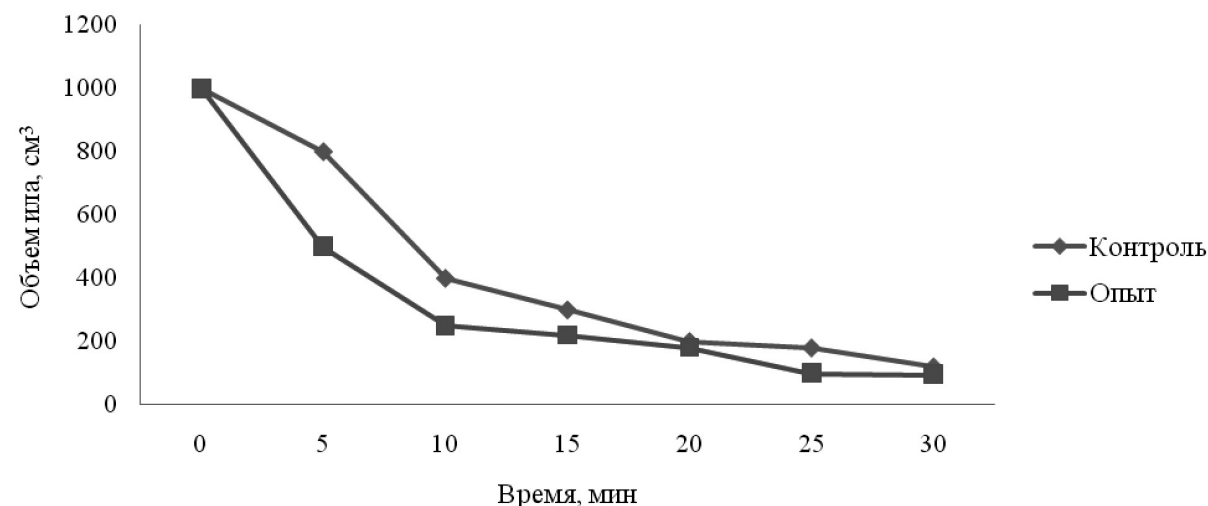


Рис. 7. Скорость осаждения активного ила.

ного ила и недоступных для определения используемыми физико-химическими методами [5, 6].

Проводилась оценка улучшения седиментационных свойств активного ила в присутствии реагента VTA Biokat P 500, поскольку он заявлен как препарат для дефосфотации СВ и улучшения седиментации.

Для оценки эффективности седиментации в систему с активным илом вносили реагент в концентрации 50 мкл/дм³ и измеряли скорость осаждения через каждые 5 мин в течение 30 мин.

Полученные результаты свидетельствуют об эффекте улучшения седиментационных свойств активного ила в начальный момент времени эксперимента. В течение первых 5 мин объем осадка активного ила в опытном образце превышал объем осадка в контрольном образце в 2,5 раза. В последующее время скорость седиментации в контрольном и опытном образцах уравнивалась и через 20 мин достигала одинакового значения.

## Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований по комплексной оценке влияния реагента VTA Biokat P 500 на эффективность процесса биологической очистки коммунально-бытовых СВ показано, что дозировка реагента в количестве 50 мкл/ дм³ является оптимальной и обеспечивает высокое качество очистки СВ. Рекомендованная концентрация реагента обеспечивает удаление из СВ

до 76 % фосфора, что соответствует извлечению из неё около 25 мг/дм<sup>3</sup> фосфатов. Отмечено, что при более высоких концентрациях реагента наблюдается снижение дегидрогеназной активности биомассы и ингибирование процессов нитрификации. При этом результаты оценки скорости осаждения активного ила в системе с реагентом VTA Biokat P 500 свидетельствуют о высокой эффективности применения исследованного реагента.

## Литература

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с.
2. Инструкция по лабораторному контролю очистных сооружений на животноводческих комплексах. Определение биогенных веществ. Анализ осадков ила: утв. Министерством сельского хозяйства СССР. М.: ВНИИВС, 1980. 34 с.

3 Сироткин А.С. Анализ активного ила в процессе опытно-промышленных испытаний перспективного реагента VTA ВЮКАТ Р500 для дефосфатации сточных вод / А.С. Сироткин, А. Буттингер, Й.В. Кобелева, Т.М. Еремеева, В. Лейнвебер, Р.Н. Хайруллин, А.В. Чухланцев // Тез. докл. III Международной научно-практической конференции в рамках форума «Безопасность и связь» Часть II, Казань: ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности». С. 884-850.

4. Кобелева Й.В. Анализ состояния активного ила в процессе опытно-промышленных испытаний реагента VTA ВЮКАТ Р500 для очистки сточных вод от соединений фосфора / Й.В. Кобелева, Т.В. Кирилина, А.А. Низамова, Ю.В. Лисюкова, М.А. Каблова, И.Р. Бурнашева, А.С. Сироткин // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №10. С.125.

5. Стир Э. Пособие специалиста по очистке стоков / Э. Стир, М: Фишер. Варшава, 2002. 234 с.

6. Мишуков, Б.Г. Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации / Б.Г. Мишуков, Е.А. Соловьева, СПб.: ЗАО «Водопроект-Гипрокоммунводоканал», 2004. 72 с.

J.W. Kobleva, K.V. Sherstneva, T.V. Kirilina, A.S. Sirotkin, A. Buttinger, V. Leynveber

## ASSESSING THE IMPACT OF PROMISING REAGENT VTA BOKAT P 500 ON THE EFFICIENCY OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

The process of biological wastewater treatment with the use of reagent VTA Biokat P 500 was investigated. The influence of the reagent on the nitrification process, enzymatic activity and sedimentation properties of activated sludge was assessed. The accumulation of phosphorus in mud flakes associated with the effective physicochemical phosphorus removal from wastewater was analyzed.

**Key words:** wastewater treatment, reagent VTA Biokat P 500, activated sludge, sedimentation, phosphorus removal

