

**ISOLATION AND SCREENING OF MICROORGANISMS –
DESTRUCTORS OF GLYCOL ETHERS**

*D. A. NARKEVICH, A. M. HLUSHEN, A. G. MASHACHKA, D. I. KELNIK,
I. I. ALIASHKEVICH, M. S. CHYRYKAVA*

*Institute of Microbiology, NAS of Belarus, Minsk, Belarus,
dasha.narkevich@mail.ru*

Bacterial strains that degrade glycol ethers were isolated and selected. The preferred source of carbon is 2-butoxyethanol. The largest number of microorganisms that showed the ability to utilize glycol ethers (0.5–3 %) was found on Bushnell Haas (BH) mineral medium containing iron, which is the active center of many metalloenzymes. The taxonomic affiliation of the most active strains was established.

Поступила в редакцию 14.06.2022

<https://doi.org/10.47612/2226-3136-2022-14-395-408>
УДК 574.635 + 628.355

**СТИМУЛЯЦИЯ ГРАНУЛИРОВАНИЯ АКТИВНОГО
ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МОЛОЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ АЭРАЦИИ**

О. В. НЕСТЕР, Р. М. МАРКЕВИЧ

*Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, nester80@yandex.by*

Изучена стимуляция гранулирования активного ила с помощью способных к агрегированию микроорганизмов, выделенных из активного ила очистных сооружений молочного производства. Инкубирование иловой смеси проводили в отъемно-доливном режиме при периодичности подпитки 10 сут в условиях аэрации. Показано, что добавление культуральной жидкости бактерий в количестве 10, 20 и 30 об. % от объема исходного активного ила способствует увеличению прироста активного ила и ухудшению его седиментационной способности. При инкубировании иловой смеси с добавлением культуральной жидкости выделенных бактерий в количестве 5 и 1 об. % от объема исходного ила формирование первых гранул зафиксировано через 14 сут, в то время как в контрольных пробах продолжительность гранулирования составляла около 10 недель. Количество и размер гранул различны: при использовании культуральной жидкости бактерий М14 и М4 гранулировалась практически вся иловая масса, диаметр гранул составлял 2,0–2,5 мм. В пробах

с добавлением культуральной жидкости бактерий M32 и M23 отмечено малое количество гранул, их размер колебался в пределах от 0,7 до 1,5 мм. Для всех выделенных бактерий, способных к агрегированию (21 изолят), определено содержание полисахаридов в культуральной жидкости. Однако нет четкой корреляции между содержанием полисахаридов, местом их локализации и образованием гранул. Полученные предложенным методом гранулы ила имеют стабильную структуру, сохранность целостности гранул проверена в течение года.

Введение. Крупномасштабный сброс сточных вод является неизбежным следствием деятельности человека. В настоящее время большое внимание уделяется разработке и развитию новых, а также усовершенствованию существующих методов очистки сточных вод.

Биологическая очистка происходит при непосредственном контакте сточных вод с активным илом, который представляет собой зооглейные скопления (хлопки) бактерий и простейших организмов. Преобладающие микроорганизмы биоценоза активного ила – гетеротрофные флокулообразующие бактерии. Их роль заключается в образовании внеклеточных полимеров, обуславливающих сорбцию органических и неорганических соединений, а также клеток, которые сами не способны к хлопьеобразованию, но участвуют в разложении загрязнений. Способность микроорганизмов к агрегированию имеет значение не только для процесса очистки, но и для последующего отделения активного ила от очищенной воды [1, 2].

В современных анаэробных биореакторах деструкция загрязнений с высокой скоростью происходит благодаря тому, что микроорганизмы, осуществляющие разные стадии, собраны в компактные гранулы, обладающие высокой прочностью и устойчивостью. Применение гранулированного активного ила в аэробной очистке сточных вод имеет ряд неоспоримых преимуществ: за счет хороших седиментационных свойств гранул ускоряется отделение активного ила от очищенной воды и его последующее обезвоживание; вследствие высокой концентрации биомассы гранулы выдерживают большие нагрузки по органическим загрязнениям на единицу объема, что позволяет сократить площадь очистных сооружений; при спонтанном

сбросе сточных вод с повышенными концентрациями токсичных веществ гранулы ила остаются активными, в то время как флокулированный ил может погибнуть; применение гранул ила обуславливает минимальный прирост избыточной биомассы; послойное расположение бактериальных клеток в составе гранулы обеспечивает протекание процессов, требующих разного уровня аэрации (нитрификации, денитрификации); гранулы активного ила обладают большей механической устойчивостью по сравнению с флокулированным активным илом. Благодаря своим уникальным свойствам гранулированный активный ил может использоваться с высокой эффективностью, меньшими капиталовложениями и эксплуатационными расходами, чем флокулированный [1, 3, 4].

Преимущества использования гранулированного активного ила очевидны, однако механизм формирования гранул до конца не изучен и требует дальнейших исследований.

Установлено, что на процесс формирования гранул активного ила в условиях аэрации оказывает влияние множество факторов. Для обеспечения стабильности гранул и предотвращения развития нитчатых форм бактерий периоды высокой нагрузки по субстрату необходимо чередовать с периодами голодания [5]. Высокие гидродинамические силы сдвига стимулируют бактерии к увеличению производства внеклеточных полимерных веществ с более высоким соотношением полисахарид : белок, что повышает гидрофобность клеток. В условиях удаления разрастающихся структур образуются более компактные и плотные аэробные гранулы [6]. Экспериментально установлено, что короткое время осаждения способствует развитию микробного сообщества более простого, чем в исходном иле, за счет вымывания нефлокулирующих штаммов и влияет на гранулирование ила [7]. М.-К. Н. Winkler и соавт. [8] отметили, что гранулированный активный ил может быть сформирован в широком диапазоне концентраций растворенного кислорода, однако содержание кислорода менее 2–5 мг/дм³ приводит к нестабильности гранул. Предполагается, что температура может влиять на производительность аэробного гранулирования, однако в диапазоне 25–38 °С влияние температуры не существенно [9]. Установ-

лено, что двухвалентные катионы, особенно Ca^{2+} и Mg^{2+} , повышают стабильность гранул за счет образования мостиков между молекулами внеклеточных полимерных соединений [10]. Культивирование аэробных гранул осуществляется в очень широком диапазоне нагрузки по органическим веществам (от 2,5 до 15 кг ХПК/м³·сут). J.-Н. Тау и соавт. [9] отмечают, что средний размер аэробных гранул увеличивается с повышением нагрузки.

Считается, что важную роль в обеспечении механической прочности аэробного гранулированного ила играют внеклеточные полимерные вещества: полисахариды, структурные белки, экзоферменты, нуклеиновые кислоты, в частности, внеклеточная ДНК может играть роль опоры для желеобразного матрикса биопленки. Одну из главных ролей в процессе агрегирования выполняют полисахариды, которые обеспечивают жесткость и стабильность конструкции сформированных агрегатов [11–13]. Применение агрегированных объектов, заключенных в единую полисахаридную пленку, при очистке сточных вод с переменным расходом и составом, содержащих токсичные компоненты, повышает устойчивость такого ила в 10–100 раз по сравнению со свободными клетками [11].

Цель исследования – стимуляция гранулирования активного ила в условиях аэрации с помощью флокулообразующих микроорганизмов, выделенных из активного ила очистных сооружений молочного производства.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись активный ил очистных сооружений молочного производства и культуры бактерий, выделенные из активного ила данных очистных сооружений.

Выделение культур микроорганизмов. Для выделения микроорганизмов 2 мл отстоянного активного ила из возвратного канала гомогенизировали на встряхивателе типа Wortex на оборотах 2300 мин⁻¹ до достижения однородности смеси. Высев микроорганизмов проводили на плотные агаризованные среды (питательный агар и сусло-агар, агар М 17 (для молочнокислых бактерий) методом Коха на три чашки Петри. Инкубировали при 30 ± 1 °С в течение 3 сут. Расчистку культур проводили высевом на плотные среды методом Коха трехкратно. Чистоту культур

проверяли микроскопированием. Далее проверяли способность культур к агрегированию (образованию биопленок, хлопков, флокул, гранул) в аэробных условиях. Питательные среды (питательный бульон, сусло-бульон, бульон М 17) инокулировали культурами микроорганизмов и инкубировали в аэробных условиях на шейкере Environmental Shaker-Incubator ES-20 при рабочей частоте 140 мин^{-1} и температуре $30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 3 сут.

Получение гранул. Для получения гранул активного ила готовили иловую смесь в конических колбах объемом 250 мл. 30 мл активного ила, отобранного из возвратного канала очистных сооружений молочного производства, смешивали с 70 мл модельных сточных вод и добавляли культуральную жидкость микроорганизмов в количестве 1, 5, 10, 20, 30 об. % от исходного объема ила.

Культуральную жидкость бактерий добавляли в виде суточной культуры, которую готовили в питательном бульоне и инкубировали при $30 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 18 ч. Модельные сточные воды готовили путем разбавления молочной сыворотки водопроводной водой до ХПК $2000 \pm 200 \text{ мг/дм}^3$.

Процесс гранулирования активного ила проводили на шейкере Environmental Shaker-Incubator ES-20 при рабочей частоте 140 мин^{-1} и температуре $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Значение pH в пределах 6,8–8,5. Выбран отъемно-доливной режим инкубирования, период подпитки – один раз в 7–10 суток, культуральную жидкость вносили при каждой подпитке, оставляли контрольные пробы без добавления культуральной жидкости.

Во время подпитки иловую смесь переносили в мерный цилиндр, отстаивали в течение 7 мин, отбирали надосадочную жидкость в количестве 70 мл, доводили объем смеси до рабочего объема (100 мл) свежей порцией модельных сточных вод молочного производства, переносили в коническую колбу объемом 250 мл, добавляли культуральную жидкость бактерий и ставили на инкубирование.

Полученные гранулы активного ила отбирали фильтрованием через тканевый фильтр с размером пор 1 мм. Гранулы хранили в физиологическом растворе в соотношении 1:3. Температура хранения $4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определение количества полисахаридов. Наличие полисахаридов в культуральной жидкости микроорганизмов определяли микроскопированием. Культуры микроорганизмов проверяли на способность к образованию капсул и наличие полисахаридов в качестве запасных веществ у выделенных микроорганизмов при дифференциально-диагностическом окрашивании культур [14].

Окраску капсул проводили по методу Гинса – Бурри. На тщательно обезжиренное с помощью ацетона предметное стекло наносили каплю фуксина Пфейфера, в котором ресуспендировали исследуемые клетки. Рядом помещали каплю отстоявшейся туши; две капли перемешивали петлей, а затем ребром одного стекла проводили по поверхности другого; высушивали мазок на воздухе; микроскопировали с иммерсией. В результате наблюдали неокрашенные капсулы вокруг окрашенных в розовый цвет клеток (ореолы вокруг клеток).

Для выявления в клетках микроорганизмов резервных полисахаридов (гранулезы или гликогена) на предметном стекле готовили каплю клеточной суспензии, к которой добавляли каплю раствора Люголя и 0,1 н HCl; препарат накрывали покровным стеклом и микроскопировали. Гранулы гранулезы в присутствии йода окрашивались в синий цвет, а гликогена – в красновато-коричневый.

Количественное содержание полисахаридов в культуральных жидкостях микроорганизмов определяли методом экстракции. Культуру в стационарной фазе роста использовали для инокуляции питательного бульона в колбах Эрленмейера объемом 250 мл (общий объем среды 50 мл). Количество инокулята составляло 2 мл от общего объема среды. Посевы инкубировали на шейкере Environmental Shaker-Incubator ES-20 при рабочей частоте 180 мин⁻¹ при температуре 30 ± 1 °С в течение 48 ч.

Биомассу бактерий отделяли центрифугированием при 5000 об/мин в течение 25 мин. Супернатант сливали и охлаждали до 4 ± 1 °С для дальнейшего выделения полисахаридов. Осаждение полисахаридов из супернатанта проводили этиловым спиртом в соотношении 1:3 трехкратно при температуре 4 ± 1 °С. Осадок отделяли центрифугированием при 5000 об/мин в течение 25 мин [15, 16].

Осажденные полисахариды растворяли в дистиллированной воде и проводили диализ против дистиллированной воды в течение 2 сут [17].

Определение общего количества полисахаридов проводили фенол-серноокислым методом [18]. Метод основан на реакции взаимодействия фенолов с продуктами окисления моносахаров, образующихся после разрушения полимерных молекул полисахаридов концентрированной серной кислотой.

Результаты и обсуждение. В предыдущих исследованиях нами было установлено, что наиболее выраженной способностью к гранулированию характеризуется активный ил очистных сооружений молочного производства. При инкубировании иловой смеси в отъемно-доливном режиме на протяжении месяца сформировались гранулы диаметром 2–3 мм [19].

На основании этого для выделения микроорганизмов и оценки их способности к агрегации использовали активный ил очистных сооружений молочного производства. Для выделенных микроорганизмов фиксировалась способность агрегироваться в виде биопленок (рис. 1, *а*), хлопков (рис. 1, *б*) либо отсутствие способности к образованию агрегатов (рис. 1, *в*).

Из общего количества выделенных микроорганизмов (41 изолят) отобрали 21 культуру бактерий, способных к образованию агрегатов. Изучение влияния культуральной жидкости бактерий

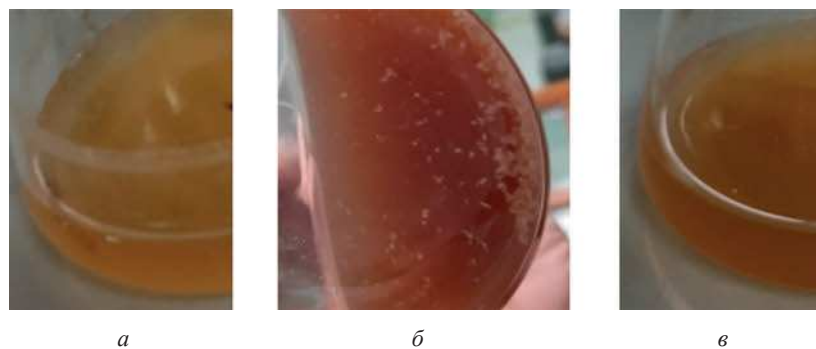


Рис. 1. Способность культур микроорганизмов к образованию агрегатов:
а – образование биопленки; *б* – образование хлопков; *в* – отсутствие агрегации

на стимуляцию процесса гранулирования активного ила в аэробных условиях проводили с использованием четырех изолятов, которые проявили наиболее выраженную способность к образованию агрегатов: М4 (плотные хлопья округлой формы), М14 (био пленка шириной кольца до 1 см), М23 и М32 (био пленка шириной кольца до 0,5 см).

Установлено, что при инкубировании иловых смесей, в которые внесена культуральная жидкость бактерий в количестве 10, 20 и 30 об. % от исходного объема активного ила, наблюдается существенный прирост биомассы (исходный объем активного ила возрастал в 2,0–2,5 раза), что не способствует гранулированию. Седиментационная способность такого ила резко ухудшалась, объем ила при второй подпитке (через 17 сут инкубирования) составлял 80 ± 2 мл. Пробы иловой смеси, в которые добавляли культуральную жидкость в дозах 10, 20 и 30 об. % от объема исходного ила, изъяли из эксперимента.

В дальнейших исследованиях участвовали пробы, в которых доза культуральной жидкости составляла 5 и 1 об. % от объема исходного активного ила. В ходе инкубирования данных иловых смесей при подпитке через каждые 10 сут отмечали существенное улучшение седиментационной способности, причем существенных отличий в динамике осаждения проб, в которые добавлена культуральная жидкость в количестве 1 об. % (рис. 2, 3) и 5 об. %, не выявлено.

Как видно из рис. 2, б, и 3, б, при второй подпитке уже к третьей минуте отстаивания объем активного ила резко уменьшается, приближаясь к конечному значению. Стоит отметить, что в контрольных пробах активный ил также хорошо уплотнялся. Однако в пробах с добавлением культуральных жидкостей бактерий М4, М14, М23 и М32 уже на 14-е сутки инкубирования отмечено образование первых гранул, в то время как в контрольных пробах гранулы не образовались. При второй подпитке полученные гранулы отбирали, а оставшийся ил подпитывали и продолжали инкубирование.

При третьей подпитке (рис. 2, в, и 3, в) активный ил оседал в течение 2 мин, что связано с наличием большого количества гранул. Контрольные пробы также показали улучшение седиментационных свойств, однако гранул к 27-м суткам так и не обнаружили.

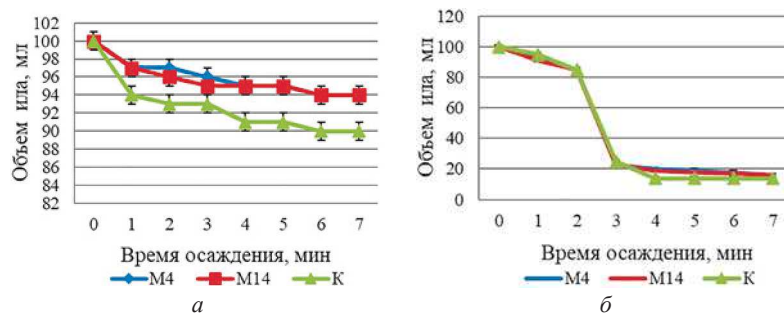


Рис. 2. Динамика осаждения во время подпиток активного ила, инкубируемого с добавлением 1 об. % культуральных жидкостей изолятов М4 и М14: а – первая подпитка (7 сут); б – вторая подпитка (17 сут); в – третья подпитка (27 сут)

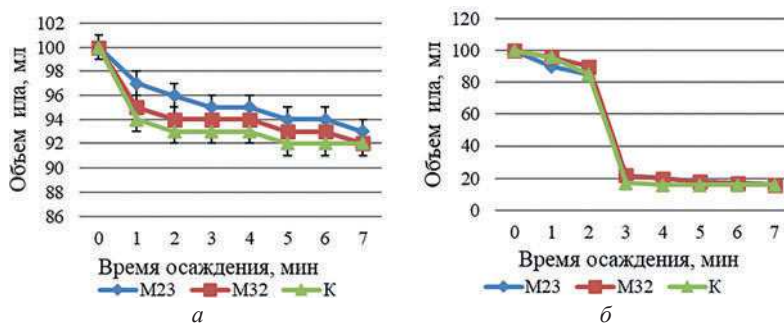
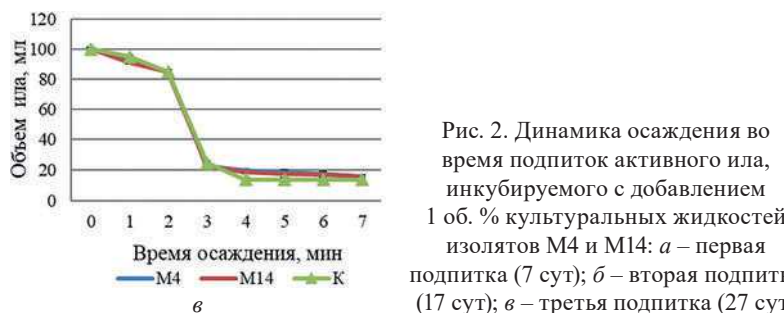
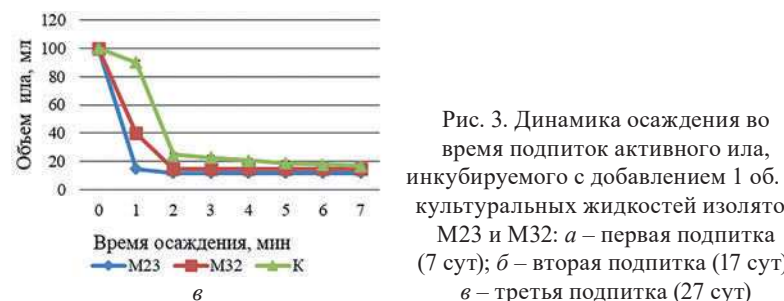


Рис. 3. Динамика осаждения во время подпиток активного ила, инкубируемого с добавлением 1 об. % культуральных жидкостей изолятов М23 и М32: а – первая подпитка (7 сут); б – вторая подпитка (17 сут); в – третья подпитка (27 сут)



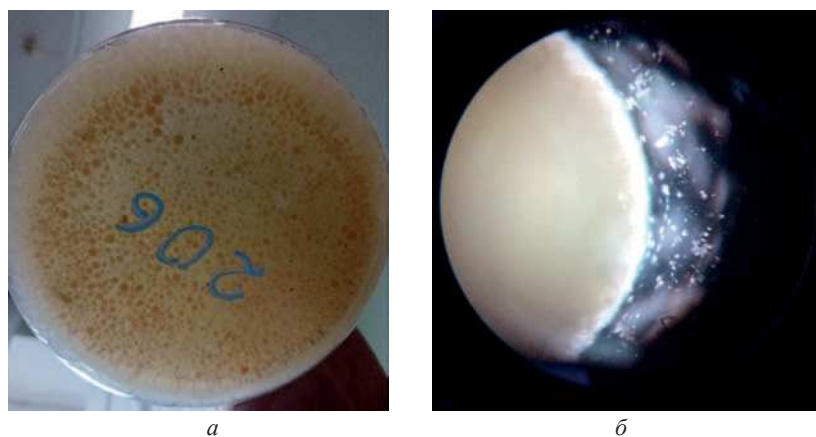


Рис. 4. Гранулы ила, полученные при инкубировании иловой смеси с добавлением культуральной жидкости М4:
a – гранулы ила в колбе; *б* – край гранулы ила при микроскопировании $\times 40$

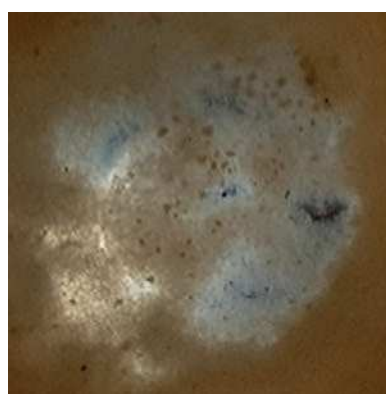


Рис. 5. Гранулы ила, полученные при инкубировании иловой смеси с добавлением культуральной жидкости М32

Стоит отметить, что в пробах с добавлением культуральной жидкости бактерий М4 и М14 в количестве 1 об. % от объема исходного ила гранулы образовывались крупные (диаметром 2,0–2,5 мм), имели правильную округлую форму (рис. 4).

В пробах же с добавлением культуральной жидкости бактерий М23 и М32 в количестве 1 и 5 об. % от объема исходного ила размер гранул колебался в пределах от 0,7 до 1,5 мм (рис. 5). Гранулированию подвергалось не более 10 % активного ила.

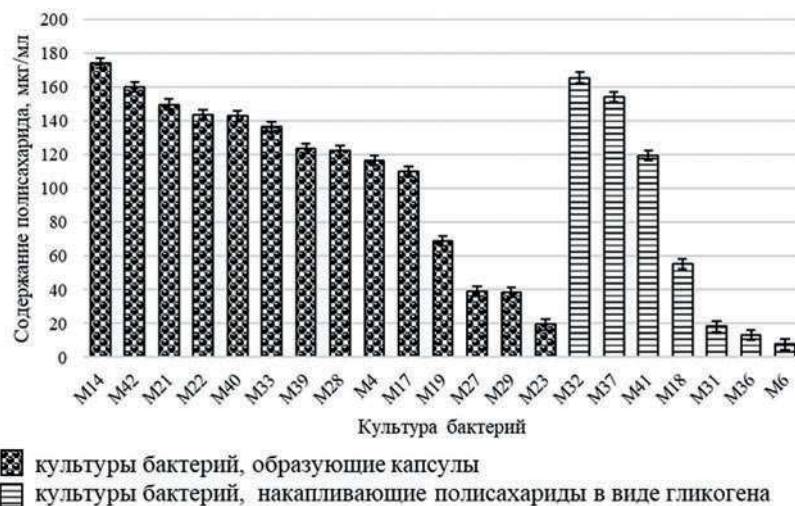


Рис. 6. Содержание полисахаридов в культуральной жидкости бактерий

Способность микроорганизмов к формированию различных агрегатов связывают с наличием полисахаридов [2, 6, 11–13]. Для выделенных культур определили количественное содержание полисахаридов (рис. 6) и проверили место их локализации (капсулы либо запасные вещества). Дифференциально-диагностическое окрашивание позволило установить, что полисахариды в клетках микроорганизмов находились в виде гликогена.

Среди отобранных бактерий, обнаруживших способность к агрегированию, отмечено высокое содержание полисахаридов в культуральной жидкости бактерий M14 (174,1 мкг/мл) и M32 (165,5 мкг/мл), причем в первом случае бактерии способны к образованию капсул, а во втором – запасают полисахариды в виде резервного вещества гликогена. Изоляты M4 и M23 капсулы образуют, но полисахаридов синтезируют меньше: 116,3 и 19,4 мкг/мл соответственно.

Заключение. Изучена стимуляция гранулирования активного ила при инкубировании в отъемно-доливном режиме в условиях аэрации с помощью способных к агрегированию микроорганизмов, выделенных из активного ила очистных сооружений молочного производства.

Показано, что добавление культуральной жидкости бактерий в количестве 10, 20 и 30 об. % от объема исходного активного ила нецелесообразно, так как способствует увеличению прироста активного ила и ухудшению его седиментационной способности.

При инкубировании иловой смеси с добавлением культуральной жидкости выделенных бактерий в количестве 5 и 1 об. % от объема исходного ила формирование первых гранул зафиксировано через 14 сут, в то время как в контрольных пробах (без добавления культуральной жидкости) продолжительность гранулирования составляла около 10 недель [20].

Количество и размер гранул различны: при использовании культуральной жидкости бактерий М14 и М4 гранулировалась практически вся иловая масса, диаметр гранул составлял 2,0–2,5 мм. В пробах с добавлением культуральной жидкости бактерий М32 и М23 отмечено малое количество гранул, их размер колебался от 0,7 до 1,5 мм.

Для всех выделенных бактерий, способных к агрегированию (21 изолят), определено содержание полисахаридов в культуральной жидкости. Однако нет четкой корреляции между содержанием полисахаридов, местом их локализации и образованием гранул.

Полученные предложенным методом гранулы ила имеют стабильную структуру, сохранность целостности гранул проверена в течение года [21].

Литература

1. Multistability and reversibility of aerobic granular sludge microbial communities up on changes from simple to complex synthetic waste water and back / A. Adler [et al.] // *Front. Microbiol.* – 2020. – Vol. 11. – P. 1–20.
2. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М. : АКВАРОС, 2003. – 512 с.
3. Bindhu, B. K. Aerobic granulation – an economically viable option for the treatment of wastewater / B. K. Bindhu, G. Madhu // *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.* – 2013. – Vol. 2. – P. 41–46.
4. Исследование грануляции активного ила при воздействии агентов стресса в отъемно-доливном процессе аэробной биологической очистки /

Н. С. Хохлачев [и др.] // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. – 2012. – Т. 4, № 5 (3). – С. 853–856.

5. Stability of aerobic granules during long-term bioreactor operation / R. D. G. Franca [et al.] // *Biotechnol. Adv.* – 2018. – Vol. 36. – P. 228–246.

6. The effects of shear force on the formation, structure and metabolism of aerobic granules / J.-H. Tay [et al.] // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2001. – Vol. 57. – P. 227–233.

7. Bindhu, B. K. Influence of three selection pressures on aerobic granulation in sequencing batch reactor / B. K. Bindhu // *Indian Journal of Chemical Technology.* – 2016. – Vol. 22, is. 5. – P. 241–247.

8. An integrative review of granular sludge for the biological removal of nutrients and recalcitrant organic matter from wastewater / M.-K. H. Winkler [et al.] // *Chem. Eng.* – 2018. – Vol. 336. – P. 489–502.

9. Aerobic granulation technology / J.-H. Tay [et al.] // *Handbook of Environmental Engineering.* – 2009. – Vol. 9. – P. 109–128.

10. Method for culturing aerobic granular sludge for treating biological nutrients in municipal sewage : CN 101759289A, Китай C02F 3/12 / Li Xiaoming, Liao Dexiang, Luo Weinan, Xia Jingfen, Yang Guojing, Yang Qi ; № 20100630. – Publ. date 30.06.2010. – Yang Guojing, 2010. – 8 p.

11. Сироткин, А. С. Агрегация микроорганизмов: флоккулы, биопленки, микробные гранулы / А. С. Сироткин, Г. И. Шагинурова, К. Г. Ипполитов. – Казань : Изд-во «Фэн» АН РТ, 2007. – 160 с.

12. Z-form extracellular DNA is a structural component of the bacterial biofilm matrix / J. R. Buzzo [et al.] // *Cell.* – 2021. – Vol. 184, № 23. – P. 5740–5758.

13. Impact of metal ions on structural EPS hydrogels from aerobic granular sludge / S. Felz [et al.] // *Article Biofilm.* – 2020. – Vol. 2. – P. 1–7.

14. Белясова, Н. А. Микробиология. Лабораторный практикум : учеб. пособие / Н. А. Белясова – Минск : БГТУ, 2007. – 160 с.

15. Osama, K. Chemical modification of polysaccharides by the use of intramolecular associations in polar organic solvents / K. Osama, M. Kazumi, F. Takayuki // *Polymer Bull.* – 2009. – Vol. 65, № 5. – P. 443–454.

16. Arifkhodzhaev, A. O. Polysaccharides of saponin-bearing plants VII. Study of polysaccharides of the roots of *Allochrysa paniculata* / A. O. Arifkhodzhaev // *Chemistry of Natural Compounds.* – 1995. – Vol. 31, № 4. – P. 445–456.

17. Методы химии углеводов : пер. с англ. / А. Томпсон [и др.] ; под ред. Н. К. Кочеткова. – М. : Мир, 1967. – 912 с.

18. Захарова, И. Я. Методы изучения микробных полисахаридов / И. Я. Захарова, Л. В. Косенко. – Киев : Наук. думка, 1982. – 192 с.

19. Нестер, О. В. Гранулирование в условиях аэрации активного ила, сформированного на очистных сооружениях города и молочного производства / О. В. Нестер, Р. М. Маркевич // *Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. «Биотехнология: взгляд в будущее – 2018».* – Ставрополь : Изд-во СтГМУ, 2018. – С. 191–194.

20. Нестер, О. В. Формирование гранул активного ила в аэробных условиях / О. В. Нестер, Р. М. Маркевич // *Труды БГТУ.* – Минск, 2016. – № 4 (186). – С. 220–224.

21. Нестер, О. В. Определение условий сохраняемости гранул активного ила, полученных в аэробных условиях / О. В. Нестер, Р. М. Маркевич, И. А. Гребенчикова // Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2020. – № 1 (229). – С. 22–26.

**STIMULATION OF GRANULATION OF ACTIVE SLUDGE
FROM WASTEWATER TREATMENT OF DAIRY PLANTS
IN AERATION CONDITIONS**

O. V. NESTER, R. M. MARKEVICH

Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, nester80@yandex.by

Stimulation of granulation of activated sludge with the help of microorganisms capable of aggrandizement isolated from active sludge of wastewater treatment of dairy plants was studied. The incubation of the sludge mixture was carried out in the weaning-topping mode under aeration conditions with a recharge periodicity of 10 days. It is shown that the addition of bacterial culture in the amount of 10, 20 and 30 % by volume of the initial active sludge contributes to an increase in the growth of active sludge and a deterioration of its sedimentation capacity. When incubating the sludge mixture with the addition of culture of isolated bacteria in the amount of 5 and 1 % Vol. of the volume of the initial sludge, the formation of the first granules was recorded after 14 days, while in control samples the duration of granulation was about 10 weeks. The number and size of the granules are different: while using the culture of bacteria M14 and M4, almost the entire sludge mass was granulated, the diameter of the granules was 2.0–2.5 mm. In samples with the addition of culture of bacteria M32 and M23, a small number of granules were noted, their size ranged from 0.7 to 1.5 mm. The amount of polysaccharides in the culture was determined for all isolated bacteria capable of aggregation (21 isolates). However, there is no clear correlation between the content of polysaccharides, the location of their localization and the formation of granules. The silt granules obtained by the proposed method have a stable structure, the integrity of the granules has been checked for a year.

Поступила в редакцию 18.04.2022