

Т.И. Сафонова¹, А.В. Филиппова², А.В. Воробьев³

Оренбургский государственный аграрный университет,

¹ti_safonova@mail.ru, ²kassio-67@yandex.ru, ³vav16356@mail.ru

В статье представлены результаты комплексного исследования экологической сукцессии водоема, образовавшегося на месте отработанного песчано-гравийного карьера. Исследование проводилось в период 2023-2025 г.г. и включало анализ гидрометрических показателей, морфологии береговой линии и геохимического состава донных отложений. Установлено, что водоем находится в стадии развития (средняя сукцессия).

Ключевые слова: экологическая сукцессия, карьерный водоем, морфометрия берегов, донные отложения, тяжелые металлы, антропогенные экосистемы.

Сукцессия карьерных водоёмов представляет собой длительный и многогранный процесс, характеризующийся изменениями физико-химического состояния водной среды, накоплением донных осадков и развитием биотической компоненты экосистемы. Динамика этих преобразований обусловлена взаимодействием различных экзогенных и эндогенных факторов, оказывающих существенное воздействие на состояние формирующихся водных экосистем [1]. Важнейшими факторами, регулирующими темпы и направление сукцессии карьерных водоёмов, являются климатические условия и степень антропогенного влияния.

Несмотря на свою промышленную природу, после завершения эксплуатации карьеры могут стать важными рекреационными объектами для организации отдыха населения, спортивных мероприятий и экологического туризма. Для этого необходимо определить скорость и направление сукцессионных процессов.

Цель данной работы: оценить стадийность экологической сукцессии карьерного водоема на основе комплексного анализа.

В настоящем исследовании использованы классические теоретико-методологические подходы гидрологии и экологии. В ходе работы были

применены полевые и экспедиционные методы, включающие проведение комплексных и маршрутных обследований. Объект исследования карьерный водоем озеро Измайлово, располагающийся в 3 км от г. Оренбург в пойме реки Сакмара.

Озеро Измайлово представляет собой замкнутый водоем, образовавшийся в результате добычи песчано-гравийной смеси. Изменение гидрологического режима объекта началось с 2014 года в результате проведения дноуглубительных работ и добычи песчано-гравийной смеси. Эти мероприятия привели к увеличению объема грунтовых вод и, как следствие, к росту площади зеркала (в 4,5 раза) и уровня воды. Добыча велась с 2014 по 2020 годы. Таким образом, сформировался карьерный водоем, который в настоящее время представляет собой самостоятельный водный объект (рис. 1).



Рис. 1. Озеро Измайлово

Исследование и отбор проб проводились в 2023-2025 г.г. Озеро Измайлово характеризуется средней глубиной 170 см и максимальной глубиной 250 см. Прозрачность воды составляет 70-80 см, общая минерализация - 9,79 мг/л. Вода прозрачная, с характерным рыбным запахом, без примесей. pH равен 8,8-9. Озеро имеет разные береговые линии: часть береговой линии обрывистая с характерной древесной растительностью, юго-восточный склон подвержен хозяйственной деятельности. Северо-западный склон пологий, открытых берегов нет.

Озеро является водным объектом весеннего наполнения с подпиткой грунтовыми водами. В период весеннего половодья 2024 г. уровень воды в озере увеличился и к сентябрю не достиг отметок 2023 г. Береговая линия пологого берега переместилась более чем на 4 м, и уровень воды поднялся в среднем на 2 м. В 2025 году уровень воды в озере стал ниже, но не достиг отметок 2023 года.

На прибрежной территории озера произрастают: подсолнечник сорнополевой (*Helianthus lenticularis* Dong.), синяк обыкновенный (*Échium vulgáre*), пырей ползучий (*Elytrigia répens*), полынь горькая (*Artemisia*

absinthium), горец птичий (*Polygonum aviculare*) и пастушья сумка (*Capsella*). Восточный берег занят древесной растительностью, такой как осина (*Populus tremula*), ива (*Salix*), тополь серебристый (*Populus alba*) [2]. Западный берег обрывистый с элементами абразии, что обусловлено особенностями рельефа местности и механическим воздействием на берег в процессе добычи нерудных полезных ископаемых. Абразия проявляется вследствие неполного укрепления берега травянистой растительностью. За время исследования проективное покрытие на западном склоне увеличилось с 50 до 70%.

Гидрохимическая оценка донных отложений проводилась по следующим параметрам (Цинк (Zn), Никель (Ni), Хром (Cr), Медь (Cu), Магний (Mn), Свинец (Pb), Кадмий (Cd), Железо (Fe) [3]. В результате проведенных исследований установлено, что пробы донных отложений содержат все исследуемые элементы (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях

Элемент	2023 г.			2024 г.			2025 г.		
	1 т.о	2 т.о	3 т.о	1 т.о	2 т.о	3 т.о	1 т.о	2 т.о	3 т.о
Цинк (Zn)	4,56	1,14	3,21	4,6	1,6	3,3	4,51	1,3	3,17
Никель (Ni)	0,4	0,1	0,25	0,43	0,17	0,31	0,4	0,14	0,24
Хром (Cr)	0,087	0,03	0,062	0,071	0,02	0,056	0,08	0,032	0,061
Медь (Cu)	0,29	0,07	0,22	0,22	0,06	0,19	0,3	0,63	0,28
Марганец (Mn)	8,13	4,4	6,89	8,17	4,3	6,92	8,16	4,2	6,73
Свинец (Pb)	0,9	0,23	0,73	0,93	0,31	0,77	0,87	0,27	0,59
Кадмий (Cd)	0,026	0,01	0,017	0,021	0,01	0,015	0,025	0,012	0,019
Кобальт (Co)	0,2	0,1	0,14	0,2	0,09	0,17	0,23	0,13	0,16
Железо (Fe)	17,67	6,89	15,43	17,73	7,01	15,57	17,5	6,91	16,1

Наибольшие значения для всех точек отбора проб наблюдаются для железа (Fe) наименьшие значения отмечены для кадмия (Cd), кобальта (Co) и хрома (Cr), их значения не превышают единицы. Средние значения для остальных элементов (медь (Cu), никель (Ni), свинец (Pb)) находятся в диапазоне от 1 до 2 единиц. Свинец имеет стабильные значения во все годы, никель и медь показывают небольшие колебания, но их концентрации также остаются низкими. Таким образом, наибольшее содержание тяжёлых металлов наблюдается в прибрежной зоне озера с пологим склоном, поскольку на территории с плавным уклоном взаимодействие потока с поверхностью земли интенсивнее, процессы вымывания и последующего переноса твёрдых частиц происходят более активно, способствуя дальнейшему накоплению тяжелых металлов в прилегающей прибрежной зоне.

Полученные данные свидетельствуют о трансформации бывшего карьерного водоема в природный водоем с динамичной гидрологией и сложной экосистемой, где взаимодействие факторов уровня воды, зарастания берегов и абразии создает уникальные условия для формирования

прибрежных ландшафтов. На основании проведенного комплексного исследования можно заключить, что карьерный водоем находится на стадии средней (активной) экологической сукцессии.

Библиографический список

1. Горбунова И.А. Эволюция карьерных водоёмов. Воронеж: ВГУ, 2017. - 764с.
2. Малясова, С. В. Заращение берегов карьерных водоемов на примере озера Измайлово / С. В. Малясова, Т. И. Сафонова // В фокусе достижений молодежной науки: Материалы ежегодной итоговой научно-практической конференции, Оренбургский государственный аграрный университет, 13 ноября 2024 года. – Оренбург: ООО "Типография "Агентство Пресса", 2024. – С. 88-90.
3. Сафонова, Т. И. Накопление тяжелых металлов в донных отложениях озера Измайлово / Т. И. Сафонова, С. В. Малясова // Актуальные вопросы обеспечения комплексной безопасности: Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 375-летию Пожарной охраны России и 300-летию Российской Академии Наук, Оренбург, 24 мая 2024 года. – Оренбург: ООО "Типография "Агентство "Пресса", 2024. – С. 1123-1127