

УДК 911.52+504.54.062+504.54.05

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ
ГЕОХИМИЧЕСКИ СОПРЯЖЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ РЕГИОНА
(на примере Республики Татарстан)**

О.П. Ермолаев

Аннотация

В статье излагается методика и результаты ландшафтно-геохимического картографирования региона востока Русской равнины. Создана векторная карта геохимически сопряженных ландшафтов территории Республики Татарстан, позволяющая оценить соотношение ландшафтов по условиям миграции вещества на склонах, сброса и накопления загрязнителей.

Ключевые слова: геохимические ландшафты, картографирование, поверхностный склоновый сток, природно-антропогенные ландшафты.

Введение

Картографирование геохимических ландшафтов представляет для экологов особый интерес, поскольку именно на этих модификациях ландшафтных карт находят отражение группы элементарных ландшафтов, связанных латеральными направленными миграционными потоками. В результате формируется так называемая ландшафтно-геохимическая катена или, по определению М.А. Глазовской [1], каскадная ландшафтно-геохимическая система (КЛГС), где каждый элемент ландшафта – это звено или блок общей системы. Характерное для каждого геохимического ландшафта закономерное сочетание элементарных ландшафтов называется его геохимическим сопряжением и определяет присущий геохимическому ландшафту тип обмена веществ, энергии и информации. Элементарные ландшафты, образующие начальные звенья катены, относительно автономны в геохимическом плане, поскольку внешние миграционные потоки поступают лишь из атмосферы (это характерно для элювиальных ландшафтов). Элементарные ландшафты склонов и депрессий геохимически сопряжены, так как вследствие направленной миграции вещество в них привносится или же проходит транзитом из вышерасположенных звеньев КЛГС.

Региональное картографирование геохимически сопряженных ландшафтов для территории России проведено лишь выборочно. Известны мелкомасштабная карта геохимических ландшафтов СССР, выполненная под руководством А.И. Перельмана [2], карта геохимических ландшафтов степной и лесостепной полосы Южного Урала, подготовленная М.А. Глазовской с сотрудниками [3]; разработаны подходы для составления схематических ландшафтно-геохимических карт суши камеральным путем В.А. Алексеенко [4] и некоторые другие.

Учитывая слабое территориальное покрытие России подобного рода тематическими картами, нами для условий низменных и возвышенных природно-антропогенных ландшафтов востока Русской равнины, относящихся к подзоне смешанных, широколиственных лесов и типичной лесостепи (в пределах Республики Татарстан), проведено ландшафтно-геохимическое картографирование регионального уровня генерализации (1:200 000) с созданием геопространственной базы данных. Потребность в такого рода исследованиях обусловлена тем, что карты геохимически сопряженных ландшафтов являются ценным материалом для решения прикладных задач в области охраны окружающей среды. В частности, они позволяют типизировать местности по условиям сброса-накопления различных веществ, определять причины повышенного геохимического фона тех или иных элементов геокомплексов. Кроме того, с помощью этих карт можно рассчитать ёмкость приёмников вмещающих загрязнители окружающей среды, спрогнозировать геохимическое состояние ландшафта, произвести экстраполяцию данных на идентичные геокомплексы неисследованных территорий, а также выполнить качественную и полуколичественную оценку вероятной интенсивности процессов самоочищения на основе физико-географических параметров.

1. Методика картографирования

При разработке легенды ландшафтно-геохимической карты нами использовались подходы Б.Б. Польшова [5] и М.А. Глазовской [1, 6]. Районы со стоком, где водоразделы, склоны, долины, водоемы образуют тесно связанные части одного целого, Б.Б. Польшов назвал геохимическим ландшафтом. Геохимический ландшафт – это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов.

Классификация Б.Б. Польшова, в соответствии с которой все ландшафты суши делятся по условиям миграции химических элементов на три группы: элювиальные, супераккумулятивные и субаккумулятивные, применима в основном при мелкомасштабном картографировании. Поэтому нами использовались в основном подходы М.А. Глазовской и ее базовые понятия об элементарной ландшафтно-геохимической системе (ЭЛГС) и каскадной ландшафтно-геохимической катене.

На карте геохимической сопряженности ландшафтов требовалось отразить процесс перемещения вещества в ходе его механической миграции с поверхностным стоком на склонах речных бассейнов, являющихся наилучшими представителями анизотропного класса векторных структур геосистем, то есть, выделить области и пути горизонтальной геохимической миграции вещества. При этом мы исходили из того, что основными факторами, обуславливающими горизонтальную геохимическую сопряженность ландшафтов в условиях высокой земледельческой освоенности региона, являются пространственные закономерности трансформации поверхностного склонового стока в бассейновых геосистемах [7].

Разработка легенды и картографирование базировались на следующих основных положениях: 1) поверхностный сток на продольных (главных) водоразделах практически отсутствует; 2) в направлении от верхней к нижней части распаханного склона бассейнов происходит концентрация стока; 3) в этом же направлении наблюдается трансформация механизма (видов) стока; 4) формы

флювиального рельефа склонов надежно фиксируют все происходящие изменения в видах стока; 5) идентификация этих качественных изменений позволяет установить особый тип пространственной организации флювиальных форм, представленный «поясами эрозии»; 6) каждый пояс эрозии создается вполне определенным набором склоновых эрозионных процессов, различной интенсивности и направленности [8].

Предлагаемый подход назван нами структурно-типологическим, поскольку базируется на анализе плановой структуры временных нерусловых и временных русловых [9] потоков и выделении типов склонов на водосборах с преобладанием того или иного вида эрозии, пространственно детерминированных в форме эрозионных геокомплексов. Вне зависимости от типа поперечного профиля на склонах присутствуют все формы поверхностного стока, фиксирующиеся через морфологию флювиальных форм рельефа. Именно этот признак позволяет надежно идентифицировать на склонах бассейнов рубежи, где происходит качественная трансформация стока. При высокой сельскохозяйственной освоенности лесных и лесостепных ландшафтов речных бассейнов эти рубежи образуют парагенетические эрозионно-аккумулятивные комплексы, хронологически представленные поясами эрозии. Каждый пояс обладает присущим только ему набором типических признаков, главными из которых является характерный набор форм эрозионного рельефа. Закономерное изменение видов эрозии от водораздела к подножию склонов определяет спектр поясов. В каждом последующем поясе возникает новый вид эрозии, выступающий в качестве диагностического признака данного пояса. Анализ этой структуры на распаханых склонах речных бассейнов позволил установить спектр, включающий следующие эрозионные пояса: 1) капельно-дождевой деструкции; 2) микроручейковой; 3) струйчатой; 4) овражной; 5) преобладающей аккумуляции; 6) ареалы отсутствия эрозии. Их совокупность формирует структуру бассейновой эрозии, которая является одним из эмерджентных свойств бассейновой геосистемы, обусловленных земледельческой деятельностью человека.

В соответствии с данными закономерностями на карте геохимической сопряженности были идентифицированы области, характеризующиеся индивидуальными особенностями горизонтальной геохимической миграции вещества: элювиальные, трансэлювиальные, транзитные, транзитно-аккумулятивные, аккумулятивные, супераквальные и субаквальные. Каждая из них соответствует ЭЛГС, занимая определенное положение на элементе рельефа и характеризуясь вполне определенным типом окислительно-восстановительных реакций. Созданная на основе такой легенды карта на территорию Республики Татарстан (РТ) и ее фрагмент приведены на рис. 1, 2.

Элювиальные ландшафты формируются на повышенных элементах рельефа и соответствуют водораздельным местоположениям (типам местностей) в пределах пояса капельно-дождевой деструкции и микроручейковой эрозии (частично). Глубокое залегание уровня грунтовых вод не оказывает влияния на почвы и растительность. В элювиальный ландшафт вещества поступают извне лишь из атмосферы, боковой приток на продольных водоразделах с поверхностными и грунтовыми водами отсутствует. Расход материала может происходить как путем твердого и жидкого стока по склонам, примыкающим к водоразделу,

так и путем выноса растворенных веществ вертикальным нисходящим током. Преобладающее действие вертикальных нисходящих токов растворов влечет за собой перенос растворенных веществ на ту или иную глубину. Растительность элювиальных ландшафтов активно противостоит выносу ряда минеральных элементов. В пространстве эти ландшафты представлены дискретными образованиями по своей форме повторяющимися типами водоразделов.

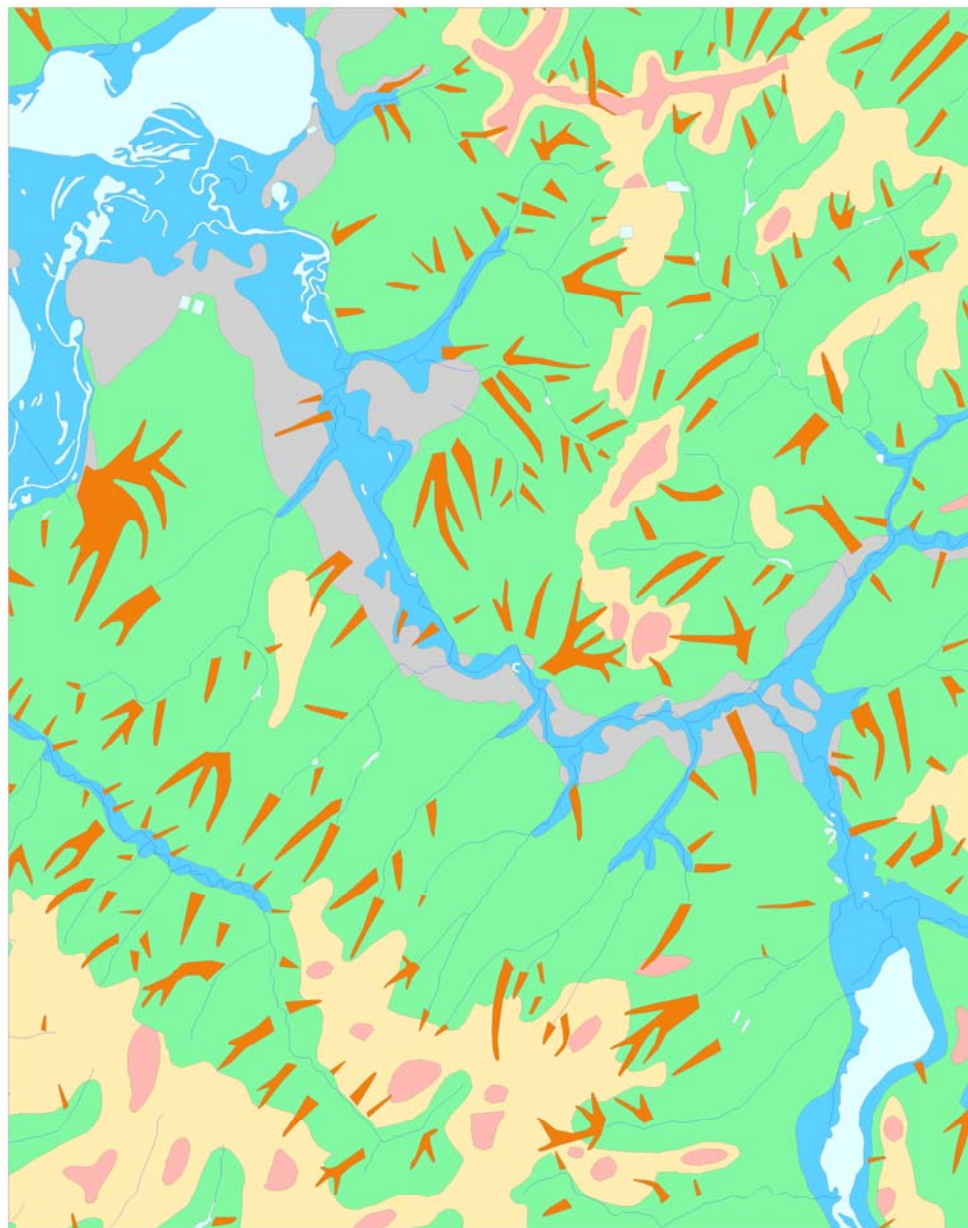
Приводораздельные пространства и верхние части склонов в пределах пояса микроручейковой эрозии заняты *транселювиальными ландшафтами*. Для них характерен привнос элементов не только из атмосферы, но и с боковым твердым и жидким стоком. Унос элементов совершается не только в вертикальном направлении, но и вдоль склона в связи с перемещением материала через микроручейковый (плоскостной) сток и дефлюкцию. Здесь остается маломощный элювиально-делювиально-дефлюкционный материал, в котором сохраняются лишь наименее подвижные в данных биоклиматических условиях продукты выветривания и почвообразования. Они распространены на склонах повсеместно.

Средние, нижние части склонов, днища открытых сухих ложков, а также склоны террас крупных рек в пределах пояса струйчатой эрозии – это область не только выноса, но и частичной аккумуляции как продуктов жидкого, так и твердого стока. Эти участки отнесены нами к рангу *транзитно-аккумулятивных ЭЛГС*. На склонах имеют сплошное распространение.

Транзитные ландшафты формируются на участках склонов. В рельефе им соответствуют овражно-балочные урочища. Химические элементы на данных участках не задерживаются и транзитом проходят в другие, ниже расположенные ЭЛГС. Форма этих ландшафтов соподчинена склоновым эрозионным формам, созданным временными водотоками. Поэтому данные ландшафты имеют дискретный характер развития.

Аккумулятивные ландшафты формируются в условиях понижения уровня грунтовых вод и постепенного отрыва верхних почвенных горизонтов, а затем и большей части почвенной толщи от грунтовых вод. Это обычные ландшафты долинных комплексов, к которым относятся комплексы надпойменных террас и высоких пойм. Представительность таких ландшафтов определяется порядком водотока.

Субаквальные (подводные) ландшафты тесно генетически связаны с элювиальными ландшафтами. Субаквальные ландшафты по комплексу условий миграции элементов совершенно противоположны элювиальным. Основным способом накопления материала в них является жидкий и твердый боковой сток. Донные почвы постоянно погребаются под новым наносом, представляющим материал, сносимый из соседних элювиальных ландшафтов. Вместе с водой в водоем поступают все новые и новые порции выносимых из элювиальных ландшафтов подвижных элементов. Именно эти элементы с наибольшей миграционной способностью накапливаются в почвах дна водоемов. В зависимости от степени проточности водоема, богатства организмами на дне его и в придонных слоях создаются или окислительные или восстановительные условия [1]. Последние существенно изменяют миграционную способность многих элементов. На карте к этим ландшафтам отнесены русла рек, озера, пруды, водохранилища.



Условные обозначения

- элювиальные элементарные ландшафты
- трансэлювиальные элементарные ландшафты
- транзитные элементарные ландшафты
- транзитно-аккумулятивные элементарные ландшафты
- аккумулятивные элементарные ландшафты
- супераккумулятивные элементарные ландшафты
- субаккумулятивные элементарные ландшафты

Рис. 1. Фрагмент карты геохимически сопряженных ландшафтов

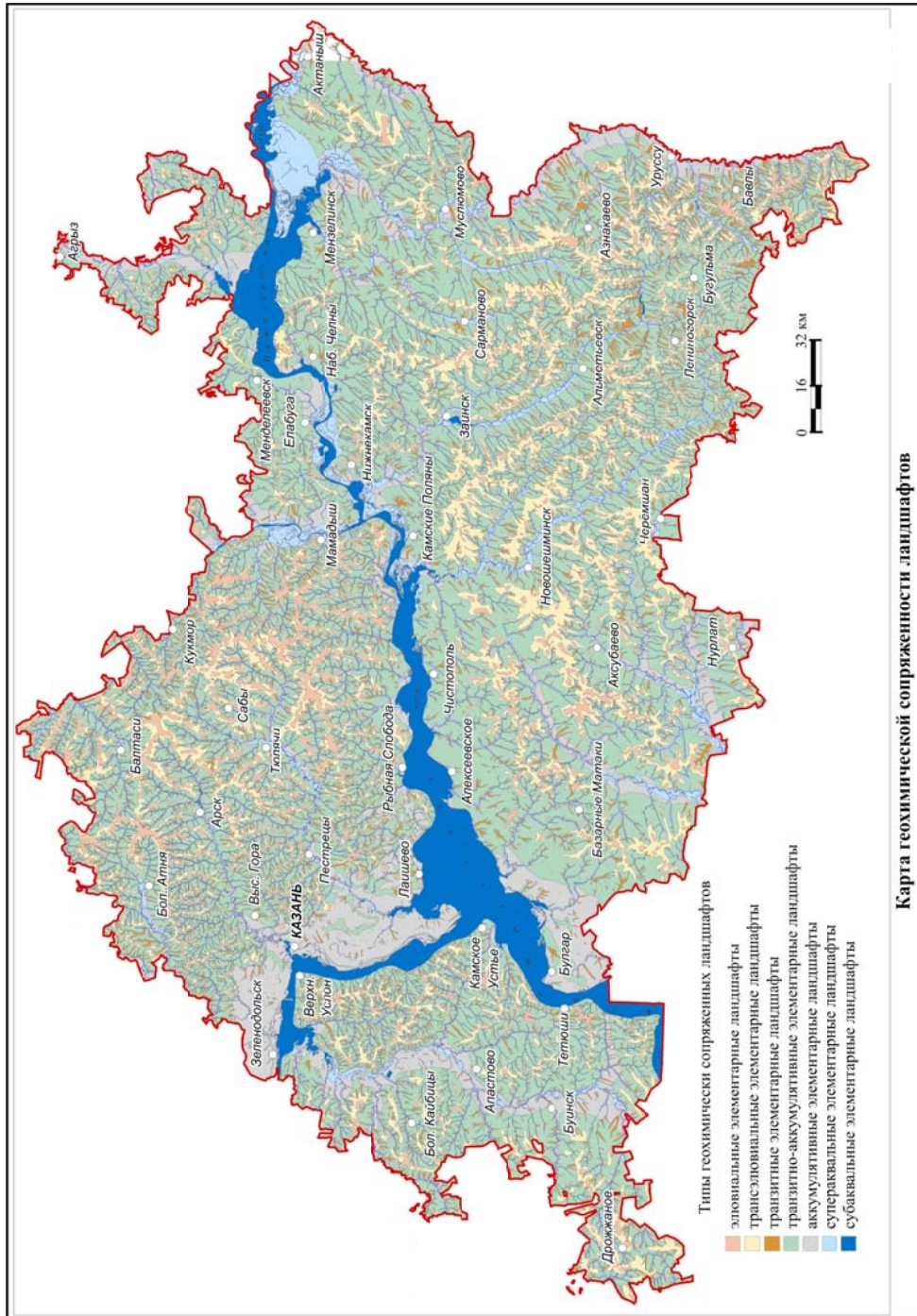


Рис. 2. Геохимически сопряженные ландшафты Республики Татарстан

Супераквальные (надводные) ландшафты формируются на пониженных элементах рельефа в условиях, где грунтовые воды подходят близко к поверхности и по капиллярам могут подниматься до корнеобитаемого слоя. Для них так же, как и для субаквальных ландшафтов, кроме поступления веществ из атмосферы характерен приток химических элементов с твердым и жидким стоком из соседних элювиальных ландшафтов. Поэтому в супераквальных ландшафтах химический состав наносов, почв, золы растений зависит не только от почвоподстилающих пород, но главным образом от химического состава грунтовых вод, формирующегося в областях стока за счет выноса ряда веществ из элювиальных ландшафтов. При внутрисочвенном испарении грунтовых вод растворенные в них вещества накапливаются в наносах, почвах, поглощаются растительностью и обуславливают специфические геохимические черты всего ландшафта. Избыток относительно подвижных элементов, «сбрасываемых» из элювиальных ландшафтов, сказывается и на облике почв, и на характере растительных сообществ. Таким образом, супераквальные ландшафты, подобно субаквальным, геохимически подчинены элювиальным ландшафтам водосборного бассейна. На карте данные ландшафты занимают пойменные местоположения и расположены в поясе преобладающей аккумуляции (рис. 1, 2).

2. Анализ

В соответствии с разработанной легендой была составлена векторная карта геохимической сопряженности ландшафтов регионального уровня генерализации (1:200 000). Всего было выделено 9062 типологических комплексов геохимически сопряженных ландшафтов. Средствами гис-технологий сформирована тематическая геопространственная база данных, подсчитано распределение данных ландшафтов по территории РТ (табл. 1) и в пределах ландшафтных районов.

Табл. 1

Структура геохимически сопряженных ландшафтов в РТ

Геохимические ландшафты	Площадь, %
Элювиальные элементарные ландшафты	4.1
Трансэлювиальные элементарные ландшафты	14.6
Транзитные элементарные ландшафты	6.9
Транзитно-аккумулятивные элементарные ландшафты	56.2
Аккумулятивные элементарные ландшафты	9.0
Супераквальные элементарные ландшафты	8.8
Субаквальные элементарные ландшафты	0.4

Общая доля *элювиальных* ландшафтов составляет в РТ 4.1%. Территориально они представлены дискретно. В элювиальных ландшафтах глубокое положение уровня грунтовых вод и активный водообмен обуславливают господство окислительной среды в почвах и коре выветривания. Поэтому здесь облегчается вынос тех элементов, которые дают более растворимые соединения при высоких степенях окисления (сера, мышьяк, молибден, ванадий и др.), и, наоборот, затруднен вынос элементов, окисленные соединения которых мало-

подвижны (железо, марганец и др.). Относительно большую площадь по сравнению с другими ландшафтными районами [10] элювиальные ЭЛГС занимают в Кукморском (12.3%), Илетско-Ашитском (10.4%), Шошма-Ашитском (8.1%) и Мамдыш-Сокольском (8.0%), районах. Можно предположить, что для данных участков существует опасность повышенного содержания малоподвижных в окисленном состоянии элементов. Минимальную площадь данные ландшафты занимают в Среднесвияжском (1.0%), Волго-Мешинском (0.1%), Агрызском (0.9%) и Западно-Казанском (0.8%) районах. В остальных районах доля элювиальных ландшафтов колеблется в пределах от 2 до 5%.

На долю *трансэлювиальных* элементарных ландшафтов приходится 14.6%. В них наблюдается активная миграция вещества, и поэтому опасность загрязнения для таких территорий невелика. В данных условиях будут сохраняться лишь наименее подвижные элементы. Наиболее значительные площади трансэлювиальные ландшафты занимают в Сульчинском (32.6%), Засвияжском (26.3%), Шешма-Сульчинском (21.9%), Нижнезаинском (22.5%), Альметьевском (22.2%), Кукморском и Илетско-Ашитском ландшафтном районах (по 23%); наименьшую – в Волго-Мешинском (0.03%) и Актай-Шенталинском (0.9%).

Овражные и балочные комплексы заняты *транзитными* ЭЛГС. На них приходится 6.9% территории. Они так же, как и элювиальные комплексы, формируются в географическом пространстве дискретно. Химические элементы на данных участках не задерживаются и транзитом проходят в другие ЭЛГС, чаще всего в супер- и субаквальные. Таким образом, чем большую площадь на данной территории они будут составлять, тем меньше будет вероятность загрязнения склоновых ландшафтов и тем выше загрязнение супер- и субаквальных ландшафтов. Больше всего таких ландшафтов приходится на территорию Волго-Свияжского (10.0%), Альметьевского (10.3%), Бугульминского (13.0%) Мамдыш-Сокольского (9.4%) ландшафтных районов, а меньше всего – Волго-Мешинского (2.5%) и Западно-Казанского (2%) районов.

Транзитно-аккумулятивные ЭЛГС распространены континуально повсеместно на больших площадях. В них частично накапливаются выносимые из автономных элювиальных и трансэлювиальных ландшафтов те или иные подвижные в данных биоклиматических условиях химические элементы и их соединения. Общая доля этих ландшафтов самая высокая и составляет 56.2%. Наибольшую площадь они занимают в Актай-Шенталинском (76.5%), Мензелинском (77.7%) и Бахта-Билярском (73.1%) районах, а наименьшую – в Волго-Мешинском, Западно-Казанском и Болгарском районах (не более 20%), где доминируют аккумулятивные элементарные ландшафты.

Аккумулятивные и супераквальные элементарные ландшафты являются наиболее «опасными» с точки зрения геохимического загрязнения. Миграции веществ здесь практически не происходит, зато кроме поступления их из атмосферы для этих ЭЛГС характерен приток из вышерасположенных по рельефу ландшафтов. Общая площадь аккумулятивных ландшафтов составляет 9.0% территории республики. Поскольку аккумулятивные ландшафты занимают высокие поймы и надпойменные террасы, их максимальное развитие приурочено к долинным комплексам рек Волги, Камы, Вятки, Свияги, Черемшана, Сульчи, Ика, Зая, Казанки и др. Минимальное распространение (менее 2%) они получи-

ли в Кукморском, Сульчинском, Мензелинском и Засвияжском ландшафтных районах.

Субаквальные ландшафты занимают всего 0.4% территории. Максимальную площадь они занимают в Волго-Мешинском (12.9%) ландшафтном районе.

Специфика формирования геохимических ЭЛГС кратко может быть охарактеризована по ландшафтным зонам РТ. Так, бореальная ландшафтная зона, входящая в пределы Татарстана с севера в Предкамье, представлена подтаежной ландшафтной подзоной, сформированной на дерново-подзолистых, дерново-карбонатных, светло-серых и серых лесных и аллювиальных почвах. В этой зоне преобладают геохимические процессы выщелачивания кислым типом миграции элементов; потенциал самоочищения почв от органических веществ низкий. Кислая реакция развитых здесь почв способствует разложению и выщелачиванию минеральной части почв и тяжелых металлов, и поэтому потенциал самоочищения ландшафтов от загрязнения минеральными веществами высокий. В результате большого заселения и хозяйственной деятельности лесов осталось мало, причем преобладают не хвойные, а вторичные лиственные формации.

Суббореальная северная семигумидная ландшафтная зона республики представлена двумя подзонами: широколиственной и южной лесостепной. В широколиственной степной подзоне в серых и темно-серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах, аллювиальных дерново-насыщенных почвах преобладают процессы выщелачивания с преимущественно кислым, реже кальциевым типом миграции. Потенциалы самоочищения почв от органических и минеральных веществ примерно равны.

Типичная южная лесостепная ландшафтная подзона, формирующаяся на черноземах, аллювиальных дерново-насыщенных и темно-серых лесных почвах, занимает треть территории республики. Она включает ландшафты с переходным типом геохимической миграции, где выщелачивание сочетается с локальными процессами континентального засоления. Хорошо выражена вертикальная направленность миграции. Преобладающие типы миграции – кальциевый, натриевый и сульфатный. Потенциал самоочищения почв от минеральных веществ низкий, от органических – высокий. Интенсивность геохимической миграции в целом не высокая. Вследствие меньшего увлажнения процесс оподзоливания здесь протекает слабо. Лесной покров очень не равномерный. Все удобные к освоению земли распаханы.

Трансзональные ландшафты развиты в Волжской и Камской речных долинах, пересекающих несколько подзон. Они находятся под подавляющим влиянием поверхностных и грунтовых вод и относятся к гидроморфному ряду. В них преобладают процессы выщелачивания и транзитной миграции вещества. Создание Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в корне изменило естественные ландшафты на площади более 500 тыс. га. Уменьшение скорости течения ведет к накоплению загрязняющих веществ. Аккумулятором и индикатором загрязнения являются водохранилища и болота.

Заключение

На основе анализа пространственных закономерностей поверхностного склонового стока в условиях природно-антропогенных ландшафтов востока

Русской равнины, приводящего к формированию поясной анизотропной структуры транспортировки вещества и энергии на склонах речных бассейнов, была разработана легенда и составлена карта геохимически сопряженных ландшафтов регионального уровня генерализации для субъекта РФ. Полученная карта ландшафтно-геохимического сопряжения природных комплексов может служить основой для составления целого ряда производных оценочных карт: природной способности ландшафта к самоочищению; потенциальной устойчивости и остаточной емкости природных комплексов к проектируемым нагрузкам.

Summary

O.P. Yermolaev. Mapping of the Geochemically Interfaced Landscapes of a Region (on the example of Tatarstan Republic).

The article addresses the technique and results of the landscape-geochemical mapping of the east of Russian plain region. A vector map of the geochemically interfaced landscapes of the Tatarstan Republic territory is created, which allows estimating the landscapes' ratio basing on the conditions of substances migration on slopes, as well as on dump and accumulation of contaminants.

Key words: geochemical landscapes, mapping, superficial overland flow, natural-anthropogenic landscapes.

Литература

1. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высш. шк., 1988. – 327 с.
2. Перельман А.Н., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М.: Астрель, 2000. – 786 с.
3. Глазовская М.А., Макунина А.А., Павленко И.А., Божко М.Г., Гаврилов И.П. Геохимия ландшафтов и поиски полезных ископаемых на Южном Урале. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1961. – 183 с.
4. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. – 614 с.
5. Польшов Б.Б. Геохимические ландшафты // Избранные труды. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 496–501.
6. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. – 230 с.
7. Ермолаев О.П. Пояса эрозии в природно-антропогенных ландшафтах речных бассейнов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1992. – 150 с.
8. Ермолаев О.П. Эрозия в бассейновых геосистемах. – Казань: Унипресс, 2002. – 264 с.
9. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 346 с.
10. Ермолаев О.П., Игонин М. Е., Павлова С.В., Бубнов А.Ю. Ландшафты Республики Татарстан. / Под ред. проф. О.П. Ермолаева. – Казань: Слово, 2007. – 450 с.

Поступила в редакцию
05.06.09

Ермолаев Олег Петрович – доктор географических наук, профессор кафедры ландшафтной экологии Казанского государственного университета.

E-mail: Oleg.Yermolaev@ksu.ru