

Мередов Энвер Назаргулыевич

преподаватель кафедры “Биология и методика её преподавания”

Комеков Мекан Максадович

студент по специальности “Физика и информатика”

Язмурадов Говшут Язмурадович

студент специальности “География”

Туркменский государственный педагогический институт им С. Сейди

г.Туркменабат. Туркменистан

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПОДВИЖНЫМИ ПЕСКАМИ

***Аннотация.** Проблема подвижных песков является одной из наиболее острых экологических и социально-экономических угроз в аридных и полуаридных регионах мира. Она оказывает разрушительное воздействие на инфраструктуру, сельское хозяйство и природные экосистемы, усугубляя процессы опустынивания и деградации земель. В последние десятилетия активно развиваются инновационные методы борьбы с этой проблемой, включающие применение биотехнологий и математического моделирования. В данной статье рассматривается роль микроорганизмов, биополимеров и фиторекультивации в стабилизации песчаных массивов, а также возможности использования математических моделей для прогнозирования миграции песков и оценки эффективности защитных мер. Подчеркивается необходимость комплексного подхода, в котором биологические и математические методы интегрируются в единую систему.*

***Ключевые слова:** биотехнологии, подвижные пески, математические модели, фиторекультивация, опустынивание, биополимеры, аридные зоны.*

Meredov Enver Nazargulyevich

Lecturer, Department of *Biology and Methods of Its Teaching*

Komekov Mekan Maksadovich

Student, majoring in *Physics and Informatics*

Yazmuradov Govshut Yazmuradovich

Student, majoring in *Geography*

Turkmen State Pedagogical Institute named after S. Seydi,

Turkmenabat, Turkmenistan

COMPREHENSIVE USE OF BIOTECHNOLOGIES AND MATHEMATICAL MODELS FOR COMBATING MOVING SANDS

Abstract. *The problem of moving sands is one of the most acute ecological and socio-economic threats in arid and semi-arid regions of the world. It has a destructive impact on infrastructure, agriculture, and natural ecosystems, aggravating the processes of desertification and land degradation. In recent decades, innovative methods of combating this problem have been actively developed, including the use of biotechnologies and mathematical modeling. This article examines the role of microorganisms, biopolymers, and phytoremediation in stabilizing sandy masses, as well as the potential of mathematical models for predicting sand migration and assessing the effectiveness of protective measures. The necessity of a comprehensive approach is emphasized, in which biological and mathematical methods are integrated into a unified system.*

Keywords: *biotechnology, moving sands, mathematical models, phytoremediation, desertification, biopolymers, arid zones.*

Введение. Подвижные пески представляют собой одну из наиболее серьёзных экологических проблем современности. Они широко распространены в пустынных и полупустынных регионах планеты, охватывая территории Центральной Азии, Ближнего Востока, Северной Африки, а также некоторых районов Китая, Индии и Южной Америки. Под действием ветра песчаные массы перемещаются на большие расстояния, формируя дюны и барханы, которые поглощают сельскохозяйственные земли, разрушают дороги, линии электропередач и населённые пункты.

Классические меры борьбы с подвижными песками включают создание механических преград, химическое закрепление и посадку древесно-кустарниковой растительности. Однако их эффективность ограничена временными рамками, высокими экономическими затратами и зачастую негативным воздействием на окружающую среду. В этих условиях на первый план выходят методы, основанные на биотехнологиях и математическом моделировании. Они позволяют объединить природные механизмы стабилизации с возможностями современных цифровых технологий, что делает борьбу с подвижными песками более устойчивой и долгосрочной.

Таблица 1. Биотехнологические методы борьбы с подвижными песками

Метод	Суть	Преимущества	Ограничения	Примеры применения
Микробиологическая стабилизация	Использование бактерий, осаждающих карбонаты кальция, образующих «цементирующие» структуры	Экологичность, долговременность, низкие затраты	Чувствительность к климату, необходимость поддержания микробных сообществ	Китай (пустыня Тенгер), США (Калифорния)
Биополимеры	Внесение природных полисахаридов (ксантан, альгинаты, хитозан) для связывания песчаных частиц	Быстрое действие, биоразлагаемость, удержание влаги	Возможная высокая стоимость, необходимость регулярного обновления	Саудовская Аравия, ОАЭ
Фиторекултивация	Посадка растений, устойчивых к засухе (саксаул, джужгун, солянка, полынь)	Формирование экосистемы, улучшение микроклим	Медленный эффект, трудности приживания в экстремальных условиях	Туркменистан (Каракумы), Казахстан (Кызылку

		ата, устойчивос ть		мы), Монголия
Комбинир ованные методы	Совместное использование растений, микробов и биополимеров	Синергетич еский эффект, высокая эффективно сть	Требует комплексных знаний и координации	Междунар одные пилотные проекты ООН в Центральн ой Азии

Биотехнологии открывают принципиально новые возможности в борьбе с деградацией земель. В отличие от химических и механических методов, они не разрушают естественные экосистемы, а напротив, способствуют их восстановлению.

В последние годы активно развивается направление микробиологической стабилизации песков. Исследования показали, что некоторые группы микроорганизмов способны индуцировать осаждение карбонатов кальция, которые связывают песчаные частицы в более плотные агрегаты.

Значение математического моделирования. Для успешного внедрения биотехнологий требуется точное прогнозирование динамики песчаных потоков и оценка воздействия климатических и антропогенных факторов. Эти задачи решаются с помощью математических моделей.

Широкое распространение получило использование геоинформационных систем (ГИС) для мониторинга и прогнозирования процессов опустынивания. Совмещение спутниковых данных, климатических моделей и результатов полевых исследований позволяет формировать цифровые карты подвижных песков и планировать защитные мероприятия с высокой точностью. Работы в области ГИС, выполненные Институтом пустынь Китайской академии наук и Университетом Аризоны, демонстрируют эффективность такого подхода.

Особое место занимают оптимизационные модели, позволяющие подбирать наиболее эффективные комбинации биотехнологических и инженерных решений. Например, можно смоделировать, какое сочетание посадки саксаула и внесения биополимеров даст наибольший эффект при минимальных затратах.

Интеграция биотехнологий и моделей. Комплексный подход к борьбе с подвижными песками строится на тесной интеграции биотехнологических методов и математического моделирования. Модели помогают не только оценивать текущее состояние песчаных массивов, но и прогнозировать результаты применения биологических закрепителей, а также рассчитывать оптимальные зоны для фиторекультивации.

Практическая значимость. Для Центральной Азии комплексный подход к борьбе с подвижными песками имеет исключительное значение. В условиях Арала, пустыни Каракумы и Кызылкума именно песчаные бури и миграция барханов являются главным фактором деградации земель. Международные проекты Программы ООН по борьбе с опустыниванием (UNCCD) и исследовательские работы Университета ООН показали, что внедрение биотехнологий в сочетании с прогнозными моделями позволяет добиться устойчивого результата при относительно низких затратах.

Заключение. Комплексное использование биотехнологий и математических моделей является инновационным направлением в борьбе с подвижными песками. Биологические методы позволяют закреплять песчаные массивы естественным образом, а математическое моделирование обеспечивает возможность точного прогнозирования и оптимизации мероприятий. Такой подход не только снижает риски деградации земель, но и способствует формированию устойчивых экосистем, что особенно важно в условиях глобальных климатических изменений.

Список литературы

1. Алиев К.Ш. Проблемы борьбы с опустыниванием в Центральной Азии. Ашхабад: Ылым, 1999.
2. Ковалёв В.М., Смирнов А.Н. Биологические методы стабилизации песков. Москва: Наука, 1974.