

УДК 911.2

Доктор геогр. наук	Г.М. Джаналеева <sup>1</sup>
	А.А. Жангужин <sup>1</sup>
	Г.З.Мажитова <sup>1</sup>
PhD	Ж.Г. Берденов <sup>1</sup>
Канд. геогр. наук	Н.Б. Казангапова <sup>2</sup>

### ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГЕОСИСТЕМ БАССЕЙНА РЕКИ ЕСИЛЬ

**Ключевые слова:** геосистема, геохимия, бассейн, река, химические элементы, техногенез

*В статье рассмотрены особенности геохимических условий геосистем бассейна реки Есиль. Авторы исследуют современный и прошлый геохимический состав основных компонентов геосистем бассейна реки. В результате хозяйственной деятельности человека происходят изменения во всех компонентах природной среды, особенно в почвенном покрове. Неблагоприятные последствия антропогенного воздействия оказывают негативное влияние на состояние геосистем бассейна реки Есиль.*

**Введение.** Изучение вопросов геохимии окружающей среды занимает одну из важных позиций в ландшафтно-географических исследованиях. Закономерности распределения химических элементов в геосферах, их участие в процессах круговорота веществ, характер миграции в различных средах, а также особенности геохимических условий природных и природно-антропогенных геосистем определяют важнейшие направления подобного рода исследований [4]. Изучение геохимических особенностей конкретной территории важно не только для понимания закономерностей явлений и процессов, протекающих в географической оболочке, но и решения практических вопросов, в частности геохимического поиска полезных ископаемых, медико-географической оценки территории, а также проблем, связанных с загрязнением окружающей среды и ее охраны. Кроме того, следует от-

<sup>1</sup> Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана Казахстан;

<sup>2</sup> Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана Казахстан.

метить, что ландшафтно-геохимическое районирование и картографирование, в настоящее время имеет важное прикладное значение [5].

Изучение химического состава природных компонентов геосистем бассейна р. Есиль представляет особый интерес. Река является главным источником водоснабжения Северо-Казахстанской (СКО) и Акмолинской областей. Вода из реки используется для питьевого, производственного водоснабжения, обслуживания коммунального хозяйства. В последние десятилетия усиление воздействия хозяйственной деятельности на геосистемы территории бассейна реки, связанное с забором воды и ее загрязнением промышленными и коммунально-бытовыми стоками, оказывает существенное влияние на процессы миграции химических элементов, характер их распределения, аккумуляцию и концентрацию, скорость химических реакций, и в целом на геохимические условия рассматриваемого региона. Качественное и количественное соотношение макро- и микроэлементов в почве, природных водах, растениях бассейна реки, обусловленное особенностями геохимических факторов изучаемой территории, определяют их содержание в сельскохозяйственной продукции, а значит и количественное соотношение в организме человека. Еще В.И. Вернадским (1944) было указано на тесную связь химического состава организма и среды его обитания, что подчеркивает значимость геохимического фактора в формировании здоровья населения и необходимость изучения особенностей геохимических характеристик. В связи с этим изучение геохимических особенностей бассейна р. Есиль представляется актуальным.

*Цель исследования* заключалась в изучении геохимических особенностей бассейна р. Есиль. Оно осуществлялось в пределах двух областей: Северо-Казахстанской и Акмолинской. Это обусловлено географическим расположением бассейна реки.

В качестве теоретико-методологической базы исследования были использованы труды отечественных ученых в области ландшафтоведения, геохимии, геоэкологии: В.И. Вернадского, А.И. Перельмана, А.Г. Исаченко, А.П. Виноградова, Н.С. Касимова, М.А. Глазовской, В.А. Ковды, Б.Б. Польшова, К.М. Джаналеевой и др.

**Объект и методы исследования.** Исследования проводились с использованием историко-географического, сравнительно-географического, ландшафтно-географического, картографического, математического методов, системного анализа и экстраполяции [3].

Исходной базой исследования послужили: ландшафтные карты и серия отраслевых физико-географических, эколого-географических карт, топографические карты Акмолинской, Северо-Казахстанской областей масштаба 1:500 000, космоснимки, фондовые и литературные материалы, материалы полевых экспедиционных работ.

Исследование включало выполнение следующих этапов: анализ изученности исследуемой проблемы; определение методологии исследования; анализ ландшафтно-геохимических особенностей изучаемой территории в прошлом; изучение содержания и закономерностей распределения химических элементов в компонентах современных ландшафтов; анализ структуры химического элементного состава; составление ландшафтно-геохимической карты.

Геохимический состав основных компонентов геосистем формируется под воздействием множества факторов: геологическое строение, химический состав пород, четвертичных отложений, ландшафтно-геохимические условия и характер их смены на протяжении геологического развития. Кроме того следует назвать обусловленные хозяйственной деятельностью человека антропогенные факторы, которые в настоящее время играют немаловажную роль в формировании геохимического фона той или иной территории [4].

Согласно данным, приведенным в работах Волкова И.А. (1965), Н.С. Касимова (1983), Глазовской М.А. (1979), Перельмана А.И. (1999) на территории бассейна реки Есиль наблюдалась неоднократная смена ландшафтно-геохимической обстановки. Анализ этапов эволюции ландшафтно-геохимических условий изучаемой территории показал, что на протяжении ее геологического развития в связи с происходящими изменениями обстановки среды наблюдались переходы от накопления химических элементов к их миграции и, наоборот, от активного растворения и выноса к седиментации и концентрации [2]. Слагающие верхние горизонты осадочные породы, представленные алевrolитами и глинистыми сланцами, по сравнению с кларком литосферы содержат в 2...3 раза больше Cr, Cu, Ni и значительно обеднены St, Pb, Ca, Be, Mo и Sr [1]. Сформированная в конце триаса – начале юры кора выветривания каолинит-гидроslюдистого состава отличалась пониженным содержанием Fe и оснований, была значительно обеднена многими микроэлементами, в частности Mn, Co, Ni, Zn, Cu, Sc. Такие элементы, как Zr, Y, Be, Mo, Ag в кислой среде обладают низкой миграционной способностью, поэтому в этот период не выносились, а накапливались.

В верхнем олигоцене условия среды отличались гумидным климатом и пышной растительностью. Минерализованные озерные воды имели сульфатный состав. В этот период наблюдается активное огипсование и омарганцевание пород, осаждение и концентрация таких элементов, как Mn, Co, Ву, Мо и Ni. В верхнем и среднем олигоцене развивались процессы кислого и кислого глеевого выщелачивания в условиях кислой и кислой восстановительной среды, что подтверждается группой элементов Fe, Mn, Co, Zn, обладающих в этой обстановке хорошей миграционной способностью. Позднее в пределах изучаемой территории преобладали засушливые условия, уровень грунтовых вод располагался глубоко и не способствовал миграции Fe, Mn и других элементов. В связи с этим в после олигоценное время происходит накопление следующих элементов: Mn, Mo, Sr, Co, Pb, Ni [4].

Во второй половине олигоцена – начале миоцена в связи с увеличением континентальности и аридизации климата происходит смена каолинитового выветривания монтмориллонитовым. В результате в саванных степях получили широкое распространение солончатые озера, в которых происходит накопление элементов щелочной и содовой миграции – Mo, V, Cr, Cu, Be, Pb. Почвы автономных ландшафтов имели преимущественно щелочную среду и даже содовую, в них развивались процессы содового выщелачивания. В подчиненных ландшафтах накапливались Mo, Be, V и другие элементы-комплексообразователи.

В миоцене устанавливается щелочная и сильнощелочная окислительная и восстановительная среда, активно мигрируют такие элементы, как Mo, Cr, Be, Y, а также Co, Mn, Ni. В четвертичное время в условиях засушливого степного климата, а также усиления тектонической активности и связанного с ним похолодания и понижения уровня грунтовых вод, среда становится нейтральной и слабощелочной окислительной. В этих условиях слабо мигрирует большинство микроэлементов, накопление Cr, Mo отмечается только в сульфатных и карбонатных новообразованиях. Снижение интенсивности миграции химических элементов в это время обусловлено уменьшением активности процессов гипергенеза, выветривания [7].

Изучение геохимических особенностей современных геосистем бассейна реки Есиль проводилось по типам ландшафтов, которые соответствуют природным зонам. В пределах исследуемой территории выделяются следующие природные зоны: лесостепная (типичная и колочная), степная (северная, южная), сухостепная.

**Результаты исследования.** Ландшафты лесостепной природной зоны представлены геосистемами Н-Са класса. Здесь наблюдается накопление таких элементов, как: N, P, K, Mn, Mo, Co, I, Zn, Cu, B, F, Se. Зональные почвы – серые лесные и выщелоченные черноземы имеют слабокислую реакцию. В серых лесных почвах проявляется процесс подзолообразования, который сопровождается относительным накоплением  $\text{SiO}_2$  в элювиальном горизонте и в обогащении иллювиального горизонта полутонкими окислами, окислами Ti, Ca, Mg и др. Природные воды относятся к гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевым и обогащены элементами Ca, K, Li, Si.

В степях преобладают ландшафты Ca и Na геохимического класса. Для почв данной зоны характерны два геохимических барьера, которые способствуют накоплению химических элементов. Первый барьер – биогеохимический, располагается в верхней части гумусового горизонта. В его пределах происходит накопление P, S, K, Ca, местами присутствуют Mg, Na, Sr, Mn, Cu, Zn, Mo, Co, As, Ag, Ba, Pb, а также другие микроэлементы [8]. В нижней части гумусового горизонта и верхней части карбонатного выделяется щелочной и термодинамический барьеры наблюдается накопление  $\text{CaCO}_3$ , однако характерно и выщелачивание карбонатов. Черноземные почвы имеют в основном окислительную среду, что обуславливает неподвижность и инертность Fe и отсутствие оглеения. Иногда устанавливается слабо-восстановительная среда и местами прослеживается передвижение Mn. Каштановые почвы отличаются более окислительной средой, чем в черноземах, здесь Mn менее подвижен. В супераквальных ландшафтах реакция почв становится нейтральной или слабощелочной, развивается карбонатное оглеение, Fe и Mn приобретают подвижность, аккумулируются, образуя железистые и марганцевые конкреции.

Природные воды степной зоны богаты  $\text{CaCO}_3$ . При условии формирования вод в изверженных породах, они характеризуются слабой минерализацией и нередко содержат силикаты и бикарбонаты щелочей. В условиях формирования в более мощных продуктах выветривания, воды, как правило, становятся гидрокарбонатными. По мере испарения в них повышается содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  и они приобретают сульфатно-кальциевый состав.

В сухостепной зоне наблюдается избыток ряда макро- и микроэлементов: Mo, Sr, Ba, Se. Воды здесь гидрокарбонатно-натриевые, сульфатно-гидрокарбонатные [7]. Особенностью геохимических условий данной зоны является накопление химических элементов растениями-

концентраторами (некоторые полыни, травы и кустарники). В них накапливаются следующие элементы: Co, Cu, Ni, Mo, Pb, Sr, Zn.

В пределах изучаемого региона разведаны десятки месторождений полезных ископаемых, различные по запасам и концентрации полезных элементов в них. На прилегающих к месторождениям территориях отмечается избыток содержания соответствующих элементов, связанный с их миграцией и выносом. Нередко они образуют шлейфы и так называемые ареалы рассеяния. В местах развития геохимических барьеров наблюдается осаждение и концентрация химических элементов, тем самым образуются геохимические аномалии. Все это оказывает значительное влияние на общую геохимическую обстановку исследуемого региона.

Техногенез, обусловленный промышленным и сельскохозяйственным производством, разработкой месторождений и добычей полезных ископаемых, урбанизацией, также определяют современные геохимические условия в регионе. Продукты техногенеза, накапливаемые в природных водах, почве, растительном покрове, сказываются на общем геохимическом фоне территории. Особенно неблагоприятная ситуация складывается в подчиненных ландшафтах, к которым относятся трансэллювиально-аккумулятивные, аккумулятивно-элювиальных природные комплексы. В них происходит дополнительное поступление химических элементов в результате сноса с автоморфных ландшафтов, тем самым они испытывают многократное увеличение веществ техногенного происхождения.

Анализ картографических материалов и аналитических материалов, содержащихся в Национальном атласе РК и информационных бюллетенях, показал следующее. В почвенном покрове территории СКО по сравнению с Акмолинской областью наблюдается повышенная концентрация содержания подвижного Mo, превышающее 0,2 мг/кг. В основном эти территории охватывают северную часть СКО. На большей части территории Акмолинской области концентрация Mo не превышает 0,2 мг/кг. Повышенные концентрации содержания Cu в почвенном покрове прослеживаются вдоль правого- и левого берега р. Есиль, в ее верхнем и нижнем течении, а также выделяются отдельные ареалы с концентрацией, превышающей уровень ПДК вокруг оз. Улькен Караой, на крайнем севере СКО и юго-восточнее г. Кокшетау. Превышение содержания подвижного Co в почвах геосистем выше уровня ПДК выявлено в пределах долины р. Есиль на территории СКО, а превышение Zn зарегистрировано в пределах среднего течения бассейна реки Есиль [9]. Превышение содержания подвижного бора зарегист-

рировано в почвах геосистем на протяжении всего бассейна реки в пределах 1...2 ПДК. В 2015 году согласно данным информационных бюллетеней РГП Казгидромет были зафиксированы превышения ПДК по веществам из групп тяжелых металлов (цинк – 1,6 ПДК, медь – 5,3 ПДК, марганец – 4,2 ПДК), главных ионов (сульфаты – 1,6 ПДК), биогенных веществ (азот нитритный – 1,2 ПДК) были характерны для Акмолинской области. В пределах СКО превышение ПДК также были зафиксированы по показателям из группы тяжелых металлов (медь – 3,5 ПДК), главных ионов (сульфаты – 1,1 ПДК), биогенных веществ (железо общее – 1,6 ПДК) [6].

С целью изучения современной ландшафтной структуры и геохимической обстановки рассматриваемого региона проведены полевые исследования в летний период 2015...2016 гг. Полевые экспедиционные работы выполнялись на ключевых участках, определение которых проводилось с учетом их расположения в типичных геосистемах. Такое расположение ключевых участков позволило, основываясь на принципе экстраполяции, полученные результаты полевых исследований распространить на значительную территорию изучаемого региона. Всего было определено 14 ключевых участков (рис. 1). Полевые ландшафтные исследования проводили по общепринятым методикам ландшафтно-геохимических исследований. Были отобраны и проанализированы 14 проб природных вод и образцов почв.

Для анализа почв были определены следующие химические элементы: медь, марганец, свинец. Проведенный химический анализ почв по ключевым участкам исследуемого региона показал количественное превышение меди и свинца относительно их среднего содержания (табл. 1).

Отбор и анализ природных вод проводился в пределах бассейна р. Есиль по следующим показателям: сульфаты, хлориды, фосфаты, медь, цинк, свинец, марганец, молибден, никель, железо общее, азот нитритный, аммоний солевой. В табл. 2 представлены показатели, по содержанию которых выявлены превышения уровня ПДК.

Анализ данных содержания химических элементов в поверхностных водах (р. Есиль) в трех пунктах отбора проб показал превышение концентраций ПДК меди, железа общего, цинка, молибдена, марганца, никеля, сульфатов, азота нитритного, аммония солевого. Наибольшая кратность превышения ПДК наблюдается по аммоний солевому, азоту нитритному, марганцу, молибдену. Сравнительный анализ выявил, что содержание железа общего в водах р. Есиль в пределах СКО и Акмолинской области имеет количественные различия. В СКО содержание железа общего в воде р. Есиль по сравне-

нию Акмолинской областью превышает аналогичный показатель практически в 5 раз. По всем остальным анализируемым элементам кратность превышения ПДК в воде р. Есиль в пределах Акмолинской области выше, чем в СКО. На основе полученных результатов и территориального анализа содержания химических элементов в компонентах геосистем составлена карта-схема (рис. 2).

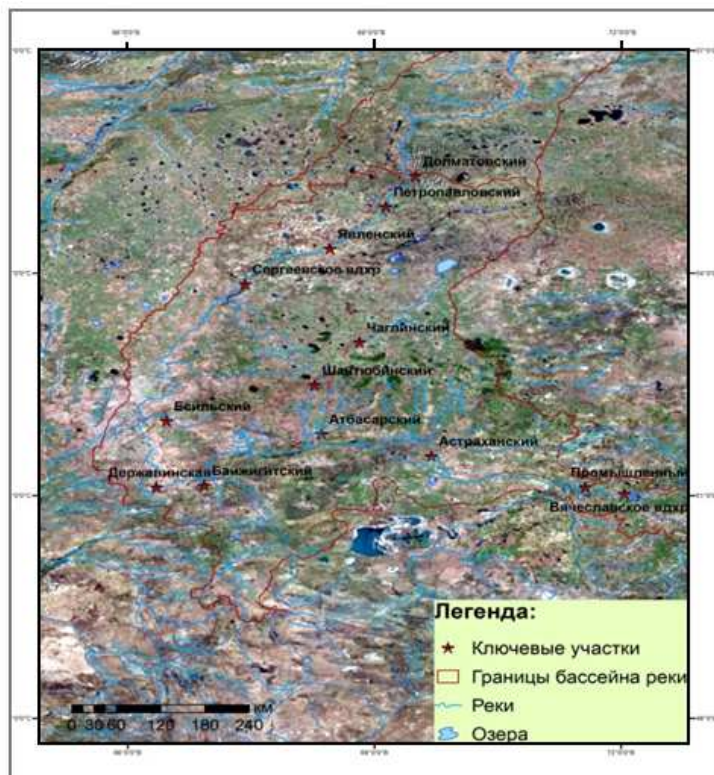


Рис. 1. Карта-схема ключевых участков бассейна реки Есиль.

Таблица 1

Содержание микроэлементов элементов в почве

Элемент	Среднее содержание МЭ в почвах*, мг/кг	СКО, мг/кг	% к среднему содержанию	Акмолинская область, мг/кг	% к среднему содержанию
Медь	20	42	210	22	110
Марганец	8500	775	9	122	1,4
Свинец	10	11,5	115	37	370

Примечание: \* среднее содержание МЭ в почвах дано по А.П. Виноградову [1].



Таблица 2

Содержание элементов и веществ в р. Есиль, превышающих ПДК,  
мг/дм<sup>3</sup>(2015 г.)

Ингредиент	Средняя концентрация	Кратность превышения ПДК
<b><i>р. Есиль (СКО)</i></b>		
Сульфаты	86,8	0,8
Железо общее	0,16	1,6
Медь	0,0027	2,7
Цинк	0,013	1,3
<b><i>р. Есиль (Акмолинская область)</i></b>		
Сульфаты	225,0	2,3
Медь	0,0039	3,9
Молибден	0,009	7,7
Марганец	0,048	4,8
<b><i>Вдхр. Астанинское (Акмолинская область)</i></b>		
Железо общее	0,035	0,3
Цинк	0,035	3,5
Молибден	0,002	1,7
Медь	0,004	4,0
Азот нитритный	0,22	11,0
Аммоний солевой	8,35	16,7

Геохимический фон изучаемой территории имеет пространственную неоднородность. На основе ландшафтно-геохимического анализа нами выделены зоны высокого, повышенного и относительно нормального геохимического фона. К зонам высокого геохимического фона относятся ядра современного техногенеза – г. Астана, Петропавловск, Кокшетау, районы размещения месторождений полезных ископаемых, а также долина р. Есиль, геосистемы которой являются подчиненными по отношению к автономными ландшафтам Есиль-Ертыского и Есиль-Тобольского междуречий, где наблюдается привнес химических элементов с соседних природных комплексов. Зонами повышенного геохимического фона определены поверхностные воды (озера), подчиненные в ряду местоположений местных ландшафтно-геохимических систем, а также выделяемые в пределах исследуемого региона естественные геохимические аномалии, характеризующиеся избыточным или недостаточным содержанием химических элементов в компонентах геосистем, обусловленные особенностями геологического развития и строения, составом слагающих пород, формированием геохимических барьеров. Междуречья с содержанием химических элементов в пределах нормы отнесены к территориям с относительно нормальным геохимическим фоном.

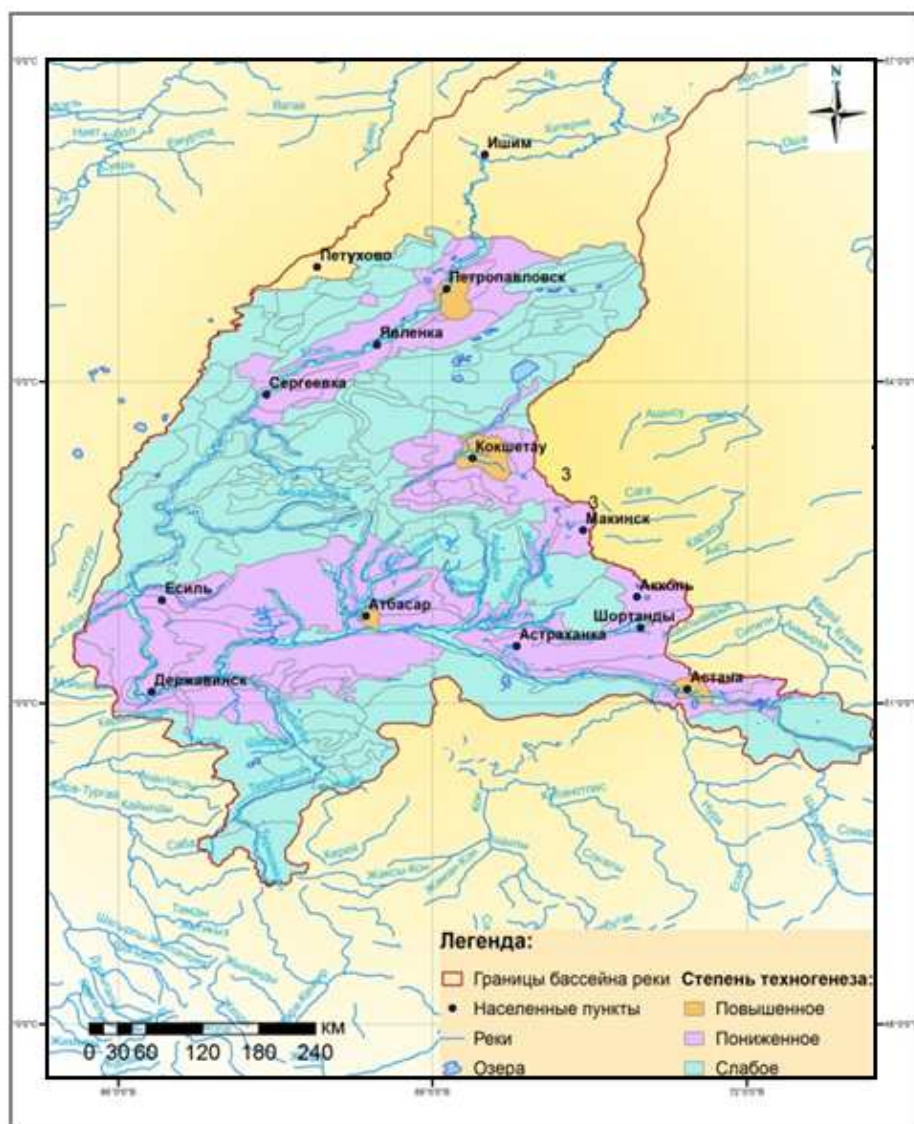


Рис. 2. Карта-схема техногенного воздействия на геосистемы бассейна реки Есиль.

**Заключение.** Распределение химических элементов в компонентах современных геосистем обусловлено не только геохимическими условиями прошлого, но и определяются геохимическими процессами и факторами, наблюдаемыми в настоящее время.

На территории бассейна реки Есиль выделяются 3 ландшафтно-геохимические зоны: высокого, повышенного и относительно нормального геохимического фона.

Высокое содержание в поверхностных водах, почве основных макро- и микроэлементов может служить риском развития ряда заболеваний у местного населения.

Изучение химического состава природных компонентов геосистем имеет важное практическое значение в разведке месторождений полезных ископаемых, в решении проблемы загрязнения окружающей среды, профилактике геохимически обусловленных заболеваний.

Геохимические условия и особенности геохимической обстановки территории бассейна реки Есиль требуют дальнейшего изучения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – №7. – С. 555-571.
2. Волков И.В. Ишимская степь (рельеф и покровные лессовидные отложения). – Новосибирск, 1965. – 77 с.
3. Гельдыева Г.В., Веселова Л.К. Ландшафты Казахстана. – Алма-Ата: Гылым, 1992. – 176 с.
4. Глазовская М.А. Методология и методика почвенных и ландшафтно-геохимических исследований. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 192 с.
5. Джаналеева К.М. Антропогенное ландшафтоведение. Уч. пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2001. – 164 с.
6. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2015 г. / Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан. – Астана, 2016. – 355 с.
7. Касимов Н.С. Геохимия степных и пустынных ландшафтов. – М.: МГУ, 1988. – 254 с.
8. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М.: Астрель, 2000. – 1999. – 768 с.
9. Национальный атлас Республики Казахстан. 3 том. – Алматы: 2006. – 123 с.

Поступила 24.07.2017

Геогр. ғылымд. докторы	Г.М. Джаналеева
	А.А. Жангужин
	Г.З.Мажитова
PhD	Ж.Г. Берденов
Геогр. ғылымд. канд.	Н.Б. Казангапова

## ЕСІЛ ӨЗЕНІ АЛАБЫ ГЕОЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ГЕОХИМИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

**Түйінді сөздер:** геожүйе, геохимия, алап, өзен, химикалық элементтер, техногенез

*Мақалада Есіл өзені алабы геожүйелерінің геохимикалық жағдайының ерекшеліктері қарастырылады. Авторлар өзен алабы геожүйелерінің негізгі компоненттерінің қазіргі және өткен геохимикалық құрылымын зерттейді. Адамның шаруашылық әрекеті нәтижесінде табиғи ортаның барлық компоненттерінде соның ішінде әсіресе топырақ жамылғысында әртүрлі ауытқулар пайда болады. Шаруашылық әрекеттің жағымсыз салдары геожүйелердің жағдайына кері әсерлерің тигізуде.*

Dzhanaleeva G.M., Zhanguzhin A.A., Mazhitova G.Z., Berdenov Zh.G.,  
Kazangapova N.B.

## FEATURES OF GEOCHEMICAL CONDITIONS OF GEOSYSTEMS OF THE ESIL RIVER BASIN

**Keywords:** geosystem, geochemistry, pool, river, chemical elements, technogenesis

*The article describes features of geochemical conditions of geosystems of the river Yesil basin. The authors study the modern and past chemical composition of the main components of the geosystems of the river basin. As a result of human economic activity, changes occur in all components of the natural environment, especially in the soil cover. The unfavorable consequences of anthropogenic impact have a negative impact on the state of the geosystems in the river Yesil basin.*