

УДК 631.45;67

Канд. биол. наук Т.К. Томина<sup>1</sup>**ТРАНСФОРМАЦИЯ СОСТАВА ПОЧВЕННО-ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ГРУНТОВ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ УЧАСТКОВ НА НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**Ключевые слова:** почва, грунт, загрязнение, нефть, почвенный разрез, почвенно-поглощающий комплекс, поглощенные катионы, сумма ППК, рекультивированный участок

*Оценена степень насыщенности грунтов 4-х рекультивированных в 2011...2014 годах участков поглощенными основаниями, определен состав ППК, соотношение поглощенных катионов в составе ППК, выявлено изменение поглотительной способности при восстановлении в исходные почвы.*

Почвенно-поглощающий комплекс (ППК) играет существенную роль в почвообразовательных процессах, в эволюции и генезисе почв. ППК – совокупность высокодисперсных твердых частиц, способных к реакциям обменного поглощения. Многие свойства почв, которые определяют уровень плодородия (сложение, физико-химические свойства, водный, воздушный, микробиологический и питательный режимы), в значительной мере зависят от природы и состава ППК.

Так, при загрязнении нефтью на территории Арланского нефтяного месторождения, изучение трансформации серых лесных почв в техногенные солончаки-солонцы привело к ухудшению комплекса их свойств, которые проявились в осветлении гумусово-аккумулятивных горизонтов, увеличении плотности, глыбистости структуры, снижении количества агрономически ценных микроагрегатов и их водопрочности. Насыщение ППК натрием способствовало подщелачиванию реакции среды, уменьшению содержания поглощенных катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , резкому снижению буферности почвы в щелочном интервале. Щелочной гидролиз органического вещества привел к уменьшению содержания общего и подвижного гумуса [7].

Соотношение обменных катионов в ППК определяет такие важнейшие свойства почв как водо- и воздухопроницаемость, сложение, пороз-

---

<sup>1</sup> КазНИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, г. Алматы, Казахстан

ность, состояние почвенных коллоидов, структуру почвы. Поэтому исследования изменений в составе ППК при нефтезагрязнении имеют важное значение для разработки наиболее эффективных приёмов улучшения земель. Интенсивность, формы и специфика преобразования ППК являются функцией генетических свойств загрязнённых почв и при прочих равных условиях (одинаковом количестве и составе поллютантов, времени с момента загрязнения) в разных типах почв неодинаковы. Менее устойчивы минеральные почвы с относительно невысокой ёмкостью катионного обмена. Для возбуждения солонцового процесса в разных типах почв индивидуальны пороговые уровни содержания обменных катионов  $\text{Na}^+$  в ППК. Так, в дерново-карбонатных почвах, в черноземах с насыщенным ППК затруднено их техногенное химическое осолонцевание из-за блокирующей роли щелочно-земельных катионов, обладающих более высокой энергией сорбции.

*Ёмкость поглощения* или *ёмкость катионного обмена* (ЕКО) (понятие введено К.К. Гедройцем) – максимальное содержание катионов, которое может удержать почва в обменно-поглощённом состоянии. Выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Поглотительная способность почв, те свойства почв сорбировать и задерживать те или иные вещества, в том числе органические и минеральные нефтепродукты. Ёмкость поглощения показывает, сколько катионов в поглощённом состоянии содержит данная почва и в значительной степени зависит от рН почвы, от количества и качественного содержания коллоидных фракций почвы. Величина ёмкости поглощения характеризует поглотительную способность почв. Очень высокой обладают илестые почвы, меньшей – песчаные. Кислые почвы имеют низкую ёмкость поглощения, а нейтральные – более высокую (табл. 1). Почвы, содержащие в поглощённом состоянии  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , называются насыщенными основаниями, а почвы, в которых наряду с перечисленными катионами в значительных количествах присутствуют  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$  – ненасыщенными. В большинстве почв в составе поглощённых катионов преобладает  $\text{Ca}^{2+}$ , затем –  $\text{Mg}^{2+}$  (в сумме они обычно составляют около 90 % обменно-поглощённых катионов). В значительно меньших количествах представлены  $\text{K}^+$  и  $\text{NH}_4^+$ . В кислых почвах в составе поглощённых катионов много  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ , а в солонцовых –  $\text{Na}^+$  [3].

От состава поглощённых катионов в значительной степени зависят свойства почвы и условия роста растений. Почвы, насыщенные кальцием (черноземы), обладают хорошими физическими свойствами, имеют хорошую структуру, водный и воздушный режимы. Насыщение почвы натрием

(солонцы) приводит к разрушению структурных агрегатов, ухудшению физических свойств, обеднению питательными элементами.

Таблица 1

Поглотительная способность разных почв

ЕКО, мг-экв на 100 г почвы	Поглотительная способность	Почвы
< 10	Очень низкая	Песчаные и супесчаные почвы, подзолы, подбуры, элювиальные горизонты подзолистых почв
10...15	Низкая	Подзолистые почвы суглинистого состава
15...30	Средняя	Серые почвы; буроземы и каштановые почвы
> 30	Высокая	Черноземы, болотные

Из наиболее распространенных в почве обменных катионов –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ . Способность поглощения катионов возрастает с увеличением их атомного веса и валентности. Сумма поглощенных оснований почвы коррелирует с содержанием в ней органического углерода и ее засоленностью. Состав обменных катионов в разных почвах неодинаков и зависит от типа почвообразования. В поглощающем комплексе всех почв – кальций и магний; в солонцах – натрий; в кислых – водород и алюминий. Солонцы и солонцеватые почвы содержат в поглощающем коллоидальном комплексе обменный катион натрия (более 3...5 % от емкости обмена), что обуславливает неблагоприятные для развития растений физические, химические и водно-физические свойства почв [1]. В солонцеватых почвах почвенные коллоиды, насыщенные натрием, подвергаются пептизации, почвенные агрегаты распадаются, и физические свойства почвы меняются. Наиболее очевидны изменения плотности, агрегатного и механического состава почв [4].

В результате засоления почв техногенными потоками происходит преобразование почвенного поглощающего комплекса (ППК), характеризующееся изменением суммы и состава поглощенных катионов. Трансформация свойств ППК выражается в увеличении концентрации одновалентных и двухвалентных катионов в почвенном растворе. При действии нефтехимического загрязнения на почвы, в составе обменных катионов происходит замещение кальция и магния на натрий. Количество поглощенного натрия в ряде случаев может достигать 3...5 мг-экв, что составляет более 20...50 % от суммы поглощенных катионов (при некотором

снижении содержания поглощенных катионов кальция и магния). В результате в почвенном растворе нейтральные хлориды натрия уступают место слабокислым хлоридам кальция, что ослабляет щелочную реакцию почвенного раствора на первых этапах трансформации. Дальнейшая трансформация сводится к возврату кальция и магния в поглощенное состояние с одновременным вытеснением натрия [6].

На территории месторождения Кара-Арна, расположенного в зоне полупустынь с аридным климатом проводились почвенные исследования по изучению трансформации нефтехимически загрязненных техногрунтов бывших нефтяных амбаров на участках, рекультивированных цеолитно-микробиологическим методом в 2011, 2012, 2013 и 2014 годах. Изначально нефтехимически загрязненные солончаковые почвы были подвергнуты сливу нефтяных эмульсий и буровых растворов, что привело к высокому уровню загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Подрядчиками в указанные годы проведена разработанная технология очистки с применением выделенной накопительной культурой углеводородокисляющих микроорганизмов в виде запатентованного казахстанского препарата «Бакойл», содержащего выделенные бактериальные штаммы, усваивающие жидкие углеводороды сырой нефти. При совместном использовании накопительной микробной культуры и минеральных удобрений эффективность очистки от нефтепродуктов достигала значительных результатов.

В статье рассматривается перестройка ППК грунта рекультивированных в разные годы участков бывших сливных амбаров на нефтяном месторождении в пострекультивационный период при восстановлении в исходные почвы. В процессе исследований в 2016 году была оценена степень насыщенности грунтов 4-х рекультивированных в 2011...2014 гг. участков поглощенными основаниями, определен состав ППК, соотношение поглощенных катионов в составе ППК; выявлено изменение поглощательной способности при восстановлении в исходные почвы. Общее содержание поглощенных катионов оснований (кроме  $H^+$  и  $Al^{3+}$ ) называют суммой обменных оснований.

Определение в почве обменных катионов щелочных металлов натрия и калия из поглощающего комплекса почвы проводилось по методике Антипова-Каратаева и Мамаевой с вытеснением калия и натрия насыщенным раствором гипса с фотометрическим окончанием на пламенном фотометре. А определение поглощенных катионов щелочноземельных

элементов кальция и магния проводилось трилометрическим спиртовым методом по Матушевскому, разработанным для засоленных почв [5].

Анализ данных показал, что сумма поглощенных оснований грунтов на рекультивированных в разные годы участках в основном средняя: от 16,5 до 25 мг-экв на 100 г почвы. Ниже на диаграммах представлено процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунтов разрезов, также приведены средние величины сумм поглощенных оснований по расчетным слоям всех разрезов. Имеется общая тенденция: в составе поглощенных катионов преобладают катионы кальция и магния, значительно меньше натрия и минимум калия.

В составе ППК техногрунта разреза 1, рекультивированного в 2013 г. прослеживается тенденция снижения суммы поглощенных оснований (с 20,67 до 14,86 мг-экв на 100 г почвы) вглубь толщи грунта за счет процентного содержания катионов магния: оно снижается с 36,28 до 26,71 % (рис. 1). Средние по профилю величины сумм поглощенных оснований грунтов разрезов 1 и 4 на участке рекультивации 2013 г. невысокие: 16,5 и 19,2; средняя для участка величина 17,85 мг-экв на 100 г почвы. Солевой режим на участке складывался по сезонно-необратимому типу рассоления.

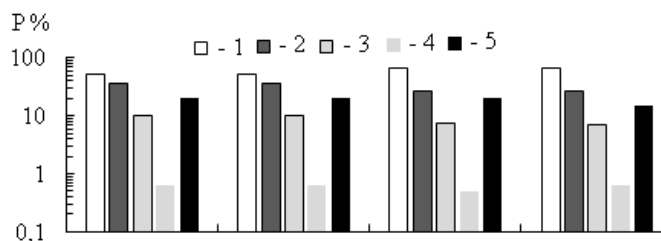


Рис. 1. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 1 на участке, рекультивированном в 2013 г. 1 – % поглощенных катионов Ca; 2 – % поглощенных катионов Mg; 3 – % поглощенных катионов Na; 4 – % поглощенных катионов K; 5 – сумма поглощенных катионов в мг-экв на 100 г почвы.

Средние величины сумм поглощенных оснований грунтов разрезов 2 и 3 на участке рекультивации 2012 г. повыше: от 22,65 до 25,41 мг-экв на 100 г почвы. Здесь сумма ППК уменьшается плавно вглубь по расчетным слоям (от 27,79 до 14,97 мг-экв на 100 г почвы) за счет снижения доли катиона магния в составе ППК от 53,08 до 43,42 % (рис. 2). Идет корреляция со степенью засоления грунтов: от очень сильно засоленной (4,84 %) до сильно засоленной (2,64 %). Динамика солевого режима на этом участке складывается по необратимому типу рассоления: хлориды уменьшаются в верхнем полуметровом слое грунта [2].

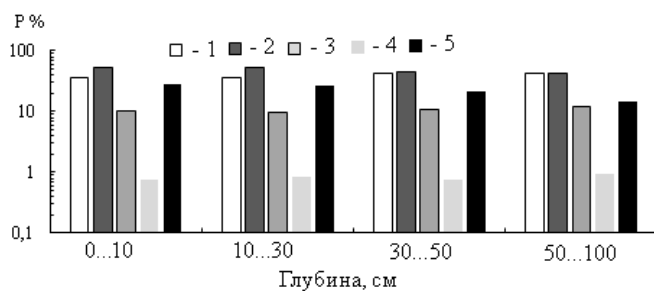


Рис. 2. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 3 на участке, рекультивированном в 2012 г. Усл. обозн. см. рис. 1.

Величины сумм поглощенных катионов грунта в профиле разрезов 5 и 6 на участке, рекультивированном в 2014 г. колеблются от средней до высокой: 14,00...32,55 мг-экв на 100 г почвы (рис. 3, 4). Их величины высоки в верхних и нижних слоях почвы, однако все же прослеживается тенденция небольшого увеличения с глубиной. Идет четкая корреляция со степенью засоления грунта: засоление максимальное в верхнем (5,35 %) и нижнем горизонтах (3,3 %). Солевой режим участка складывается по сезонно-необратимому типу рассоления [2]. Преобладающий катион магния в составе ППК разреза 5 с глубиной увеличивается, а в грунте разреза 6 его процентное содержание снижается с глубиной по профилю. В составе ППК техногрунта разрезов 5 и 6 на участке рекультивации 2014 г. преобладают катионы магния, немного меньше кальция, значительно меньше натрия и минимум калия.

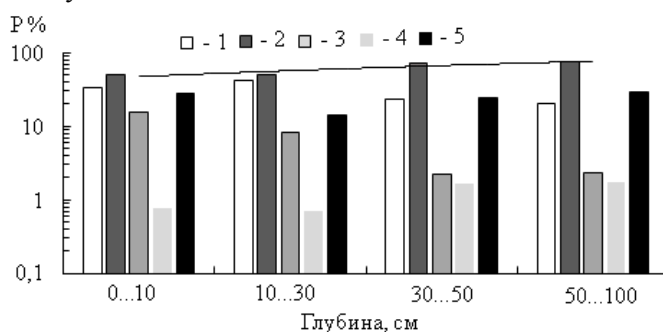


Рис. 3. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 5 на участке, рекультивированном в 2014 г. Усл. обозн. см. рис. 1.

Средние по профилю величины сумм поглощённых катионов по разрезу 5 – 23,93; по разрезу 6 – 21,68, а средняя по участку, рекультивированному в 2014 г. – 22,8 мг-экв на 100 г почвы.

Анализ данных процентного соотношения катионов в составе ППК участка, очищенного в 2011 г. показал преобладание в верхнем слое катионов кальция, содержание которого с глубиной медленно снижалось. В слое глубже 30 см было значительно меньше магния (рис. 5).

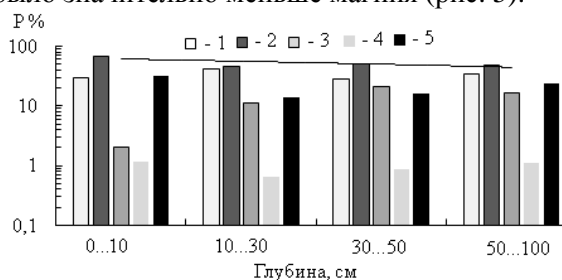


Рис. 4. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 6 на участке, рекультивированном в 2014 году. Усл. обозн. см. рис. 1.

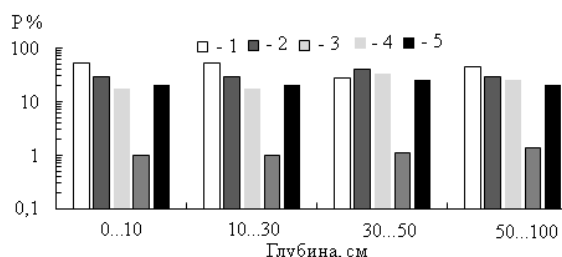


Рис. 5. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК грунта разреза 12 на участке, рекультивированном в 2011 г. Усл. обозн. см. рис. 1.

В составе поглощенных катионов грунта разреза 12, заложенного на рекультивированном в 2011 г. участке бывшего амбара преобладают катионы кальция, содержание которых в составе ППК снижается с глубиной. Здесь меньше доля магния и чуть меньше натрия: такое соотношение катионов в составе ППК приближено по составу уже к зональной бурой солончаковой почве целинного разреза. Сумма ППК варьирует по профилю. Рассчитанная средняя для профиля данного грунта величина суммы поглощенных катионов – 21,89 мг-экв на 100 г почвы. Динамика солевого режима направлена в сторону засоления и складывается солевой режим по сезонно-необратимому типу засоления. Этот участок находится в депрессии и обвалован с нижней стороны. Весенне-осенние осадки и талые воды приносят сюда растворенные вещества из выше расположенных областей участков [2].

В составе ППК разреза 9, заложенного на замазученном грунте северного крыла месторождения, не подвергавшегося рекультивации также в составе поглощенных катионов наибольшая доля магния, немного

меньше кальция. Поглощенного натрия почти в 2 раза меньше, чем магния и минимум калия. Сумма поглощенных катионов выше во втором полу-метровом горизонте за счет увеличения доли катиона кальция, рис. 6.

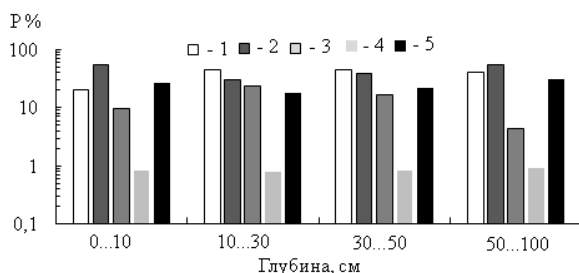


Рис. 6. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК разреза 9 на замасученных грунтах северного крыла месторождения.  
Усл. обозн. см. рис. 1.

Определение процентного соотношения поглощенных катионов в составе ППК замасученного грунта разреза 11 в северном крыле месторождения показало, что преобладающими катионами являются магний (40,75 %) и кальций (38,71 %). Сумма поглощенных катионов грунта средняя – 16,11 мг-экв на 100 г почвы. Сумма ППК имеет тенденцию увеличения вглубь профиля за счет катионов натрия, рис. 7. Средняя по профилю величина из сумм поглощенных катионов для трех разрезов на замасученных грунтах – 21,29 мг-экв на 100 г почвы.

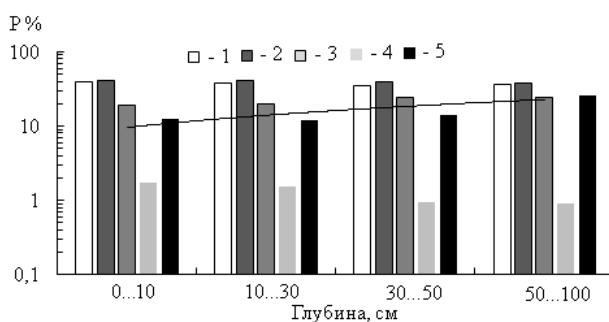


Рис. 7. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК разреза 11 на замасученных грунтах северного крыла месторождения.  
Усл. обозн. см. рис. 1.

Из всех участков в составе ППК на участке рекультивации 2014 г. самая высокая величина суммы поглощенных катионов, где в значительной степени преобладают катионы натрия: более, чем в два раза; меньше катионов магния, еще меньше кальция. Это говорит о том, что по прошествии 1 года после рекультивации, натрий все же превалирует в составе ППК.



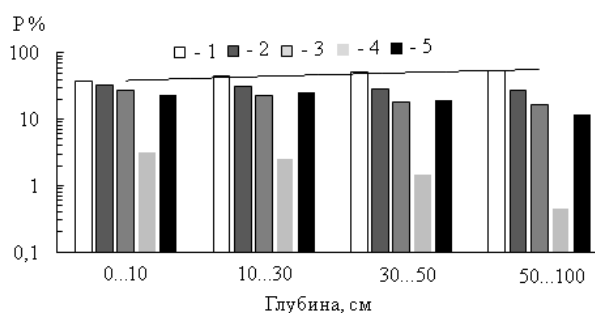


Рис. 8. Процентное содержание поглощенных катионов в составе ППК разреза 13 на зональной бурой солончаковатой почве целинного участка. Сумма ППК в мг-экв на 100 г почвы.

В составе ППК зональной бурой солончаковатой почвы целинного участка значительно преобладают катионы кальция, причем процентное их содержание с глубиной увеличивается до 54,85 %. На втором месте катионы магния, причем их содержание напротив: снижается с глубиной. В составе ППК зональной бурой солончаковатой почвы достаточно большой процент катионов натрия (максимально 27,13 %) и он снижается вглубь профиля. Содержание катионов калия в составе ППК здесь выше, чем на рекультивированных грунтах, рис. 8. Сумма поглощенных оснований имеет тенденцию снижения вглубь толщи почвы за счет снижения доли магния и натрия.

Сравнивая суммы поглощенных катионов нефтезагрязненных неочищенных грунтов и состав их почвенно-поглощающего комплекса с уже рекультивированными грунтами, выявлена тенденция изменения процентных соотношений обменных катионов в составе ППК в сторону снижения катионов кальция и увеличения катионов магния. Степень насыщенности этих грунтов катионами магния достигает 80 % от суммы ППК. Кроме того, в составе поглощенных катионов возросла доля натрия.

Выявлено, что такая перестройка в соотношении поглощенных катионов в составе ППК замазученных грунтов ведет к ухудшению их почвенных свойств: меняется их агрегатный состав, падает устойчивость почв к механическим воздействиям, сдвигается рН почвенной среды, происходит ее коагуляция. Все это приводит к ограничению буферности почвы, снижению ее физико-химической устойчивости к нефтяному загрязнению. Чем выше емкость катионного поглощения почв, тем больше опасность загрязнения их стойкими продуктами нефтедобычи как органического, так и минерального происхождения, в частности токсичными солями минерализованных промыслов вод, которые обычно сопутствуют при добыче нефти. Для установления предела потенциала самоочищения необходимо

знать предел емкости поглощения, необходимо установить уровень концентрации нефтепродуктов в почвах и грунтах, выше которого почва не может сама справиться с загрязнением. Таким образом, содержание обменных катионов в почве, их состав и емкость поглощения являются важными показателями химических и физических свойств почв.

Анализ изменения суммы поглощенных оснований грунтов на 4-х рекультивированных участках выявил тенденцию их снижения вглубь толщи грунтов по профилю, табл. 2.

Таблица 2

Изменение сумм поглощенных оснований грунтов рекультивированных в 2011...2014 г. участков. 2016 г.

Глубина, см	Сумма поглощенных оснований на участках, рекультивированных в							Целина
	2014 г.		2013 г.		2012 г.		2011 г.	
	Раз 5	Раз 6	Раз 1	Раз 4	Раз 2	Раз 3	Раз 12	
0...10	28,26	32,55	20,67	14,43	29,56	27,79	20,82	23,33
10...30	14,02	14,15	20,67	14,43	25,55	26,78	20,82	25,38
30...50	24,26	16,09	20,59	17,72	21,52	21,04	25,56	19,30
50...100	29,18	23,91	14,857	19,4	25,02	14,97	20,35	11,85
	<b>Среднее по профилю</b>							
	23,93	21,68	19,2	16,5	25,41	22,65	21,89	19,96
	<b>Среднее по участку</b>							
	22,8		17,85		24,03		22,04	

Рассмотрение тенденций изменения поглотительной способности рекультивированных грунтов бывших амбаров на стадии восстановления их в исходные почвы показало, что накопление катионов в ППК грунтов на рекультивированных участках 2012 и 2014 годов – сумма их поглощенных оснований выше, чем на всех остальных участках.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беднев А.В. Обменные катионы в почвах района западных подstepных ильменей дельты р. Волги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2009 – 26 с.
2. Досбергенов С. Динамика солевого режима техногрунтов рекультивированных участков. // Гидрометеорология и экология. – 2016. – №4. – С. 107-118.
3. Емкость поглощения и состав поглощенных катионов в различных почвах. [Электрон. ресурс] – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/1837990/page:3/#4> (дата обращения: 12.03.2016).

4. Клочко Т.А. Исследование современного состояния проблем выявления засоленных почв по данным космических съемок. [Электрон. ресурс] – 2013. – URL: <http://lib.convdocs.org/docs/index> (дата обращения: 12.03.2016).
5. Методические указания по определению в карбонатных и засоленных почвах механического состава, углекислоты почвенных карбонатов и поглощенных оснований. – Алматы: Кайнар, – 1977. – 15 с.
6. Пермитина В.Н. Трансформация почв нефтепромыслов Прикаспийского региона // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2. – С. 20-29.
7. Хакимов В.Ю. Изменение свойств почв при загрязнении нефтепромысловыми сточными водами и в процессе рекультивации в Предуралье: Автореф. дис. ... канд. с.-хоз. наук. – Уфа, 2000 – 27 с. [Электрон. ресурс] – <http://www.dissercat.com/content/izmenenie-svoistv-pochv-pri-zagryaznenii-neftepromyslovymi-stochnymi-vodami-i-v-protsesse> (дата обращения: 12.03.2016).

Поступила 12.06.2017

Биол. ғылымд. канд. Т.К. Томина

#### **МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ РЕКУЛЬТИВИРЛЕНГЕН УЧАСКЕЛЕРІНДЕГІ ГРУНТТАРДЫҢ СІҢІРУ КЕШЕНІНІҢ ТРАНСФОРМАЦИЯСЫ**

**Түйінді сөздер:** топырақ және грунттар, мұнаймен ластану, топырақ кесіндісі, топырақтың сіңіру кешені, сіңірілген негіздер, сіңірілген негіздер жинағы, рекультивирленген жерлер

*2011...2014 жылдары рекультивирленген 4 учаскелердегі грунттардың сіңірілген негіздермен қанығу дәрежесі бағаланды. Грунттардың сіңіру кешенінің құралып, олардың бастапқы топыраққа айналу үрдістеріндегі өзгеру арақатынастары анықталды.*

Tomina T.K.

#### **THE TRANSFORMATION OF THE COMPOSITION OF SOIL- ABSORBING COMPLEX OF SOIL RECLAIMED PLOTS IN THE OIL FIELD**

**Keywords:** soils, contaminated with oil soils, soil section, soil-absorbing complex, the absorbed cations, the amount acc, the re-cultivated plot

*Estimated degree of saturation of soils 4 remediated in 2011...2014 plots of absorbed bases, the composition of PPK, the ratio of absorbed cations in the composition of the ACC, the change in adsorption capacity when you restore to the original soil.*