

УДК 631.45.67

Канд. биол. наук С.Н. Досбергенов *

**РОЛЬ ПОГЛОЩЕННЫХ ОСНОВАНИЙ В ЭКОЛОГИИ
ТЕХНОГРУНТОВ***ТРАНСФОРМАЦИЯ, НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЕ, НЕФТЕПРОДУКТЫ,
КАТИОНЫ*

В статье приводятся данные содержания поглощенных оснований на территории амбаров месторождения Караарна, и их роль в восстановлении экологической функции техногрунтов.

Поглотительная способность почв – это свойства почв сорбировать и задерживать те или иные вещества, в том числе органические и минеральные нефтепродукты, приходящие в соприкосновение с твердой фазой почв, выраженной в мг-экв на 100 г сухого вещества.

При прочих равных условиях, чем выше емкость катионного поглощения почв, тем больше опасность их загрязнения различными стойкими продуктами нефтедобычи, как органического, так и минерального происхождения, в частности токсичными солями минерализованных промыслов вод, которые обычно сопутствуют при добыче нефти.

Интенсивность поглощения твердой фазой почв катионов из раствора и обратимость данного процесса во многом определяется видом поглотительной способности почв. Так, преобладание в некоторых почвах химического вида поглощения приводит к тому, что ион раствора может прочно закрепляться на поверхности почвенных частиц, или даже сорбироваться необменно, т.е. внедряться в кристаллическую решетку глинистых минералов почв. Емкость обмена почв зависит от их механического состава, в частности, от содержания в почве илистой фракции и гумуса, обладающих обменной способностью, от минералогического состава илистой фракции и от pH раствора. Поэтому у песчаных малогумусных почв и почв каменистого состава с низкой поглотительной способностью интенсивность загрязнения нефтепродуктами при прочих равных условиях будет меньше, чем у суглинистых или глинистых почв монтмориллонитового состава с высоким содержанием гумуса. В почвах тяжелого механиче-

* КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, г. Алматы

ского состава загрязнители могут аккумулироваться и долго сохраняться в этих условиях на седиментационных барьерах. Однако, в условиях разных и достаточно контрастных природных обстановок, степень опасности загрязнения целиком определяется природной ситуацией. При этом необходимо установить уровень концентрации нефтепродуктов в почвах и грунтах, выше которых почва не может сама справиться с загрязнением. Для установления предела потенциала самоочищения необходимо знать предел емкости поглощения. Таким образом, содержание обменных катионов в почве, их состав и емкость поглощения является важным показателем химических и физических свойств почв. Поэтому, одним из факторов, влияющих на выполнение почвой экологических функций, является емкость поглощения почв.

Опыт промышленного освоения месторождений нефти и газа показал, что отсутствие экологического обоснования проектов приводит к нарушению природного равновесия. Ликвидация же последствий загрязнения окружающей среды требует больших материальных затрат.

При загрязнении почв сырой нефтью увеличивается содержание органического углерода, которое образуется при физико-химическом, частично, микробиологическом разрушении алифатических углеродов.

В анаэробных условиях при избыточном увлажнении и присутствии микроорганизмов происходит оглеение и оглинение почв, что ведет к увеличению дисперсности почв обладающих более высокой коллоидностью. В связи с этим изменяется почвенно-поглощающий комплекс (ППК). Нефть, обладая сложным составом, влияет на поглотительную способность почв. Происходит внедрение катионов в ППК. Из наиболее распространенных в почве обменных катионов – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , NH_4^{+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , H^{+} . Способность поглощения возрастает с увеличением атомного веса и валентности катионов [6]. По степени (энергии) поглощения, наиболее распространенные в почвах катионы располагаются в следующем возрастающем порядке: натрий, аммоний, калий, магний, кальций, алюминий, железо.

На территории месторождения Караарна были проведены полевые научно-исследовательские работы по изучению изменений экологических функций территории амбаров, находящихся в условиях рекультивации.

При исследовании применялись сравнительно-экологические, лабораторно-аналитические и графические методы. Химические анализы почв выполнены по общепринятым в почвоведении методикам. Вытесне-

ние щелочных металлов калия и натрия из поглощающего комплекса почвы проводилось насыщенным раствором гипса по методике Антипова-Каратаева и Мамаевой с окончательным определением на пламенном фотометре. Поглощенные катионы кальция и магния определялись трилонометрическим методом Матушевского для засоленных почв [2].

Несколько слов из истории амбара. В связи с ростом территории месторождения с 42,2 га до 298 га, в конце 1960 года объединение «Минавтодор» КазССР использовало нефть месторождения Караарна в качестве дорожного битума, так как нефть тяжелая, вязкая, асфальто-смолистая. Для сбора добываемой нефти были использованы амбары, вырытые в земле. Скопленную нефть перевозили на Кульсаринский битумный завод автотранспортом и узкоколейной железной дорогой Караарна – Кульсары. Позднее в ТОО «Геоэкосервис» по заключенному договору определялась площадь исторически загрязненных мест, использованных в те времена в качестве амбаров для нефти. Согласно итоговому отчету этой организации, был заключен договор с ТОО «Green Star Company – AS» для разработки проекта рекультивации на территории месторождения Караарна. Согласно этому, был разработан проект на 5 лет (2011...2015 гг.) для рекультивации загрязненных мест на площади 11,3 га. 12.11.2010 г. на этот проект было выдано заключение №1-239 государственной экологической экспертизы Департамента Экологии Жайык-Каспий. С 2011 г. проводится очистка исторически загрязненных участков микробиологическим методом, с использованием цеолитов.

Самоочищение и самовосстановление почвенных экосистем, нарушенных загрязнением нефтью и нефтепродуктами – это биохимический процесс трансформации загрязняющих веществ, сопряженный со стадийным восстановлением биоценоза. Большое влияние оказывает состав нефти и ее начальная концентрация. Скорость биodeградации нефти зависит от интенсивности солнечного света, концентрации биогенных элементов, температуры, давления, концентрации кислорода, генетических регуляторных механизмов, наличия беспозвоночных животных [1, 5].

Например, рассмотрим зональную легкосуглинистую бурую пустынную солончаковатую почву (табл. 1). Емкость поглощения верхнего гумусового горизонта отстает от нижележащих горизонтов. Сумма поглощенных оснований коррелирует с органическим углеродом, а также с засоленностью почвы. Катионы, расположенные в убывающем порядке, представлены в таком виде: $Ca > Mg > Na > K$.

Таблица 1

Поглощенные основания рекультивированных участков территории амбаров месторождения Караарна

Глубина отбора проб, см	Механический состав	Ощипи гумус %	рН водной вытяжки	Поглощенные основания, мг-экв на 100 г почвы				Σ	Поглощенные основания, %				Засоленность, %
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	
p-1, рекультивированный участок 2013 г.													
0...17	песок тонкозерн.	0,41	7,92	9,75	4,25	24,34	0,18	38,52	5,31	1,04	63,18	0,47	4,019
17...30	песок рыхлый	0,34	7,95	12,0	7,75	1,98	0,16	21,89	4,81	35,40	9,06	0,73	4,650
30...50	битум + песок	1,02	7,96	12,5	12,25	49,27	0,39	74,41	16,80	16,46	66,22	0,52	4,349
50...100	песок желто-корич.	0,03	7,72	11,75	7,25	9,64	0,01	28,65	41,00	25,30	33,67	0,03	6,025
p-2, рекультивированный участок 2013 г.													
0...17	тяжелый суглинок	1,43	8,00	12,25	15,75	57,82	0,21	86,03	14,24	18,31	67,20	0,25	8,222
17...32	песок рыхлый	0,13	8,51	7,75	6,0	12,69	0,18	26,62	29,11	22,54	47,67	0,68	1,841
32...50	песок коричневый	0,07	8,46	3,0	4,0	0,13	0,02	7,15	41,96	55,94	1,82	0,28	1,531
50...100	песок бесструкт.	0,03	8,43	9,0	4,0	1,74	0,04	14,78	60,89	27,06	11,78	0,27	2,531
p-3, рекультивированный участок 2012 г.													
0...22	средний суглинок	0,95	8,69	9,75	15,25	20,83	0,37	46,2	21,10	33,0	45,08	0,82	6,472
22...40	глина + песок	0,48	8,55	11,5	11,0	13,76	0,35	36,61	31,43	30,04	37,58	0,95	4,597
40...80	легкий суглинок	0,48	8,54	8,5	11,5	9,04	0,18	29,22	29,09	39,35	30,94	0,62	4,292
p-4, рекультивированный участок 2012 г.													
0...27	легкий суглинок	0,48	8,30	8,0	16,0	12,91	0,28	37,19	21,51	43,02	34,72	0,75	5,231
27...70	глина + песок	0,20	8,31	9,5	12,0	10,49	0,29	32,28	29,43	37,17	32,50	0,90	4,738
70...100	тяжелый суглинок	0,72	8,33	9,5	14,0	19,52	0,40	43,42	20,88	32,24	44,93	1,95	4,229

Глубина отбора проб, см	Механический состав	Общая гумус %	pH водной вытяжки	Поглощенные основания, мг-экв на 100 г почвы				Поглощенные основания, %				Засоленность, %	
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Σ	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		K ⁺
p-5, рекультивированный участок 2011 г.													
0...20	-	0,34	8,50	11,5	14,5	2,35	0,30	28,65	40,13	50,61	8,21	1,05	4,268
20...35	песок коричневый	0,03	8,36	9,5	4,50	1,38	0,21	15,59	60,93	28,86	8,85	1,34	2,007
35...65	песок + битум	0,82	8,12	10,0	5,5	0,73	0,22	16,45	60,79	33,40	4,43	1,38	1,763
65...80	песок + битум	1,16	7,88	10,0	4,0	0,74	0,10	14,84	67,38	26,95	4,98	0,69	1,489
80...120	песок + битум	1,36	7,97	7,0	6,0	34,6	0,41	48,01	14,58	12,50	72,06	0,85	1,797
p-6, рекультивированный участок 2014 г.													
0...35	тяжелый суглинок	1,70	8,09	14,5	16,5	43,57	0,31	74,88	19,36	22,03	58,18	0,43	6,460
35...55	тяжелый суглинок	0,92	7,73	14,5	16,5	63,91	0,54	95,45	15,19	17,28	66,95	0,58	8,082
55...100	тяжелый суглинок	1,29	7,56	20,0	25,0	49,97	0,54	95,51	20,94	26,17	53,32	0,57	11,519
p-7, рекультивированный участок 2014 г.													
0...10	суглинок + битум	1,57	8,52	10,5	20,25	64,08	0,44	95,27	11,02	21,25	67,26	0,47	8,241
10...35	песок	0,38	8,92	8,0	6,5	60,21	0,63	75,34	10,62	8,63	79,92	0,83	3,729
35...100	тяжелый суглинок	0,68	8,20	7,5	18,25	63,91	0,45	90,11	8,32	20,25	70,92	0,51	5,856
p-8, целина													
0...10	легкий суглинок	0,34	8,67	3,75	2,5	9,07	0,22	15,54	24,13	16,08	58,36	1,43	0,620
10...23	песок тонкозерн.	0,10	8,75	1,75	1,75	7,48	0,65	11,63	15,05	15,05	64,32	5,58	0,436
23...50	легкий суглинок	0,24	8,53	11,25	6,0	3,68	0,12	21,05	53,44	28,50	17,48	0,58	3,959
50...58	песок тонкозерн.	нет	8,55	5,5	3,75	0,74	0,08	10,07	54,61	37,24	7,35	0,80	2,030
58...80	тяжелый суглинок	0,48	8,46	11,75	9,75	15,9	0,34	37,74	31,13	25,83	42,13	0,91	2,769
80...120	песок морской	0,37	8,61	11,25	4,5	43,8	0,05	59,6	18,87	7,57	73,48	0,08	1,506

При возрастании процентного содержания кальций-иона, содержание магний-иона снижается. На рН показатель влияют все катионы поглощающего комплекса. Низкие значения рН связаны с обменными катионами H^+ , Al^{3+} , высокие – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Экологическая роль рН определяется, в первую очередь, влиянием на питание растений, на доступность питательных веществ для развития в почве микроорганизмов. При $pH < 5,5$ в почвах снижается содержание подвижных форм азота, а также Ca, Mg, P, K, Mo, B. При $pH > 8 \dots 8,5$ снижается содержание подвижных соединений Ca, Mg, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Co. И так, показатель почвенного раствора рН влияет на устойчивость почв к внешним воздействиям.

Таким образом, верхние горизонты незагрязненной бурой пустынной солончаковой почвы оказываются менее устойчивыми к геохимической нагрузке из-за низкой поглотительной способности, но обладают более высокой активностью восстановления, благодаря содержанию гумуса, биологической активности и фотохимическим реакциям. Нижние горизонты, наоборот, более устойчивы к геохимическим нагрузкам, благодаря более высоким показателям поглощенных оснований. Но эти почвы труднее восстанавливаются из-за низкого содержания гумуса и низкой биологической активности.

При увеличении степени загрязнения нефтью в составе ППК увеличиваются доли катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . В результате нефтезагрязнения меняются соотношения поглощенных катионов, характерных для зональных бурых пустынных почв, происходит трансформация состава поглощенных оснований и они располагаются в следующем неравенстве: $Na > Ca > Mg > K$. При утяжелении гранулометрического состава почвы повышается содержание обменных катионов. Корреляционная связь ППК с засоленностью почвы не наблюдается, так как при трансформации нарушаются заложенные веками соотношения катионов. Нефтезагрязнение сопровождается усилением восстановительных процессов, вызываемых увеличением количества органических веществ в условиях повышенного увлажнения и ухудшающейся аэрации. Для нефтезагрязненных почв характерны признаки вторичного засоления, вызванного большим количеством хлоридов натрия в нефтяной эмульсии [4].

При умеренном загрязнении почвы нефтью, катионы, в основном, задерживаются в верхних гумусовых горизонтах, а не нижележащих. При заполнении пор почвы, нефть при помощи гравитационного стока попада-

ет в нижние горизонты. В зависимости от содержания нефти в почвенных горизонтах изменяется содержание и состав катионов в ППК.

На техногрунтах рекультивационного участка 2011 г. (р-5) емкость поглощения верхнего горизонта составила 28,65 мг-экв на 100 г почвы (табл. 1). Вглубь толщи почв она умеренно снижается до 14,84 мг-экв на 100 г почвы, имея корреляционную связь с механическим составом. Содержание органического углерода зависит от содержания и степени разложения битуминозных веществ. В амбарах на самом нижнем горизонте, где глубоко просачивались нефтепродукты, при длительном нахождении сырой нефти сумма поглощенных оснований возросла до 48,01 мг-экв на 100 г почвы. При сравнении с целинной почвой, сумма емкости поглощения этого участка была выше, но ниже чем на тех участках, где велась мелиоративная работа позже. Сумма поглощенных оснований по рекультивационным участкам располагается в следующих убывающих неравенствах: р-6 > р-7 > р-1 > р-2 > р-3 > р-4 > р-5 > р-8. Это зависит от срока проведения мелиоративных работ.

Рассмотрение процентных соотношений поглощенных оснований в составе ППК (р-5) показало, что доминируют катионы щелочноземельных элементов: кальций – от 14,58 до 67,38 %, затем следует магний – от 12,50 до 50,61 %. Доля катионов щелочных металлов значительно меньше: поглощенного натрия от 4,93 до 8,85 % (табл. 1). Доля поглощенного калия в 3...8 раз ниже, по сравнению с натрием, и колеблется от 0,69 до 1,34 %.

Сравнение процентных отношений катионов этого рекультивированного участка (р-5) с целинной бурой пустынной почвой (р-8) показало, что щелочноземельные элементы кальций и магний возрастают в нефтезагрязненной почве, но процентное соотношения поглощенного натрия и калия ниже, по сравнению с целинной почвой.

Сравнение значений поглощенных оснований рекультивированного участка 2011 г. (р-5) с более поздними показало, что сумма поглощенных оснований снижается для более ранних сроков проведения мелиоративных работ. Если на участке рекультивированном в 2014 году (р-6, р-7) сумма поглощенных оснований варьировалась от 74,88 до 95,51 мг-экв, то на участке рекультивированном на год раньше (р-1, р-2), сумма поглощенных оснований варьировалась от 4,24 до 60,89 мг-экв. Эти значения значительно ниже на участках рекультивированных позже. На участках, где рекультивация проведена в 2012 г. (р-3, р-4), сумма поглощенных оснований снизилась, по сравнению с участками (р-1, р-2), от 29,22 до 46,20 мг-экв на 100 г почвы.

Несмотря на приблизительно одинаковое значение катионов кальция на всех участках разных лет рекультивации, их процентное соотношение бывает разным. Процентное соотношение кальция в техногрунтах 2011 г. (р-5) составило 60,79 %, а 2012 г. – 41,96 %. В техногрунте, рекультивированном в 2013 г., оно снизилось до 31,43 %. На участке, рекультивированном в 2014 г., это соотношение составило 14,24 %. Все это показывает, что процентное соотношение кальция в техногрунте зависит от срока проведения мелиоративных работ. При проведении мелиоративных работ процентное соотношение кальция снижается.

Содержание катионов магния также снижается по мере проведения мелиоративных работ. На техногрунтах, рекультивированных в 2014 г. (р-6, р-7), сумма катионов варьировалась от 6,5 до 18,25 мг-экв, а на техногрунте, рекультивированном в 2011 г., сумма катионов изменялась от 4,00 до 14,50 мг-экв на 100 г почвы. Таким образом, соотношение катионов магния разных лет рекультивации варьируется от 12,59 до 50,6 % в 2011 г., и от 8,63 до 26,17 % в 2014 г. Отсюда следует, что в процентном отношении катионы магния повышаются по мере удаления от сроков рекультивационных работ. Чем дальше срок проведения рекультивационных работ, тем выше процентное содержание катионов магния.

Содержание катионов натрия в техногрунтах рекультивированных в 2014 г. варьировалось от 43,57 до 64,08 мг-экв (р-6, р-7). На рекультивированном в 2011 г. техногрунте эти соотношения снизились и варьировались от 4,43 до 8,26 мг-экв. Но процентное соотношение этих катионов изменялось следующим образом: от 53,32 до 79,92 в 2014 г., и от 4,43 до 72,06 в 2011 г. Следовательно, содержание катионов натрия снижается по мере удаления от сроков проведения мелиоративных работ. Содержание катионов калия на участках зависит от времени проведения рекультивационных работ. На участках, где рекультивационные работы проведены раньше, процентное соотношение калия выше, чем на участках, где рекультивация проводилась позже.

Снижение содержания токсичных катионов способствует восстановлению экологической функции почв, повышению ее физико-химической устойчивости к нефтяному загрязнению.

Особо важную роль ППК играет в экологической функции почв, когда во внимание принимают величину емкости почвенного поглощения, которая отражает способность того или иного типа почв к концентрации или рассеиванию техногенных элементов [3]. Кроме того, в нефтезагряз-

ненных почвах меняется процентное соотношение ППК в сторону снижения ионов натрия, магния и повышению ионов кальция, что положительно влияет на свойства почвы.

Роль ППК в экологической функции сводится к защите почв от внешних воздействий. А на изменение сумм поглощенных оснований оказывает влияние время проведения рекультивационных работ.

В табл. 2 показана трансформация поглощенных оснований на различных участках.

Таблица 2

Трансформация поглощенных оснований на различных участках территории амбаров месторождения Караарна

Глубина, см	Рекультивационный участок							Бурая пустынная почва
	2013 г.		2012 г.		2011 г.	2014 г.		
	p-1	p-2	p-3	p-4	p-5	p-6	p-7	p-8
0...10	8,52	6,03	6,2	7,19	15,59	4,88	5,27	15,54
0...30	1,21	0,28	3,30	6,70	15,59	4,88	1,98	15,13
0...50	8,49	9,81	9,15	4,93	15,84	1,05	3,75	17,50
0...100	8,57	7,29	4,18	6,94	22,22	7,75	6,93	29,77

Коэффициент трансформации техногрунта, рекультивированного в 2011 г., ниже, чем на участках, рекультивированных позже (табл. 3). Результаты анализа показали, что скорость трансформации на рекультивированном в 2014 г. участке, выше, и зависит от длительности и степени загрязнения грунта. Этим же определяется высокая устойчивость самого загрязнителя на рекультивационных участках.

Таблица 3

Изменение сумм поглощенных оснований техногрунтов при рекультивации

Глубина, см	Рекультивационный участок							Бурая пустынная почва
	2013 г.		2012 г.		2011 г.	2014 г.		
	p-1	p-2	p-3	p-4	p-5	p-6	p-7	p-8
0...10	2,47	5,53	2,97	2,38	1,00	4,81	6,13	1
0...30	2,06	3,98	2,86	2,42	1,03	4,95	5,42	1
0...50	2,77	2,27	2,23	1,99	0,90	4,63	4,78	1
0...100	1,29	0,92	1,15	1,24	0,74	1,60	2,92	1

В общих чертах скорость трансформации в верхних горизонтах выше, чем в нижних горизонтах. Скорость изменения в нижних горизонтах отстает от скорости изменения в верхних горизонтах. Скорость транс-

формации ППК выше в нефтезагрязненных техногрунтах и зависит от длительности (срока) проведения рекультивированных работ и степени загрязнения. Этим же определяется большая устойчивость нефтепродуктов в техногрунтах территории амбаров.

В заключение необходимо отметить, что роль ППК в выполнении почвой экологической функции сводится к сорбированию и задержанию органических и минеральных нефтепродуктов. Емкость обмена техногрунтов зависит от их механического состава, от содержания илистой фракции и гумуса, обладающего обменной способностью, а также от минералогического состава самой илистой фракции, и от pH почвенного раствора.

При загрязнении техногрунтов сырой нефтью увеличивается содержание органического углерода, который образуется при физико-химическом, частично микробиологическом разрушении алифатических углеводородов. Сумма поглощенных оснований имеет различные значения и зависит от длительности (срока) проведения рекультивационных работ, и степени загрязнения. С течением времени, от рекультивационных работ снижается содержание катионов натрия и магния. На начальных этапах рекультивационных работ в засоленных техногрунтах снижается pH почвенного раствора из-за нарушения катионного равновесия. Появление обменного сульфата магния приводит к снижению щелочности. Повышение ее будет наблюдаться лишь при образовании карбоната магния. Скорость трансформации ППК выше на начальном этапе рекультивационных работ и зависит также от длительности (срока) рекультивационных работ и степени загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андерсон Р.К., Бойко Т.Ф., Багаутдинов Ф.Я., Даниленко Л.А. Применение биологического метода для очистки и рекультивации нефтезагрязненных почв // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. – 1994. – №2. – С. 16-18.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1962. – 491 с.
3. Глазовская М.А. Опыт классификации почв мира по устойчивости к техногенным кислотным воздействиям // Почвоведение. – 1990. – №9. – С. 82-96.
4. Ерохина О.Г., Пачикин К.М., Насыров Р.М., Касымов М.А., Лукбанова Р.С. Антропогенная трансформация почвенного покрова Северо-Восточного Прикаспия // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №3. – С. 5-14.

5. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Новоселова Е.И., Онегова Т.С., Жданова Н.В. Микробиологическая рекультивация нефтезагрязненных почв. – М.: ВНИИОЭНГ, 2001. – 40 с.
6. Панин М. Экология почв. – Алматы. 2008. – С. 93-227.

Поступила 29.09.2015

Биол. ғылымд. канд. С.Н. Досбергенов

**СІҢІРІЛГЕН НЕГІЗДЕРДІҢ ТЕХНОГРУНТТАР
ЭКОЛОГИЯСЫНДАҒЫ РӨЛІ**

*ТРАНСФОРМАЦИЯ, НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЕ, МҰНАЙ ӨНІМДЕРІ,
КАТИОНДАР*

Мақалада Қараарна мұнай-кен орнындағы амбарлар аумағының сіңіру кешеніндегі алмасу катиондарының құрамы мен мөлшерінің өзгеруі және олардың техногрунттарды қалпына келтірудегі рөлі қарастырылған.