

История формирования Семизбайской депрессии

^{1*} **ДАУЛЕТИН Елдос Манатбекович**, магистр, начальник участка, Eldos_g41@mail.ru,

¹ **ЖАНДЕНОВ Руслан Канатович**, магистр, зам. начальника участка, sarbazpk@mail.ru,

² **БЕКБОТАЕВА Алма Анарбековна**, PhD, ассоциированный профессор, зав. кафедрой, a.bekbotayeva@satbayev.university,

³ **ЯЗИКОВ Егор Григорьевич**, д.г.-м.н., профессор, yazikoveg@tpu.ru,

² **АРШАМОВ Ялкунжан Камалович**, к.г.-м.н., ассоциированный профессор, зам. директора, y.arshamov@satbayev.university,

¹ ТОО «Семизбай-У», Казахстан, Нур-Султан, ул. Е-10, 18,

² Satbayev University, Казахстан, Алматы, ул. Сапиева, 22а,

³ Томский политехнический университет, Россия, Томск, пр. Ленина, 30,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Процессы формирования урановых руд месторождения Семизбай протекали в длительном интервале времени. Месторождение Семизбай является достаточно сложным и своеобразным объектом, на котором урановое оруденение сформировалось в длительном интервале времени в несколько этапов. По этому признаку его можно отнести к полистадийному. С первым ранним этапом, охватывающим период от юры до начала мела, связано образование, собственно, Семизбайской депрессии и формирование выполняющей её рудовмещающей толщи. Второй этап (готерив-апт) является наиболее важным в формировании промышленного уранового оруденения месторождения. Третий этап (альб – эоцен) занимает наиболее продолжительный промежуток времени (75 млн лет) в геологической истории депрессии. Четвертый, заключительный, этап охватывает новейшую эпоху от олигоцена до антропогена включительно.

Ключевые слова: депрессия, экзодиогенез, водоупор, состав, геологические процессы, аккумуляция, грунтовые воды, пойма, вулканизм, эпигенетический.

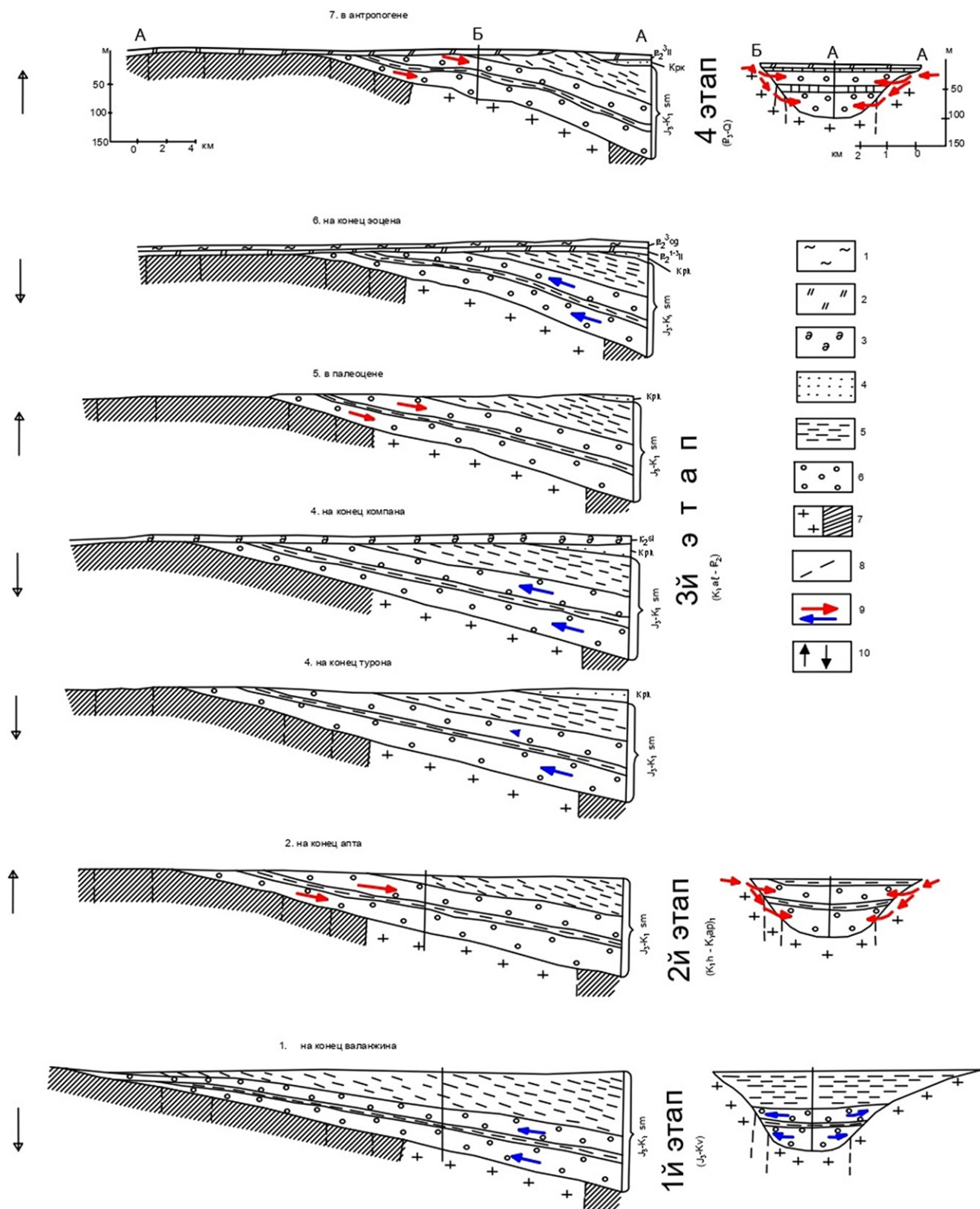
Введение. Процессы формирования урановых руд месторождения Семизбай протекали в длительном интервале времени, являлись достаточно сложными, многостадийными и до конца еще не познаны. Охарактеризованные стадии эпигенетического минералообразования отражают кардинальные периоды преобразования пород и рудоформирования, однако, они не исчерпывают всего многообразия процессов, протекавших прерывисто, и допускают вероятность выделения дополнительных этапов при последующем углубленном изучении месторождения.

С целью восстановления места процессов экзогенного рудообразования ниже рассматривается история формирования Семизбайской депрессии и в заключение высказываются соображения о генезисе месторождения. Для этого использованы обширные материалы по всему району, полученные в процессе предыдущих исследований, в том числе палеогеотектонические, палеогеографические и другие построения.

Научные результаты. В формировании Семизбайской депрессии можно выделить четыре наиболее важных и крупных этапа, что иллюстрируется рисунком.

С первым ранним этапом, охватывающим период от юры до начала мела, связано образование, собственно, Семизбайской депрессии и формирование выполняющей её рудовмещающей толщи. Важно отметить при этом, что в предшествующий период четко проявился триас – предверхнеюрский перерыв в седиментации, с которым связано образование кор выветривания гранитоидов, которые, как было показано, могли служить наиболее вероятным источником урана [1]. Семизбайская структура наложена на складчатый фундамент и развивалась как межгорная эрозионно-тектоническая депрессия в условиях активизации тектонического режима, что определяется сопряженностью с зонами разломов в фундаменте, наличием сравнительно узкого эрозионного вреза в последнем, зонально-симметричным поперечным профилем строения и другими чертами.

Образование семизбайской свиты в межгорной палеодолине в условиях достаточно активного, но неоднородного тектонического режима, семиаридного, а затем и аридного климата [2], явилось важным фактором формирования её первично седиментогенного облика – создания



А, Б – продольные и поперечные профили. 1 – алевроито-глинистые отложения чеганской свиты (P₂₃ cg); 2 – глауконит-кварцевые отложения люлингорской свиты (P₂₃ ll); 3 – кварц-глауконитовые пески славгородской свиты (K₂sl); 4 – гравелиты и кварцевые пески покурской свиты (K rk); отложения семизбайской свиты (J₃-K₁sm); 5 – алевроито-глинистые водоупорные горизонты; 6 – конгломерато-песчаные водоносные (рудоносные) горизонты; 7 – палеозойские гранитоиды и вулканогенно-осадочные породы; 8 – разломы; 9 – направление потоков подземных вод; 10 – относительные поднятия и опускания территории

Схема истории формирования Семизбайской депрессии – реставрированные палеогеологические обстановки по этапам развития

феодалной зональности в плане и чередования проницаемых и водоупорных горизонтов в разрезе. Выделенные фациальные зоны аллювиальных сероцветов и делювиально-пролювиальных пестроцветов одновременно отражают первичную геохимическую, соответственно восстановительную и окислительную обстановки, поэтому они являются фациально-геохимическими зонами. А поскольку аллювиальные сероцветы характеризуются насыщенностью органическими остатками, вероятными концентраторами урана, уже в процессе формирования отложений семизбайской свиты достаточно четко определились благоприятные литолого-геохимические предпосылки для экзогенного уранообразования.

Первая достаточно уверенная возможность для реализации этих предпосылок появилась на стадии диагенеза (экзодиагенеза) осадков [3]. Образование экзодиагенетических концентраций урана можно представить как следствие взаимодействия ураноносных поверхностных и подземных вод, заимствовавших уран из гранитоидов и кор выветривания, с осадками, обогащенными органическим веществом, в результате сорбции, обменных и окислительно-восстановительных реакций. В настоящее время не представляется возможным достаточно уверенно выделить такие концентрации урана, особенно в водопроницаемых породах. Это объясняется не только трудностью их определения в сложной обстановке месторождения, но в основном тем обстоятельством, что экзодиагенетические концентрации, как наиболее ранние, в большинстве своем неизбежно должны были претерпеть преобразование и вовлечься в процессы эпигенетического рудообразования на более поздних этапах [4]. Предположительно к убогим экзодиагенетическим рудам на месторождении могут быть отнесены отдельные прослои углистых глин и алевролитов, равномерно обогащенных ураном и не несущих признаков каких-либо эпигенетических изменений.

Помимо экзодиагенетических концентраций урана к раннему этапу относится формирование оруденения, связанного с зонами древнего грунтового окисления. Как показано выше, такое оруденение образует очень мелкие линзовидные тела преимущественно забалансовых руд, носит уверенный характер и приурочено к обогащенным углефицированной органикой глинисто-алевролитовым породам кровли пойм у нижних границ зон поверхностного окисления [5].

Завершающую стадию рассматриваемого этапа, во время которой образовался верхний глинистый водоупор (см. рисунок, 1), можно считать началом оформления малого артезианского бассейна Семизбайской депрессии, очевидно, имевшего на востоке связь с Иртышским артезианским бассейном. Перекрытые водоупором водоносные (рудоносные) горизонты в соответствии с представлениями об эволюции артезианских структур, очевидно, испытывали эпигенетические

преобразования восстановительного характера в связи с процессами раннего прогрессивного катагенеза в условиях элизионного гидрогеологического режима при восходящем потоке пластовых восстановительных вод. С этими процессами можно связать гидрослюдизацию глинистых цементов, биотита и других фемических минералов, образование ранее эпигенетических сульфидов на участках скопления органического вещества, восстановление (отлеение) первичных красноцветов и общее усиление контрастности восстановительной обстановки. В таких условиях ранее созданные экзодиагенетические накопления урана могли быть захоронены или частично перераспределены и отложены на участках наиболее контрастной геохимической среды.

Второй этап (готерив-апт) является наиболее важным в формировании промышленного уранового оруденения месторождения. Этот этап ознаменовался общим поднятием территории, длительным (15-18 млн лет) перерывом в седиментации, что могло способствовать установлению наиболее устойчивого инфильтрационного гидрогеологического режима Семизбайского бассейна. Именно с этим этапом связано максимальное за всю геологическую историю раскрытие депрессии, размеры которой хотя и несколько превышали, но в целом приближались к современным, значительное эродирование рудовмещающей толщи и полное срезание на западе депрессии верхнего, а в ее верховьях и нижнего водоупоров (см. рисунок, 2). В существовавшей обстановке создавались наиболее благоприятные реальные условия для формирования ураноносных вод в инфильтрации их по пластам водопроницаемых (рудоносных) горизонтов. Областью питания и транзита вод на большей части площади служили массивы гранитоидов. Направления потоков вод были ориентированы вдоль депрессии на восток, в соответствии с уклоном ложа, и от бортов к её оси. Учитывая, что верхний рудоносный горизонт на западе депрессии был раскрыт и выходил на поверхность, здесь существовали грунтовые воды, переходившие в восточнее в пластовые, в то время как в нижнем горизонте господствовали пластовые инфильтрационные воды [6].

Имеющиеся по району палеогеографические данные показывают, что на протяжении большей части этапа (готерив-баррем) существовал аридный климат, сменившийся в апте на гумидный. В соответствии с этим в пределах этапа можно условно выделить две стадии – раннюю, более продолжительную (около 12 млн лет), и позднюю (около 6 млн лет), на протяжении которых могли формироваться соответственно окислительные и преимущественно восстановительные (глеевые) инфильтрационные пластовые воды. С окислительными ураноносными водами ранней стадии связано формирование древней зоны внутрипластового окисления и образование на восстановительных геохимических барьерах уран-

нового орудуения. При этом следует учитывать, что, в связи с относительно незначительной эродированностью водоупоров (особенно нижнего), полного раскрытия Семизбайского артезианского бассейна не происходило и водообмен был недостаточно интенсивным. Очевидно, именно это обстоятельство, а также большая насыщенность водоносных горизонтов органическим веществом и сложный их фациально-литологический состав обусловили небольшую ширину зон окисления, не превышавшую 1-1,5 км. Следовательно, продвижение пластового окисления в глубь депрессии было чрезвычайно медленным, возможно, прерывистым, что в сочетании с длительным периодом рассматриваемой эпохи и литолого-геохимической обстановкой водоносных горизонтов способствовало более концентрированному ураноаккумуляции.

На поздней стадии, при вероятном преобладании главных пластовых вод, теоретически возможно допускать дополнительный привнос урана и осаждение его на восстановительных барьерах, а также частичное переотложение ранее созданных концентраций. Таким образом, охарактеризованный этап представляется главным в образовании промышленных руд месторождения Семизбай.

Третий этап (альб – эоцен) занимает наиболее продолжительный промежуток времени (75 млн лет) в геологической истории депрессии. В целом он характеризовался направленным опусканием территории в условиях преимущественно гумидного климата, прерывистым развитием морской трансгрессии, достигшей своего максимума в конце эоцена. В пределах этапа можно выделить три основных стадии: альб-кампанскую, (см. рисунок, 3; 4) маастрихт-палеоценовую (см. рисунок, 5) [7], эоценовую (см. рисунок, 6). В начале ранней стадии проявилась тектоническая активизация, с которой предположительно можно связать миграцию глубинных пластовых термальных вод и образование эпигенетических карбонатов.

Впоследствии преобладали нисходящие тектонические движения, прерванные кратковременным поднятием и размывом в предтуронское время, обусловившие морскую трансгрессию, к концу которой произошло почти полное перекрытие и захоронение депрессии под морскими отложениями славгородской свиты. В соответствии с этим, в период туронского размыва (см. рисунок, 3) [8], возможно, возобновлялись процессы рудообразования или происходило частичное переотложение руд. Все остальное время, при опускании территории и трансгрессии моря, в Семизбайской артезианской структуре господствовал в основном элизионный гидрогеологический режим с восходящими восстановительными пластовыми водами. Они привели к восстановлению ранее лимонитизированных пород и частичному уничтожению древних зон пластового окисления. Рудные залежи могли быть либо законсервированы, либо частично преобразованы и претерпели

переотложение рудного вещества.

Вторая стадия – период регионального прерыва в седиментации, размыва и полного уничтожения в пределах депрессии отложений славгородской, частично покурской свит и на западе-рудовмещающей толщ (рисунок 1,5). В это время вторично произошло почти полное раскрытие семизбайской структуры и возобновился инфильтрационный гидрогеологический режим. Поскольку в эту стадию наметилась аридизация климата, можно считать, что инфильтрационные пластовые воды имели окислительный характер и могли обусловить возобновление ураноаккумуляции в рудовмещающих горизонтах в связи с повторным развитием зоны пластового окисления. Однако свидетельства этих процессов в настоящее время не могут быть достоверно установлены.

Третья стадия – время устойчивого опускания, максимального к длительной трансгрессии моря (см. рисунок, 6). Вся депрессия была полностью погребена под осадками эоцена, возобновился элизионный гидрогеологический режим. Надо полагать, что восходящие восстановленные воды, которые, в связи с насыщенностью пород Сорг, первоначально могли быть кислыми, а впоследствии, по мере эволюции и метаморфизма органического вещества, вероятно, приближались по гидрохимическому составу к современным – слабощелочным, глеевым, обусловили интенсивное преобразование пород на позднем этапе восстановительного эпигенеза [9]. Очевидно, именно этот отрезок времени являлся наиболее важным в эпигенетических изменениях восстановительного характера, когда с наибольшей рельефностью проявилось региональное обеление пород, охватившее в основном более грубозернистые водопроницаемые разности, почти полное уничтожение древних зон пластового окисления, вынос и перераспределение железа. Возможно, с этими водами связано частичное переформирование и переотложение урана на участках резко восстановительной или щелочной среды.

Четвертый заключительный этап охватывает новейшую эпоху от олигоцена до антропогена включительно (см. рисунок, 7). В целом это время проявления относительно слабых дифференциальных тектонических движений на фоне общего воздымания территории, преимущественно аридного климата инфильтрационного гидрогеологического режима. На этом этапе претерпели существенный размыв перекрывающие Семизбайскую палеодолину морские отложения эоцена. Произошло частичное, лишь в отдельных окнах, раскрытие рудовмещающей толщи и формирование современного облика депрессии. В настоящее время Семизбайская артезианская структура характеризуется замедленной инфильтрацией пластовых слабоокислительных или глеевых вод в рудовмещающих горизонтах. Основное их направление – вдоль депрессии с запада на восток частично от бортов к ее оси. С деятельностью

этих вод, очевидно, связаны наиболее поздние пиритизация, оглеение пород, а также частичное переотложение урана [10]. К этой же стадии можно отнести образование эпизодически встречающихся вторичных урановых минералов – уранопилита, циппеита, уранофана в ассоциации с гипсом и баритом.

Заключение. Приведенные данные показывают, что месторождение Семізбай является достаточно сложным и своеобразным объектом, на

котором урановое оруденение сформировалось в длительном интервале времени в несколько этапов. По этому признаку его можно отнести к полистадийному. В то же время, по ведущим рудообразующим факторам и направленности рудоформирующих процессов, оно является древнеэпигенетическим, инфильтрационным и связано с древними зонами пластового окисления. Высказанные соображения подтверждаются данными абсолютного возраста руд всех горизонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция (методические указания) по подземному скважинному выщелачиванию урана / Национальная атомная компания «КАЗАТОМПРОМ». Алматы, 2006.
2. Добыча металлов способом выщелачивания / В.П. Новик-Качан, Н.В. Губкин, Д.Т. Десятников, Н.И. Чесноков; Министерство цветной металлургии СССР.
3. Добыча полезных ископаемых подземным выщелачиванием / А.И. Калабин. Москва: Атомиздат, 1969.
4. Основное оборудование для производства урана / А. Менлибаев, А.М. Интыкбаев, Б.О. Дүйсебаев. Алматы: Издательство «Бастау». 2004.
5. Справочник молодого аппаратчика-химика / В.К. Гусев, А.А. Черепанов. Москва: Химия. 1991.
6. Уранодобывающая промышленность и окружающая среда / Мосинев В.Н., Грязнов М.В. Москва: Энергоиздат. 1983.
7. Гидрогеологические прогнозы качества подземных вод / Гольдберг В.М. Москва: Недра. 1976.
8. Правила обеспечения промышленной безопасности при геологоразведке, добыче и переработке урана.
9. СТ НАК 3.1-2014 Технологические регламенты на типовые технологические процессы производства продукции (полупродуктов) от 25 декабря 2014г. № 206.
10. СТ НАК 12.4-2015 Система стандартов безопасности труда. Порядок обеспечения радиационной безопасности предприятий по добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания. Утвержден №126 от 13.10.2015 года.

Семізбай депрессиясының қалыптасу тарихы

¹***ДАУЛЕТИН Елдос Манатбекович**, магистр, бөлім басшысы, Eldos_g41@mail.ru,

¹**ЖАНДЕНОВ Руслан Канатович**, магистр, бөлім басшысының орынбасары, sarbazpk@mail.ru,

²**БЕКБОТАЕВА Алма Анарбековна**, PhD, қауымдастырылған профессор, кафедра меңгерушісі, a.bekbotayeva@satbayev.university,

³**ЯЗИКОВ Егор Григорьевич**, г.-м.ғ.д., профессор, yazikoveg@tpu.ru,

²**АРШАМОВ Ялкунжан Камалович**, г.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, директордың орынбасары, y.arshatov@satbayev.university,

¹«Семізбай-У» ЖШС, Қазақстан, Нұр-Сұлтан, Е-10 көшесі, 18,

²Сәтбаев Университеті, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22а,

³Томск политехникалық университеті, Ресей, Томск, Ленин даңғылы, 30,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Семізбай кен орнының уран кендерін қалыптастыру процестері ұзақ уақыт аралығында өтті. Семізбай кен орны өте күрделі және ерекше объект болып табылады, онда уран кенденуі ұзақ уақыт аралығында бірнеше сатыда қалыптасқан. Осы негізде оны полистадийге жатқызуға болады. Юрадан бордың басына дейінгі кезеңді қамтитын алғашқы кезең, шын мәнінде, Семізбай депрессиясының пайда болуымен және оны жүзеге асыратын кен шоғырының пайда болуымен байланысты. Екінші кезең (готерив-апт) кен орнының өнеркәсіптік уран кенденуін қалыптастыруда ең маңызды болып табылады. Үшінші кезең (альб – эоцен) депрессияның геологиялық тарихында ең ұзақ уақытты (75 миллион жыл) алады. Төртінші соңғы кезең олигоценнен антропогенге дейінгі соңғы дәуірді қамтиды. Семізбай кен орны – біршама күрделі және ерекше нысан, онда уранның минералдануы ұзақ уақыт бойы бірнеше кезеңдер бойынша қалыптасқан. Осы негізде оны бірнеше кезеңдерге жатқызуға болады.

Кілт сөздер: депрессия, экзодиогенез, суға төзімділік, құрамы, геологиялық процестер, жинақтау, жер асты сулары, су тасқыны, вулканизм, эпигенетикалық.

The History of the Formation of the Semizbai Depression

¹***DAULETIN Yeldos**, master, Chief, Eldos_g41@mail.ru,

¹**ZHANDENOV Ruslan**, master, Deputy Chief, sarbazpk@mail.ru,

²**BEKBOTAYEVA Alma**, PhD, Associate Professor, Head of Department, a.bekbotayeva@satbayev.university,

³**YAZIKOV Egor**, Dr. of Geol. and Min. Sci., Professor, yazikoveg@tpu.ru,

²**ARSHAMOV Yalkunzhan**, Cand. of Geol. and Min. Sci., Associate Professor, Deputy Director,

y.arshamov@satbayev.university,

¹Semizbay-U LLP, Kazakhstan, Nur-Sultan, E-10 Street, 18,

²Satbayev University, Kazakhstan, Almaty, Satbayev Street, 22a,

³Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30,

*corresponding author.

Abstract. The processes of formation of uranium ores of the Semizbay deposit took place in a long time interval. The Semizbai deposit is a rather complex and peculiar object on which uranium mineralization was formed in a long time interval in several stages. On this basis, it can be attributed to a multi-stage. The first early stage, covering the period from the Jurassic to the beginning of the Cretaceous, is associated with the formation, in fact, of the Semizbai depression and the formation of the ore-containing strata that performs it. The second stage (goteriv-apt) is the most important in the formation of industrial uranium mineralization of the deposit. The third stage (Albian – Eocene) occupies the longest period of time (75 million years) in the geological history of the depression. The fourth and final stage covers the modern era from the Oligocene to the anthropogenic inclusive. The Semizbai deposit is a rather complex and peculiar object, on which uranium mineralization was formed over a long period of time in several stages. On this basis, it can be attributed to the polystage.

Keywords: depression, exodiogenesis, water resistance, composition, geological processes, accumulation, groundwater, floodplain, volcanism, epigenetic.

REFERENCES

1. Instrukciya (metodicheskie ukazaniya) po podzemnomu skvazhinnomu vyshchelachivaniyu urana / Nacional'naya atomnaya kompaniya «KAZATOMPROM». Almaty, 2006.
2. Dobycha metallov sposobom vyshchelachivaniya / V.P. Novik-Kachan, N.V. Gubkin, D.T. Desyatnikov, N.I. Chesnokov; Ministerstvo cvetnoj metallurgii SSSR.
3. Dobycha poleznyh iskopaemyh podzemnym vyshchelachivaniem / A.I. Kalabin. Moscow: Atomizdat. 1969.
4. Osnovnoe oborudovanie dlya proizvodstva urana / A. Menlibaev, A.M. Intykbaev, B.O. Dujsebaev. Almaty: Publ. «Bastau». 2004.
5. Spravochnik molodogo apparatchika-himika. V.K. Gusev, A.A. Cherepanov. Moscow: Himiya. 1991.
6. Uranodobyvayushchaya promyshlennost' i okruzhayushchaya sreda / Mosinec V.N., Gryaznov M.V. Moscow: Energoizdat. 1983.
7. Gidrogeologicheskie prognozy kachestva podzemnyh vod / Gol'dberg V.M. Moscow: Nedra. 1976.
8. Pravila obespecheniya promyshlennoj bezopasnosti pri geologorazvedke, dobyche i pererabotke urana.
9. ST NAK 3.1-2014 Tekhnologicheskie reglamenty na tipovye tekhnologicheskie processy proizvodstva produkci (poluproduktov) ot 25 dekabrya 2014g. № 206.
10. ST NAK 12.4-2015 Sistema standartov bezopasnosti truda. Poryadok obespecheniya radiacionnoj bezopasnosti predpriyatij po dobyche urana metodom podzemnogo skvazinnogo vyshchelachivaniya. Utverzhden №126 ot 13.10.2015 goda.