

УДК: 631.618(01); 631.416.8(01)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* В КАЧЕСТВЕ БИОСОРБЕНТА И БИОАККУМУЛЯТОРА КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Р.А. Гаранин, И.Н. Лыков, Калужский государственный педагогический университет

Физико-химические методы очистки сточных вод от тяжелых металлов (ТМ) не в состоянии снизить их содержание до необходимых величин. В результате ТМ попадают в водные объекты и почвы, а затем и в сельскохозяйственную продукцию. В настоящее время весьма перспективным направлением очистки является привлечение микроорганизмов, способных к биосорбции и биоаккумуляции ТМ. Среди многообразия таких микроорганизмов наибольший интерес, на наш взгляд, представляют дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*. Их можно применять для решения многих экологических задач, среди которых очистка сточных вод, биоремедиация загрязненных почв, поиск биологических индикаторов загрязнения и т.д.

Устойчивость дрожжей к ТМ может развиваться в результате многократных пересевов в присутствии возрастающих концентраций катионов металла. В других случаях происходит адаптация при первом же пассаже на среду с металлом. Вначале наблюдается некоторое замедление роста культуры дрожжей, которое сопровождается ингибированием метаболизма. Затем проис-

ходит репарация повреждений и восстановление роста, т.е. включаются защитные механизмы в клетках. В хромосомах и во внехромосомных элементах генетического аппарата — плаزمиды и транспозоны — расположены гены, кодирующие признак устойчивости к ТМ (цинк, никель, медь и т.д.).

Дрожжи используют широкий спектр механизмов детоксикации ТМ: образование специализированных белков (металлотioneин-подобные белки), низкомолекулярных пептидов (глутатион), фитохелатинов и др. При этом происходит связывание ТМ посредством биосорбции и биоаккумуляции с последующим образованием малотоксичных соединений. Кроме того, дрожжи легко культивируются и технологичны.

В своих исследованиях мы использовали биомассу пивоваренных дрожжей. В качестве среды для экспериментов применяли сточную воду с повышенным содержанием ТМ. Для определения влияния количества дрожжей на биосорбцию цинка, никеля и меди в сточные воды вносили дрожжи 3-х штаммов (1, 2, 3) и штаммы MIX (смесь 3-х штаммов) в количествах от 5 до 10 г/дм³ (в пересчете на

сухое вещество); время экспозиции — 24 ч при температуре 29°C, pH сточной воды — 8. После этого образцы сточной воды фильтровали и определяли в них методом атомной абсорбционной спектроскопии содержание цинка, никеля и меди.

Значения эффективности биосорбции и биоаккумуляции рассчитывали по формуле: эффективность % = 100 – конечная концентрация металла / начальная концентрация металла x 100.

Повышение количества навески дрожжей с 5 до 10 г/дм³ приводило к незначительному увеличению эффективности биосорбции и биоаккумуляции цинка из сточных вод и принимало значения: штамм 1 — с 96,1 до 98,3%, штамм 2 — с 95,6 до 97,7%, штамм 3 — с 95,9 до 98,1% и штаммы MIX — с 96,0 до 98,1%. При этом эффективность биосорбции и биоаккумуляции штаммов 1, 2, MIX увеличивалась на 2,1%, а штамма 3 — на 2,3%. Значения по увеличению эффективности сопоставимы. По биосорбции и биоаккумуляции никеля повышение количества навески дрожжей приводило к весьма значительному увеличению эффективности и принимало значения: штамм 1 — с 37,7 до 79,3%, штамм 2 — с 28,3 до 73,6%, штамм 3 — с 24,5 до 60,4% и штаммы MIX — с 28,3 до 75,5%. При этом эффективность штамма 1 увеличивалась на 41,5%, штамма 2 — на 45,3, штамма 3 — на 35,8, штаммов MIX — на 47,2 %. По биосорбции и биоаккумуляции меди повышение количества навески дрожжей приводило к ощутимому увеличению эффективности и принимало значения: штамм 1 — с 53,3 до 78,3%, штамм 2 — с 45,0 до 73,3%, штамм 3 — с 41,7 до 70,0% и штаммы MIX — с 45,0 до 75,0 %. При этом эффективность штамма 1 увеличивалась на 25,0%, штамма 2 — на 28,3, штамма 3 — на 28,3, а штаммов MIX — на 30,0%.

Дальнейшие исследования были направлены на изучение влияния корректировки среды на эффективность биосорбции и биоаккумуляции цинка, никеля и меди. Сточные воды откорректировали в 3-х вариантах: I — pH снизили с 8 до 5,5; II — при pH=8 вводили сахарозу до 1%; III — pH снизили с 8 до 5,5 и вводили сахарозу до 1%. При этом в сточные воды вносили дрожжи в количестве от 5 до 10 г/дм³. Время экспозиции составило 24 ч при температуре 29°C.

В уровне биосорбции и биоаккумуляции цинка наблюдалась положительная тенденция от корректировки среды. Однако увеличение навески дрожжей с 5 до 10 г/дм³ и корректировка среды не приводили к существенному увеличению эффективности биосорбции и биоаккумуляции цинка из сточных вод. Прирост эффективности составил в варианте I — 1,6—1,7%, II — 1,1—1,2, III — 1,5—1,7, а без корректировки среды — 2,1—2,3%. Если мы оценим значение корректировки среды для навесок дрожжей 5 и 10 г/дм³ в отдельности, сравнивая вариант без коррек-

тировки среды и вариант корректировки (III), то получим следующие значения: для 5 г/дм³ прирост составил 0,9—1,1%, для 10 г/дм³ — 0,3—0,5%. Вариант без корректировки был взят для сравнения, как содержащий наименьшие значения по эффективности, а вариант III, как имеющий наибольшие значения по эффективности. По полученным данным относительно биосорбции и биоаккумуляции никеля очевидна положительная тенденция от корректировки среды. Увеличение навески дрожжей и корректировка среды приводили к уменьшению эффективности сорбции никеля из сточных вод. Прирост эффективности в варианте I составил 41,5—45,3%, II — 34,9—37,7 %, III — 17,9—20,8, без корректировки среды — 35,8—47,2%. Если мы оценим значение корректировки среды для навесок дрожжей 5 и 10 г/дм³ в отдельности, сравнивая вариант без корректировки среды и вариант III, то получим следующие значения: для 5 г/дм³ прирост составил 35,8—41,5%, для 10 г/дм³ — всего 13,2—20,8%. Вариант без корректировки был взят для сравнения, как содержащий наименьшие значения по эффективности, а вариант III, как имеющий наибольшие значения по эффективности.

Относительно биосорбции и биоаккумуляции меди видна положительная тенденция от корректировки среды. Однако увеличение навески дрожжей с 5,0 до 10,0 г/дм³ с корректировкой среды приводило к уменьшению эффективности биосорбции и биоаккумуляции меди из сточных вод с увеличением сорбирующей биомассы. Прирост эффективности в варианте I составил 21,7—26,7%, II — 21,7—25,0, III — 16,7—18,3, без корректировки среды — 25,0—30,0%. Если мы оценим значение корректировки среды для навесок дрожжей 5 и 10 г/дм³ в отдельности, сравнивая вариант без корректировки среды и вариант III, то получим следующие значения: для 5 г/дм³ прирост составил 13,3—16,7%, для 10 г/дм³ — всего 3,3—5,0%. Вариант без корректировки был взят для сравнения, как содержащий наименьшие значения по эффективности, а вариант III, как имеющий наибольшие значения по эффективности.

Таким образом, при коррекции среды наблюдается явное увеличение биосорбции и биоаккумуляции никеля и меди и незначительное увеличение цинка, хотя показатели эффективности биосорбции и биоаккумуляции цинка являются самыми высокими. Корректировка среды дает значительный прирост эффективности для дрожжей с навеской 5 г/дм³ и гораздо меньший — с навеской в 10 г/дм³ в случае с никелем и медью. По этой причине целесообразно использовать для очистки сточных вод либо дрожжи с навеской 10 г/дм³ без корректировки среды, либо дрожжи с навеской 5 г/дм³ с корректировкой среды до pH=5,5 и введение в нее 1% сахарозы. **XXI**