

УДК 631.45.67

Канд. биол. наук С.Н. Досбергенов *

**ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ГРУНТОВЫХ ВОД И ВОДЫ ИЗ
НАГОНА КАСПИЯ НА ТЕРРИТОРИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
«КАРААРНА» И «ВОСТОЧНАЯ КОКАРНА»***ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ, РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫЙ УЧАСТОК, МИ-
НЕРАЛИЗАЦИЯ, МЕТАМОРФИЗАЦИЯ, ПОРОГ ТОКСИЧНОСТИ,
ТОКСИЧНЫЕ СОЛИ*

В данной статье рассмотрено изменение количественно-качественного состава солей в грунтовых водах на территории месторождений «Караарна» и «Восточная Кокарна». Токсичность солей в грунтовых водах зависит от соотношения токсичных и нетоксичных солей, а также механического состава почвы, её расположение по горизонтам почвы и от количества сочетающихся слоев. Наивысшая токсичность хлор-ионов отмечена на рекультивируемом участке 2012 г., где концентрация хлор-ионов превысила ПДК в 435 раз. На бурой солончаковой почве месторождения «Караарна» хлор-ионы превысили ПДК в 205 раз.

Гидрологические условия территории находятся в прямой зависимости от геологического строения, морфологических особенностей рельефа и климата. Циркуляция грунтовых вод, вследствие незначительных уклонов затруднена, и режим подземных вод имеет застойный характер.

Водовмещающими породами являются тонко-реже мелкозернистые пески, супеси, иногда легкие суглинки, обладающие низкой водоотдачей. Часто грунтовые воды приурочены к маломощным прослоям песков среди толщ глин. Мощность водосодержащих отложений изменяется от 2 до 12 м (вскрытая от 1,5 до 4,7 м).

По условиям питания грунтовые воды относятся к водам местного инфильтрационного питания, при котором основная роль в пополнении запасов принадлежит атмосферным осадкам и паводковым водам, а также нагонным водам Каспийского моря, которые очень близко подступили к территории месторождений «Караарна» и «Восточная Кокарна». Расход происходит за счет испарения через капилляры грунтов зоны аэрации с зеркала грунтовых вод и транспирацию растениями.

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

Преобладающим распространением на территории пользуются воды, залегающие на глубине 1...2 м. Грунтовые воды, залегающие на глубине до 1,0 м приурочены в основном к озеровидным понижениям, к руслам временных водотоков, к западной слабопониженной части территории, где происходит незначительное подпитывание грунтовых вод водами Каспия (нагонные воды). Накопление солей в грунтовых, пластовых, а также, в значительной мере и в поверхностных водах подчинено общим закономерностям соле-накопления между различными компонентами ландшафта. На подчиненность химизма не только почвенно-грунтовых, но и поверхностных вод, и глубоко скрытых в недрах пластовых вод зональным условиям впервые указал В.И. Вернадский (1934...1936 гг.) [6]. Позднее эти воззрения стали проникать в работы других гидрогеологов (Овчинников, 1949 [9], Алекин 1948 [1], Приклонский В.А., Лаптев, 1949 [10] и др.).

На территории месторождения были отобраны пробы грунтовой воды из почвенных разрезов №6, 8, 10, 17, 18, 19, рекультивационного участка 2010 г., рекультивационного участка 2012 г. – р-2 и р-4, прикопки 2 – участок подготовлен для рекультивации, и с поля нефтяной эмульсии, а также из воды нагона Каспия. Обработанные данные результатов химического анализа проб воды приводятся в табл. 1.

Грунтовые воды имеют высокую минерализацию рассольного типа. Диапазон типов химизма и степени минерализации вод достаточно широк: от сильно соленых ($30...50 \text{ г/дм}^3$) до крепких ($100...150 \text{ г/дм}^3$) и весьма крепких рассолов [3]. По данным анализов грунтовую воду рекультивационного участка 2010 г. можно отнести к сильно соленым. Воды рекультивационного участка 2012 г. (р-2), поля нефтяной эмульсии и воды участка подготовленного для рекультивации (прикопка-2) можно отнести к весьма крепким рассолам. Остальные грунтовые воды разрезов – 4, 6, 8, 10, 17, 18 можно отнести к крепким рассолам. Воду из нагонов Каспия можно отнести к слабым рассолам (табл. 1).

Высокая минерализация грунтовых вод объясняется бессточностью бассейна и возможностью разгрузки подземных вод преимущественно в вертикальном их медленном погружении и переливании. Влияние надземных факторов обусловлено особенностью химизма. Формирование химического состава вод и процессы их метаморфизации происходят при росте их минерализации. Область транзита солей («Караарна») характеризуется высокой минерализацией от 130,8 до 260,1 г/дм^3 . Наиболее высокая минерализация грунтовых вод отмечена на рекультивационных участках 2012 г. (р-2).

При уровне грунтовых вод (УГВ) 105 см минерализация ее достигла максимума 260,1 г/дм³. По типу химизма по аниону собственно хлоридные, по катиону – натриевые с повышенным содержанием магния. На месторождении «Восточная Кокарна» степень минерализации грунтовых вод понижена по сравнению с месторождением «Караарна». Снижение минерализации грунтовой воды связано с разбавляющим действием Каспийского моря. Минерализация грунтовых вод колеблется от 131,0 г/дм³ до 143,6 г/дм³. Содержание хлор-иона остается без изменения, несмотря на повышение минерализации грунтовой воды до 143,6 г/дм³. Содержания сульфат-иона, кальция и натрия уменьшились, по-видимому, связано с образованием Na₂SO₄ • 10H₂O глауберовой соли – мирабилита. При температуре выше 33 °С он превращается в безводный сульфат натрия – тенардит, выпадает в осадок и накапливается в почве. Кроме того, образуются соли CaSO₄ • 10H₂O, которые также выпадает в осадок. По-видимому, ионы сульфата, натрия, кальция и магния играют определенную роль в снижении минерализации грунтовой воды. Метаморфизация грунтовых вод протекает под влиянием наземных факторов (климата, рельефа, наслоение пресных атмосферных вод, растительности, а также загрязнения) участвующих в формировании солевого состава элементов и их сочетаний. На месторождении «Караарна» под влиянием антропогенных факторов наблюдается постепенное увеличение доли с участием ионов Cl/SO₄ у грунтовых вод рекультивационных участков 2012 г. (р-2), а также в водах поля нефтяной эмульсии, которые расширяются соответственно 11,03 и 12,70 (табл. 1). На участке подготовленном для рекультивации (прикопка 2) эти соотношения сузились до 7,37. На рекультивационных участках 2010 г. и 2012 г. (р-4), эти отношения сужаются соответственно 4,32 и 2,77. Отношения Na/Cl то расширяются, то сужаются в зависимости от вида и степени метаморфизации грунтовых вод. Отношение Cl/SO₄ у грунтовых вод всегда больше единицы, это является следствием солеобмена между природными водами и почвами, грунтами и нефтяными загрязнителями. На солончаке (р-8) отношение Cl/SO₄ сужается до 1,88, затем расширяется в бурой солончаковой почве (р-6) до 3,38, а в бурой солончаковой почве с навейным песчаным наносом до 4,61 (р-10). Отношение Na/Cl в солончаке приморском доходит до 0,99, находясь в переходной стадии от морского происхождения к континентальному. В бурой солончаковой почве с навейным песчаным наносом (р-6, р-10) они сужаются до 0,82.

На «Восточной Кокарне» отношение Cl/SO_4 претерпевают незначительные изменения. Лишь в приморской примитивной почве (р-17), которая расположена приблизительно в 100 м восточнее дамбы, эти отношения сужались до 3,03. Отношение Na/Cl остаются почти без изменения.

Как вытекает из анализа грунтовых вод, все грунтовые воды обоих месторождений являются по происхождению морскими. Отношение Cl/SO_4 расширяются до 12,7.

Метаморфизация грунтовой воды происходит из-за увеличения содержания всех входящих ионов, а также изменения их соотношения во времени. Соотношение анионов характеризуются таким неравенством: $Cl > SO_4 > HCO_3$, а катионы $Na > Mg > Ca > K$. Предельно допустимая концентрация (ПДК) (составлено по ГОСТу 2874-82 «Вода питьевая» и СанПиН 4630-88) поверхностных и подземных источников водоснабжения по сульфатам составляет 500 мг/дм³, а по хлоридам 350 мг/дм³. Сульфат-ионы в грунтовых водах на рекультивационном участке 2012 г. (р-2) превысили ПДК в 36 раз. На рекультивированном участке 2012 г. (р-4) ПДК превышена в 12 раз. На другом рекультивационном участке 2012 г. превышение ПДК достигло 83. В поле нефтяной эмульсии сульфат-ионы превысили ПДК в 25 раз. На участке подготовленном для рекультивации превышение сульфат-ионов в 30 раз. В грунтовых водах в бурой солончаковой почве месторождения «Караарна» превышение сульфат-ионов составило 57ПДК, а в бурой солончаковой почве с навейным песчаным наносом она снизилась до 38. На солончаке приморском сульфат-ионов превысили ПДК в 92 раза.

На месторождении «Восточная Кокарна» на приморских примитивных солончаковых почвах превышение ПДК сульфат-ионов колебалось от 43 до 56 раз. В водах из нагона Каспия превышение составило 21ПДК. В грунтовых водах месторождений «Караарна» и «Восточная Кокарна» также отмечается превышение ПДК по хлор-ионам.

На рекультивационном участке 2012 г. хлор-ионы превысили ПДК в 425 раз. На рекультивационном участке 2010 г. превышение хлор-иона составило 59,14ПДК. На другом рекультивационном участке 2012 г. (р-4) хлор-ионы превысили ПДК в 244 раза. В поле нефтяной эмульсии превышение хлор-иона составило уже 341. На участке подготовленном для рекультивации (прикопка-2) хлор-ионы превысили ПДК в 234 раза.

На бурой солончаковой почве (р-6) месторождения «Караарна» хлор-ионы превысили ПДК в 205 раз. На бурой солончаковой почве с

навеянным песчаным наносом хлор-ионы превысили ПДК в 185 раз. А в солончаке приморском хлор-ионы превысили ПДК в 181 раз. В грунтовых водах «Восточной Кокарны» на приморских примитивных солончаковых почвах хлор-ионы превысили ПДК в 181 раз. В водах из нагона Каспия превышение ПДК по хлор-иона составило 78 раз.

Рассмотрим изменение соотношения катионов в связи с метаморфизацией грунтовых вод. На рекультивационном участке 2012 г. (р-2) соотношение катионов Ca : Mg : Na выглядело следующим образом: 1,0 : 18 : 44. На рекультивированном участке 2010 г. эти соотношения выражаются таким образом: 1,0 : 4,4 : 6,86. На рекультивационном участке 2012 г. (р-4) эти соотношения представлены как: 1,0 : 14,67 : 30,44. В поле нефтяной эмульсии наблюдались следующие соотношения 1 : 2,0 : 13,9. На участке подготовленном для рекультивации (прикопка-2) соотношения катионов выражались так: 1,0 : 2,66 : 8,64. На бурой солончаковой почве месторождения «Караарна» (р-6) соотношение катионов Ca : Mg : Na выглядят следующим образом: 1,0 : 4 : 8,76. На бурой солончаковой почве с навеянным песчаным наносом (р-10) эти соотношения принимают следующий вид: 1,0 : 1,5 : 5,28. На солончаке приморском (р-8) соотношения катионов выглядят следующим образом: 1,0 : 2,40 : 6,18. В грунтовых водах «Восточной Кокарны» соотношения катионов Ca : Mg : Na на приморской примитивной солончаковой почве (р-17) принимают вид: 1,0 : 0,32 : 2,66. В другой примитивной солончаковой почве (р-18) эти соотношения катионов выражаются как: 1,0 : 1,43 : 4,30. В третьей пробе приморской примитивной солончаковой почвы соотношение катионов Ca : Mg : Na выражаются следующими пропорциями: 1,0 : 6,75 : 15,80. В водах из нагона Каспия это соотношение катионов представлено следующим образом: 1,0 : 2,75 : 6,78.

Метаморфизация грунтовой воды связана с её концентрацией и гидрохимическими особенностями, соотношениями хлора и сульфат-ионов в процентах от суммы мг-экв/л (табл. 1). При снижении хлор-ионов и при повышении содержания сульфат-ионов в процентах от суммы мг-экв-тов метаморфизация грунтовых вод идет в обратном направлении. Наоборот, при повышении доли хлор-ионов метаморфизация грунтовых вод идет в прямом направлении [5]. Если преобладают хлор-ионы, над натрием, то метаморфизация грунтовых вод идет в прямом направлении. При преобладании натрия над хлор-ионом, метаморфизация идет в обратном направлении [12]. Метаморфизация рекультивационных участков шла

в прямом направлении со значением от 0,23 до 0,90. На бурых солончаковых почвах с навейным песчаным наносом также шла метаморфизация грунтовой воды в прямом направлении. Лишь в солончаке соровом метаморфизация грунтовой воды переходит в обратное направление со значением 0,04. В приморских примитивных солончаковых почвах метаморфизация грунтовой воды также шла в прямом направлении, со значениями от 0,44 до 1,06. В водах из нагона Каспия метаморфизация грунтовой воды шла в прямом направлении со значением 0,50.

Сумма катионов Ca+Mg на рекультивационных участках 2012 г. (р-2) составила 1404,67 мг-экв/дм³. А на другом рекультивационном участке (р-4) этого же года – 1118,97. На участке подготовленном для рекультивации – 785,60. В поле нефтяной эмульсии снизилась до 642,75 мг-экв/дм³. Самый низкий показатель на рекультивированном участке 2010 г., где сумма катионов Ca+Mg составляет 321,43 мг-экв/дм³. Отсюда вытекает, что по мере завершения рекультивационных мероприятий сумма катионов Ca+Mg снижается. По-видимому, в процессе рекультивации щелочноземельные катионы Ca⁺⁺ и Mg⁺⁺ вступают в реакцию с функциональными группами реагентов и выпадают в осадок.

На бурых солончаковых почвах с навейным песчаным наносом (р-6, р-10) они составляют 952,27 и 714,15 соответственно. На солончаке соровом (р-8) – 976,09 мг-экв/дм³.

На месторождении «Восточная Кокарна» в приморских примитивных солончаковых почвах (р-17, р-18, р-19) сумма катионов Ca+Mg колеблется в пределах 785,0...809,4 мг-экв/дм³. А в водах из нагона Каспия составляет всего лишь – 357,13 мг-экв/дм³.

Отношение Na/Ca+Mg на рекультивационных участках оказалось выше, чем не тронутых почвах обеих месторождений. Здесь надо отметить одну важную сторону процесса – во всех разрезах обоих месторождений отношение Na/Ca+Mg выше единицы. Самый высокий показатель отмечен в поле нефтяных эмульсий и составляет 4,63. На участке, подготовленном для рекультивации снижается до 2,35. На рекультивационных участках 2012 г. (р-2) и (р-4) равняется 2,26 и 1,94 соответственно. Самый низкий показатель имеет рекультивированный участок 2010 г. – 1,27. На бурых солончаковых почвах с навейным наносом (р-6, р-10) отношение Na/Ca+Mg колеблется от 1,75 до 2,11.

А на соровом солончаке (р-8) это отношение составило – 1,81. На приморских примитивных солончаковых почвах «Восточной Кокарны»

отношение $\text{Na}/\text{Ca}+\text{Mg}$ оказалось выше, чем на месторождении «Караарна» на 0,20. В воде из нагона Каспия $\text{Na}/\text{Ca}+\text{Mg}$ оказалось равным 1,80. При загрязнении грунтовой воды и воды из нагона Каспия происходит увеличение содержания всех входящих ионов, а также изменение их соотношения во времени и пространстве. В результате изменяется видовой состав солей [11]. По степени токсичности по Ковде [8] они располагаются в следующем порядке: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4$. Порог токсичности Na_2CO_3 – 0,005 %, NaCl – 0,03 %, NaSO_4 – 0,3 %, CaCO_3 и CaSO_4 являются для растений нетоксичными.

Теперь рассмотрим изменения видового состава солей грунтовых вод месторождений «Караарна» и «Восточная Кокарна» и воды из нагона Каспия в процессе метаморфизации этих вод в результате загрязнения и засоления нефтепромыслом (табл. 2). В видовом составе грунтовых вод соли Na_2SO_4 отсутствуют. По мере роста минерализации возрастают преимущественно NaCl и MgCl_2 . Из-за действия температурного геохимического барьера сульфаты натрия задерживаются в почве, так как при понижении температуры воды растворимость хлоридов существенно не изменяется, а сульфаты натрия при снижении температуры от 30 °С до 0 °С уменьшаются во много раз (от 400 до 50 г/дм³). Это способствует сбросу хлоридов в грунтовую воду в виде NaCl и MgCl_2 и задержке сульфатов в виде Na_2SO_4 в почве. Труднорастворимые соли CaSO_4 выпадают в осадок при достижении концентрации насыщения 43...45 г/дм³.

Таким образом, соли Na_2SO_4 увеличиваются в почве из-за испарения, а также температурного барьера. Соль Na_2SO_4 оставаясь в почве, уходит для образования сульфатного пухлого солончака [4]. На рекультивационном участке 2012 г. (р-2) видовой состав солей соответствует следующему неравенству: $\text{NaCl} > \text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4 > \text{CaSO}_4 > \text{KCl} > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Из водорастворимых солей доминирующими являются хлористый натрий, составляющий 71,32 % от общего содержания солей. Токсичный для растений хлористый магний составляет 18,38 %, содержание сульфата магния доходит до 7,62 %. Содержание нетоксичных для растений бикарбоната и сульфата кальция составляют 0,62 и 1,36 % соответственно. Хлористый калий не превышает 0,70 %. Таким образом, 97,32 % водорастворимых солей составляют токсичные соли, которые расположены в первой тройке неравенства. В поле нефтяной эмульсии видовой состав солей выражается следующим неравенством: $\text{NaCl} > \text{MgCl}_2 > \text{CaSO}_4 > \text{MgSO}_4 > \text{KCl} > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Анализируя динамику солей в грунтовых водах, можно отметить, что из водорастворимых солей доминирующим является хлористый натрий, у которого наибольший процент приурочен в поле нефтяной эмульсии. При минерализации 210,8 г/дм³, NaCl составил 82,5 % от общего содержания солей. Токсичный для растений хлористый магний составляет 8,4 %. В первую тройку неравенства входит также нетоксичный для растений сульфат кальция. Вторую тройку неравенства возглавляет токсичная соль MgSO₄ – 1,55. Бикарбонат кальция и хлористый калий составляют ничтожное количество. Токсичные соли составляют 92,6 %. Токсичность грунтовой воды понизилась за счет нетоксичного для растений сульфата кальция. На участке, подготовленном для рекультивации (прикопка-2), видовой состав выражается следующим неравенством: NaCl > MgSO₄ > MgCl₂ > CaSO₄ > Ca(HCO₃)₂ > KCl. Здесь доминирующим является хлористый натрий, который составляет 70,98 %. Токсичный для растений хлористый магний – 14,16 %. Доля нетоксичного CaSO₄ – 8,75 %. Токсичной соли сульфату магния принадлежит – 4,66 %. Ничтожные доли принадлежат бикарбонату кальция и хлористому калию. Здесь CaSO₄ переместился в первую тройку неравенства, благодаря этому снизилась токсичность грунтовой воды качественно и количественно. Водорастворимые токсичные соли составляют – 89,80 %. На рекультивационном участке 2012 г. (р-4) видовой состав солей соответствует неравенству: NaCl > MgSO₄ > MgCl₂ > CaSO₄ > Ca(HCO₃)₂ > KCl. Доминирующим является хлористый натрий – 65,81 %. Токсичная соль сульфат магния – 25,52 %, а хлористый магний – 5,64. Нетоксичные для растений соли бикарбонат и сульфат кальция, а также хлористый калий составляют ничтожные проценты от общего содержания солей. Располагаясь в первой тройке неравенства, они повышают токсичность грунтовых вод участка качественно и количественно. Токсичные соли грунтовой воды участка составляет – 96,97 %.

На рекультивированном участке 2010 г. видовой состав солей выражается следующим неравенством: NaCl > MgCl₂ > MgSO₄ > CaSO₄ > Ca(HCO₃)₂ > KCl. Доминирующий хлористый натрий составляет – 56,60 %. Токсичный для растений MgCl₂ занимает второе место – 19,2 %. Менее токсичный MgSO₄ замыкает первую тройку, и доля его составляет – 13,12 %. Бикарбонату и сульфату кальция принадлежат 3,27 и 6,92 % соответственно. Мизерный процент принадлежит хлористому калию – 0,88 %. Водорастворимые токсичные соли составляют – 88,93 %. Нетоксичные для растений соли – 11,07 %. В первой тройке неравенства расположены ток-

сичные соли, но несмотря на это, токсичность грунтовых вод снижается, по мере проведения рекультивационных работ. Самая высокая токсичность грунтовой воды наблюдается на рекультивационных участках, особенно в начале проведения рекультивации, где токсичность соответствуют – 96,97 и 97,32 %. В поле нефтяной эмульсии токсичность грунтовых вод снижается до 92,57 %. На участке подготовки почвы для рекультивации, токсичность грунтовых вод снизилась до 89,80 %. На рекультивированном участке 2010 г. токсичность грунтовой воды снизилась до 88,93 %. По мере завершения рекультивационных работ, токсичность грунтовой воды снижается и приближается к минерализации воды из нагона Каспия.

На нетронутой рекультивацией бурой солончаковой почве (р-6) с координатами N: 46°13'45,7"; E: 53°23'19,7"; h = -25 м состав солей грунтовой воды выражается следующим неравенством: $\text{NaCl} > \text{MgSO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{CaSO}_4 > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 > \text{KCl}$. Водорастворимые соли расположены по степени токсичности. Доминирующим является хлористый натрий, составляющий – 63,65 % от общего содержания солей. Токсичный для растений сульфат магния составляет – 16,53 %. На долю хлористого магния выпадает – 10,58 %. Нетоксичные соли составляют – 9,24 %. Таким образом, 90,76 % составляют водорастворимые токсичные соли. На бурой солончаковой почве (р-6) верхний 60 см слой состоит из тяжелого суглинка, который с глубиной переходит в тонкозернистый песок. Почвы тяжелого механического состава имеют более высокую влагоемкость и емкость поглощения. Скорость испарения этой почвы выше, чем у почвы легкого механического состава, особенно песчаной почвы, благодаря водоподъемной способности. В результате испарения изменяется минерализация и соответственно соотношения ионов. Увеличиваются содержания катионов натрия и магния и анионов хлора и сульфатов.

На солончаке приморском (р-8) с координатами N: 46°14'03,3"; E: 53°21'53,2"; h = -23 м видовой состав солей грунтовой воды выражаются следующими неравенствами: $\text{NaCl} > \text{MgSO}_4 > \text{CaSO}_4 > \text{KCl} > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 > \text{MgCl}_2$. Водорастворимые соли расположены несколько иначе. Доминирующей является хлористый натрий, составляющий – 62,42 % от общего содержания солей. Затем идет сульфат магния. Отмечается возрастание сульфатных солей, которые влияют на метаморфизацию грунтовой воды, переводя их в обратное направление. Нетоксичный сульфат кальция на третьем месте первой тройки, снижает токсичность грунтовой воды. Токсичный хлористый магний переместился на последнее место неравенства, также способствует снижению токсичности грунтовой воды. В результате нетоксичные соли составляют – 12,46 %.

Токсичные – 87,54 % от общего содержания солей. На солончаке приморском (р-8) верхний 30 см слой состоит из среднего суглинки, переходящего в супесь. В глубину от 30 см слой переходит в тонкозернистый песок. Водоподъемная способность песка ниже, чем суглинки или глины. Поэтому, чем ближе расположен песчаный слой к поверхности почв, тем меньше испаряется влага с поверхности почвы, доставляя меньше влаги из грунтовых вод. У бурой солончаковой почвы с навеванным песчаным наносом слой песка расположен на глубине 50 см, а у бурой солончаковой почвы этот слой расположен уже в 60 см от поверхности почвы.

На бурой солончаковой почве с навеванным песчаным наносом (р-10) с координатами N: 46°13'03,7"; E: 53°22'01,0"; h = -26 м видовой состав солей выражается следующим неравенством: $\text{NaCl} > \text{CaSO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4 > \text{KCl} > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. По расположению в неравенстве водорастворимых солей произошла инверсия. Доминирующим стал хлористый натрий. Токсичный хлористый магний переместился на третье место первой тройки неравенства, а токсичный сульфат магния переместился во вторую тройку, возглавляя ее. Нетоксичный сульфат кальция расположился после хлористого натрия, способствуя снижению токсичности грунтовой воды. В снижении токсичности грунтовой воды соли KCl и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ не играют особо важной роли. В итоге нетоксичные соли составляют – 15,82 %. Токсичным солям принадлежат – 84,18% от общего содержания солей. На бурой солончаковой почве с навеванным песчаным наносом (р-10) токсичность грунтовой воды снизилась до 84,18 %. Здесь механический состав почвы играют главную роль. Особенно имеет значение расположение слоев в почвенных горизонтах и их чередование.

В условиях слоистых почвогрунтов изменяется высота подъема капиллярной влаги. Это главным образом зависит от количества сочетающихся слоев и их механического состава. Она меньше, чем больше слоев и больше разницы между их механическим составом [2]. Все это отражается на ионном составе и на минерализации грунтовой воды.

На приморской примитивной солончаковой почве (р-17) «Восточной Кокарны» с координатами N: 46°13'10,6"; E: 53°17'04,0"; h = -29 м видовой состав солей грунтовой воды выражается следующим неравенством: $\text{NaCl} > \text{CaSO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{KCl} > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 > \text{MgSO}_4$. Изменение соотношения ионов в грунтовой воде повлияло на качество и количество гипотетических солей. В первой тройке после хлористого натрия расположилась нетоксичная соль сульфат кальция, способствуя снижению токсичности грунтовой воды. Токсичная соль сульфат магния замыкает неравенство. В результате неток-

сичные соли составляют – 29,10 %. Токсичным солям принадлежат – 70,9 % от общего содержания солей. Дело в том, что приморская примитивная солончаковая почва (р-17), расположенная в 100 м восточнее дамбы обвалования, состоит из легкого механического состава. Легкий суглинок переходит в желтый песок. Насыщенные в воздухе водяные пары при снижении температуры в ночное время, конденсируясь в слое песка, превращаются в воду. Эти воды, разбавляя грунтовые, снижают их токсичность. В результате, токсичность грунтовых вод снизилась до 70,9 %.

В другой приморской примитивной солончаковой почве (р-18) «Восточной Кокарны» с координатами N: 46°13'37,2"; E: 53°16'58,3"; h = -29 м видовой состав солей грунтовой воды выражается следующим неравенством: $\text{NaCl} > \text{CaSO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4 > \text{KCl} > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. При сравнении с предыдущей приморской примитивной солончаковой почвой вытекает, что в первой тройке неравенства не произошло никаких изменений. Токсичный сульфат магния переместился во вторую тройку и занимает в неравенстве четвертое место. Хлористый калий и бикарбонат кальция, не различаясь друг с другом, замыкают неравенство. Сульфат кальция, находясь на втором месте, снижает токсичность грунтовой воды. В результате нетоксичные соли составляют – 17,92 %. К токсичным солям принадлежит – 82,08 % от общего содержания солей.

В самой низкой точке «Восточной Кокарны» на приморской примитивной солончаковой почве (р-19) с координатами N: 46°13'51,3"; E: 53°17'0,05"; h = -33 м видовой состав солей грунтовой воды выражается следующим неравенством: $\text{NaCl} > \text{MgSO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{CaSO}_4 > \text{KCl} > \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Соли по степени токсичности расположились в первой тройке неравенства. Это усиливает токсичность грунтовой воды. Во второй тройке неравенства располагаются нетоксичные для растений соли. Во второй тройке доминирующим является сульфат кальция. Замыкает неравенство бикарбонат кальция. В результате нетоксичные соли составляют лишь – 5,94 %. Токсичным солям принадлежит – 94,06 % от общего содержания солей. Это состояние почвы можно объяснить следующим образом: разрез приморской примитивной солончаковой почвы заложен (р-19) в 360 м восточнее дамбы обвалования. Участок после перепланировки. Плоская влажная равнина. В пределах полуметрового слоя почвы супесь переходит в легкий, затем в средний суглинок. Далее полуметровый слой переходит в ржаво-желтый песок. Здесь самая низкая отметка по абсолютной высоте h = -33 м. Грунтовая вода установилась на отметке 90 см. Капиллярная кайма расположена близко к

поверхности, так как при планировке почва уплотняется, увеличивая капиллярные поры, которые способствуют поднятию грунтовой воды к поверхности. При испарении минерализация грунтовой воды повышается. Изменяются соотношения солей, которые влияют на токсичность грунтовой воды, которая составляет – 94,06 %.

Метаморфизация воды из нагона Каспия происходит при увеличении суммарной концентрации солей, а также изменения их соотношения во времени [7]. Видовой состав солей при минерализации 59,20 г/дм³ выражается неравенством: NaCl > MgSO₄ > CaSO₄ > MgCl₂ > KCl > Ca(HCO₃)₂. Происходит преобразование свойства нагонной воды. Повышается содержание сульфатных солей. Сульфат кальция расположился на третьей ступеньке первой тройки. Хлористый магний попал во вторую тройку, занимая четвертую ступень по химическому содержанию. Замыкает неравенство бикарбонат кальция. В результате нетоксичные для растений соли составляют лишь 12,45 %. Токсичным принадлежат 87,55 % от общего содержания солей.

В заключении отметим, что в динамике видового состава солей грунтовых вод и вод из нагона Каспия доминирующим является NaCl. Высокое значение NaCl отмечено на рекультивационных участках, где содержание его колеблется от 108,26 до 185,52 г/дм³. Лишь на рекультивированном участке 2010 г. его содержание снижается до 23,88 г/дм³. На нетронутых рекультивацией почвах месторождений «Караарна» содержание NaCl колеблется от 88,13 г/дм³ до 103,18 г/дм³. Притом, высокое значение отмечено в солончаке приморском. На месторождении «Восточная Кокарна» содержание NaCl незначительно снижается в связи со снижением минерализации грунтовых вод. Как известно, содержание натрия и хлора возрастает с повышением минерализации грунтовых вод. В водах из нагона Каспия хлористый натрий составляет 37,74 г/дм³. На рекультивационных участках второе место в неравенстве занимает соль MgCl₂. Лишь на рекультивационном участке (р-4) 2012 г. MgCl₂ перешел в MgSO₄. На нетронутых рекультивацией почвах месторождения «Караарна» второе место в порядке неравенства, чередуясь занимают соли MgSO₄ и CaSO₄. Такая обстановка наблюдается и на месторождении «Восточная Кокарна» и в воде из нагона Каспия. По-видимому, это связано со снижением минерализации грунтовых вод и вод из нагона Каспия. Как известно, с изменением минерализации воды происходит метаморфизация в ионном составе воды. На рекультивационных участках третью ступень в неравенстве занимают токсичные для растений соли. Лишь в поле нефтяной эмульсии, на участке подготовленном для рекультивации, на этих местах расположен нетоксичный CaSO₄.

На нетронутых рекультивацией участках месторождения «Караарна» третье место в неравенстве занимают токсичные соли $MgCl_2$. Лишь на солончаке приморском на третьем месте располагается нетоксичный $CaSO_4$. В грунтовых водах «Восточной Кокарны» третье место в неравенстве занимают токсичные соли $MgCl_2$. В водах из нагона Каспия третье место занимает нетоксичный $CaSO_4$. Во второй тройке неравенства токсичными солями являются $MgSO_4$, а в водах из нагона Каспия токсичной для растений солью является $MgCl_2$.

Выводы

1. В зависимости от природных и техногенных факторов минерализация грунтовых вод повышается, что ведет к их метаморфизации, так же это закономерно и для воды из нагона Каспия. В зависимости от концентрации метаморфизация грунтовой воды идет то в прямом, то в обратном направлении.

2. Грунтовые воды по происхождению являются морскими. Отношение Na/Cl то расширяются, то сужаются в зависимости от вида и степени метаморфизации грунтовых вод, но эти отношения всегда меньше единицы. Отношение Cl/SO_4 расширяется до 12,70.

3. Самый низкий показатель суммы катионов $Ca+Mg$ отмечен на рекультивированном участке 2010 г. По мере завершения рекультивационных работ сумма катионов $Ca+Mg$ снижается. По-видимому, в процессе рекультивации щелочноземельные элементы Ca и Mg вступают в реакцию с функциональными группами примененных реагентов и выпадают в осадок. Такая же закономерность прослеживается для щелочного элемента натрия.

4. Доминирующий гипотетической солью в обоих месторождениях является токсичный для растений хлористый натрий, у которого большой процент приурочен в поле нефтяной эмульсии. По мере завершения рекультивационных работ токсичность грунтовых вод снижается за счет нетоксичного для растений сульфата кальция. В снижении токсичности гипотетических солей немаловажную роль играет механический состав почвы, ее расположение по горизонтам и количество сочетающихся слоев.

5. Наивысшая токсичность хлор-иона отмечена на рекультивируемом участке 2012 г., где концентрация хлор-иона превысила ПДК в 425 раз. На бурой солончаковой почве месторождения «Караарна» хлор-ионы превысили ПДК в 205 раз, а на солончаке приморском концентрация составила 181ПДК.

6. В грунтовых водах «Восточной Кокарны» на приморских примитивных солончаковых почвах хлор-ионы превысили ПДК в 181 раз. В воде из нагона Каспия превышение ПДК наблюдалось 78 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Общая гидрохимия. – Л.: Гидрометеоздат, 1948. – 208 с.
2. Аханов Ж.У. Движение капиллярной влаги в условиях слоистых почвогрунтов низовьев р. Чу // Проблемы мелиорации земель республик Средней Азии и Казахстана. – Алма-Ата. 1970. С. 309-314.
3. Базилевич Н.И. Геохимия почв содового засоления. – М.: Наука, 1965. – 47 с.
4. Боровский В.М. Формирование засоленных почв и геохимические провинции Казахстана. – Алма-Ата: Гылым, 1982. – 254 с.
5. Валяшко М.Г. Некоторые общие закономерности формирования химического состава природных вод. // Труды лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф.И. Саварянского». – 1958. – Т. 16. – С. 127-140.
6. Вернадский В.И. История минералов земной коры. История природных вод. / Ч.1. Вып. II. III. ОНТИ. 1934-1936
7. Досбергенов С.Н. Изменение гидрохимического режима и грунтовых вод осушенного дна Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 2001. – № 4. – С. 59-63.
8. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. / Т.1 – М-Л.: Изд. АН СССР, 1946. – 568 с.
9. Овчинников А.М. Общая гидрогеология. – М.: Госгеолиздат, 1949. – С. 36-52.
10. Приклонский В.А., Лаптев Ф.Ф. Физические свойства и химический состав подземных вод. – М.: Госгеолиздат, 1949. – С. 12-32.
11. Сапаров А.С., Фаизов К.Ш., Асанбаев И.К. Почвенно-экологическое состояние Прикаспийского нефтегазового региона и пути его улучшения. – Алматы: 2006. – 146 с.
12. Сулин В.А. Условия образования, основы классификации и состав природных вод. / Часть 1. – М-Л.: Изд. АН СССР, 1948. – 108 с.

Поступила 16.04.2014

Биол. ғылымд. канд. С.Н. Досбергенов

ҚАРАРНА ЖӘНЕ ШЫҒЫС КӨКАРНА МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНДАҒЫ ЖЕР АСТЫ СУЛАРЫ МЕН КАСПИЙҢ ТОЛҚЫНДЫ БАСПА СУЛАРЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ РЕЖИМІ

Бұл мақалада Қарарна және Шығыс Көкарна мұнай кен орындарының аумағына қарасты жер асты суларындағы тұздардың

сандық және сапалық өзгерістері қарастырылған. Жерасты суларындағы тұздардың уыттылығы ондағы уытты және уытты емес тұздардың өзара арақатынасына, сонымен қатар механикалық құрамы мен оның топырақ қабаттарында орналасу жағдайына байланысты болады. Хлор-иондарының жоғары уыттылығы 2012 жылы рекультивацияланған учәскеде тіркелінді. Ол ШРК-дан 425 есе асып түсті. Шөлдің қоңыр сортаңданған топырақтарында бұл шама ШРК-дан 205 есеге артты.