

К ПОСТАНОВКЕ И РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ СЕЙСМОРАЙОНИРОВАНИЯ*

Ю. А. ВОРОНИН

Вычислительный центр СО РАН, Новосибирск, Россия

Е. Н. ЧЕРЕМИСИНА

ВНИИгеосистем, Москва, Россия

А. Ю. ВОРОНИН

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

Разработаны исходные представления о постановке и решении задач сейсморайонирования. Показано, что основные трудности связаны с построением "широкого, богатого и простого" класса алгоритмов сейсморайонирования, а также с построением "объективных" способов установления предпочтения или безразличия между двумя полученными сейсморайонизациями. Предложен один из возможных подходов к построению упомянутого класса алгоритмов районирования.

1. В последние годы у нас в стране и за рубежом интенсивно проводятся исследования по природным катастрофам [1], в частности землетрясениям [2] и в первую очередь по сейсморайонированию [3]. В настоящее время для любых территорий имеется несколько сейсморайонизаций. Не представляет труда создать еще одну конкурентоспособную, с помощью или без помощи геоинформационных систем. Однако пока не имеется возможности объективно сравнивать по эффективности конкурирующие сейсморайонизации. Вследствие этого не удастся поставить и решить задачу сейсморайонирования территорий. Ниже предпринята попытка уточнить некоторые представления о постановке и решении такой задачи.

2. Необходимо сразу же отметить специфику нашего подхода к сейсморайонированию.

Мы считаем, что сейсмологические исследования на территории R сводятся в основном к следующему:

- к организации и проведению полевых исследований внутри территории R ;
- к районированию территории R , в результате которого в ней выделяются районы ΔR_i ;
- к организации и проведению полевых исследований внутри районов ΔR_i ;
- к описанию районов ΔR_i , к приписыванию им символов описаний (ΔR_i);
- к разделению районов ΔR_i , положим, на два класса: сейсмоактивные ΔR_k^+ и сеймопассивные ΔR_ℓ^- в некотором фиксированном смысле.

В результате сейсмологических исследований территорий R мы получаем ее сейсморайонизацию — представление территории R в виде системы сейсмоактивных и сеймопассивных районов ΔR_k^+ и ΔR_ℓ^- .

*© Ю. А. Воронин, Е. Н. Черемисина, А. Ю. Воронин, 1996.

Мы предполагаем, что сейсморайонизации территорий R в зависимости от способа их получения (с учетом его объективности и воспроизводимости) следует делить на рациональные и нерациональные [4]. При этом имеет смысл говорить об эффективности сейсморайонизации территории R только тогда, когда она является рациональной.

Фиксацию представлений о рациональных сейсморайонизациях территории R , которая может быть реализована различными способами, мы считаем первой проблемой сейсморайонирования.

Оценку эффективности сейсморайонизации территории R , заданной в момент времени T , мы можем строить на момент времени $T + m'\Delta T$, считая, что для интервала времени $(T, T + m'\Delta T)$ фиксированы представления об опасных землетрясениях (это с учетом природных и социальных условий можно сделать различными способами) и что в этом интервале времени зарегистрированы все опасные землетрясения. Получение такой оценки эффективности, которую условимся называть прямой, мы считаем второй проблемой сейсморайонирования.

Оценку эффективности сейсморайонизации территории R , заданной в момент времени T , можно строить на тот же момент времени T . Получение такой оценки эффективности, которую условимся называть косвенной, мы считаем третьей проблемой сейсморайонирования.

Предполагается, что:

возможны разные прямые оценки эффективности сейсморайонизации R ;

если не зафиксирована прямая оценка эффективности сейсморайонизации R , то не имеет смысла говорить о косвенной оценке эффективности;

при фиксированной прямой оценке эффективности сейсморайонизации R возможны разные косвенные оценки эффективности;

прежде чем выбирать прямую и косвенную оценки эффективности сейсморайонизации R , необходимо указать, в каких целях, как и кто будет использовать эту территорию R .

3. Отметим, что ниже содержатся лишь первые разработки по упомянутым выше проблемам сейсморайонирования, опирающиеся на представления о геологическом пространстве, классифицировании и районировании в нем, о постановке и решении задач в геологии, которые изложены, например, в [5, 6].

4. В связи с первой проблемой сейсморайонирования, необходимо прежде всего уточнить исходные представления о районировании.

Под районированием условимся понимать представление фиксированного "сложного и большого" пространственного объекта G , заданного как система "элементарных и малых" пространственных объектов δG_i , которым сопоставлены символы их описаний (δG_i), в виде системы "простых и средних" пространственных объектов ΔG_α , которым сопоставлены символы их описаний (ΔG_α), в целях эффективного изучения, охраны или использования объекта G , с учетом заранее заданного Θ — критерия качества такого представления объекта G и с учетом Ξ — затрат на это представление. Важно, рациональны ли способы фиксации G , задания δG_i , их описания (δG_i), задания ΔG_α , их описания (ΔG_α), задания Θ и Ξ .

Если "наиболее надежная" оценка эффективности районирования не требует специальных полевых наблюдений, то такое районирование мы называем "организующим" (например, тектонорайонирование). Если же эта оценка требует таких наблюдений, то в случае "возможной краткосрочности" этих наблюдений мы говорим о "распознавательском" районировании (например, нефтерайонирование), а в случае "обязательной долгосрочности" этих наблюдений мы говорим о "прогнозном" районировании (например, сейсморайонирование). Если

в качестве δG_i выступают точки наблюдения внутри объекта G , то такую “предшествующую” районизацию объекта G будем называть “нулевой”.

Представление объекта G в виде системы объектов ΔG_α , которым сопоставлены символы их описаний (ΔG_α), удобно называть “последующей” районизацией объекта G .

Районирование “сложного и большого” пространственного объекта G суть переход от его “предшествующей” районизации к его “последующей” районизации. При этом следует учитывать, что любая “последующая” районизация объекта G может быть принята за “предшествующую” районизацию объекта G . В связи с этим может иметь место “многошаговое” или “иерархическое” районирование. В таком случае можно говорить об “исходной” и “конечной” районизациях объекта G .

В общем плане районизация — это система одних пространственных объектов, составляющих другой пространственный объект, где каждому из первых объектов и их системе сопоставлены символы их описания, а районирование — переход от одной заданной районизации пространственного объекта к его другой районизации.

В нулевом приближении под содержательной постановкой задачи районирования объекта G условимся понимать :

1) описание целей, для достижения которых проводится районирование объекта G и описание предполагаемых способов их достижения;

2) описание способа, позволяющего установить отношение предпочтения или безразличия между двумя любыми “конечными” районизациями объекта G в смысле возможностей достижения фиксированных целей фиксированными способами;

3) описание необходимых требований, которым должны удовлетворять все “предшествующие” районизации объекта G и способы их получения, а также способы получения всех “последующих” районизаций объекта G ;

4) задание “исходной” районизации объекта G и фиксацию затрат, связанных с этим заданием.

Содержательную постановку задачи районирования объекта G мы рассматриваем как главный этап, предопределяющий все последующее, который должен быть четко выделен и обязательно выполнен. Этот этап не имеет прямого отношения к математике и ЭВМ, но именно он фиксирует наши представления об условиях, при которых можно начинать районирование, как, в принципе, его можно проводить и как заканчивать.

Под математической постановкой задачи районирования объекта G можно понимать: задание класса алгоритмов районирования, каждый алгоритм из которого связан со способом получения последующей районизации объекта G из его предшествующей районизации;

фиксацию критерия оценки качества последующих районизаций объекта G , порождаемых алгоритмами районирования из заданного класса, который согласован со способом установления отношения предпочтения или безразличия между двумя любыми конечными районизациями объекта G и который позволяет избежать полного перебора при отыскании нужного алгоритма районирования.

Можно считать, что при использовании математики и ЭВМ в районировании все или почти все предопределено математической постановкой задачи.

Математическая постановка задачи районирования (“кувшин”) есть следствие “сeducтивного” вывода из содержательной постановки задачи (“глина”). Ее необходимо рассматривать как самостоятельный и основной методолого-теоретический результат исследований, который должен быть обязательно явно фиксирован. Заметим, что этот результат всегда может быть подвергнут сомнению.

По нашему мнению, задачи сейсморайонирования относятся к классу задач, трудных в постановке и решении. По этой причине в конкретных ситуациях всегда следует иметь в виду, как минимум, две конкурирующие математические постановки задачи районирования.

Как представляется, необходимо различать разрешение задачи районирования объекта G и ее "решение".

Под разрешением задачи районирования объекта G условимся понимать:

описание какого-либо одного способа получения одной конкретной "последующей" районизации объекта G из его заданной конкретной "предшествующей" районизации;

описание самой конкретной "последующей" районизации объекта G , порожденной этим способом.

Под решением же задачи районирования объекта G следует понимать:

а) описание какого-либо способа, позволяющего выбирать, минуя полный перебор, из заранее заданного класса алгоритмов районирования такой, который порождает из заданной конкретной предыдущей районизации объекта G его конкретную последующую, отвечающую максимальному значению фиксированного критерия оценки качества этих районизаций (или отвечающую такому значению этого критерия, которое больше заранее заданного);

б) реализацию выбранного алгоритма районирования и описание самой конкретной последующей районизации объекта G , порожденной этим алгоритмом.

"Разрешение" задач районирования отвечает "инструктивному" способу мышления, а решение задач районирования отвечает "задачному" стилю мышления [7–9].

В настоящее время вся практика сейсморайонирования связана с инструктивным стилем мышления, причем всегда описание способа получения последующей районизации объекта G из его предыдущей районизации неоднозначно и остается простор для "изобретения своих деталей".

Разумеется, разрешение задачи районирования объекта G может быть связано с использованием математических представлений и конструкций любой сложности [10, 11].

Как можно полагать, эффективное применение математики и ЭВМ в районировании возможно только посредством постановки и решения задач районирования [12]. С формальных позиций главные трудности решения задач районирования объекта G связаны с тем, что пока отсутствуют способы задания такого класса алгоритмов районирования объекта G , который был бы:

"почти не ограничен по формальной области применимости" (включал бы в себя алгоритмы, формально применимые при почти любой предшествующей районизации объекта G);

"почти полным" (включал бы в себя алгоритмы, позволяющие, хотя бы приблизительно, получить при заданной предшествующей районизации почти любую последующую районизацию объекта G);

"почти прозрачным" (все входящие в него процедуры допускали бы краткое, понятное и достаточно простое описание).

Можно считать, что задание такого класса алгоритмов районирования и составляет сейчас математическое существо первой проблемы сейсморайонирования, о которой речь шла в п. 2.

5. Известные сейчас способы получения одной последующей районизации объекта G из его заданной предшествующей районизации имеют более или менее четкое описание

только на тот случай, когда заданная предшествующая районизация объекта G является нулевой.

Для того, чтобы разобраться в этих способах, предположим, что речь идет о районировании отрезка прямой, в точках которой x_i , расположенных через равные интервалы Δx , заданы векторы значений многих свойств F_i , отвечающих любым шкалам измерений. В этом случае известные способы районирования могут быть разделены на два типа: с переописанием, связанные с предварительным преобразованием совокупности многих свойств F в некоторую другую совокупность многих свойств Φ (в частности, за счет решения так называемых обратных задач [13–15]), и без переописания, не связанные с таким преобразованием.

Ясно, что способы районирования с переописанием, наиболее модные и сверхматематизированные, на первых порах надо отбросить.

Известные способы районирования могут быть разделены на два подтипа: опосредованные, связанные с предварительным разделением векторов значений многих свойств F_i на классы, и непосредственные, не связанные с таким разделением.

Разумеется, на первых порах опосредованные способы районирования, ориентированные прежде всего на “тривиализацию” районирования (каждому F_i ставится в соответствие номер n_i), можно тоже оставить в стороне.

Известные способы районирования можно разделить с учетом их базиса на следующие классы:

бинарные, опирающиеся на условия принадлежности двух соседних точек x_i и x_{i+1} , которым отвечают векторы значений свойств F_i и F_{i+1} , к одному району;

триарные, опирающиеся на условия, при которых точка x_i (ей отвечает вектор значений свойств F_i) с учетом двух соседних точек x_{i-1} и x_{i+1} (векторы значений свойств F_{i-1} и F_{i+1}) оказывается граничной.

Как можно предположить [5], первоочередной интерес имеют сейчас бинарные способы районирования. Существенно, что все способы районирования так или иначе опираются на представления о сходстве и различии двух соседних точек x_i и x_{i+1} по векторам значений свойств F_i и F_{i+1} . Если они сходны, то относятся к одному району, если различны, то к разным.

6. На основании сказанного выше можно утверждать, что действительное разрешение первой проблемы сейсморайонирования (см. п. 2) невозможно без предварительной разработки представлений о соседстве и сходстве между “элементарными и малыми” объектами δG_i , которым сопоставлены символы их описаний (δG_i). Для частного случая, о котором шла речь в п. 5, эти представления нами уже разработаны [6]. В этом случае нужный класс алгоритмов районирования может быть задан так: если $\wedge(F_i, F_{i+1}, \Omega) \geq \wedge_o$, то x_i и x_j принадлежат одному району, где $\wedge(F_i, F_{i+1}, \Omega)$ — “широкий”, “богатый” и “простой” класс мер сходства, явно полученный в [6]. Однако и в этой ситуации, как будет видно из последующего, главные трудности еще впереди.

7. Обратимся теперь ко второй проблеме сейсморайонирования, о которой шла речь в п. 2. Ее разрешение связано прежде всего с введением показателей качества сейсморайонизации территории R , уже полученной к моменту времени T , на основании данных наблюдений за опасными землетрясениями в интервале времени $(T, T + m'\Delta T)$. На основе этих показателей можно пытаться построить прямую оценку эффективности сейсморайонизации территории R . Пусть рассматривается сейсморайонизация территории R , то есть система сейсмоактивных и сейсмопассивных районов ΔR_k^+ и ΔR_ℓ^- . На основании данных наблюдений, о которых речь шла выше, на момент времени $T + m'\Delta T$ можно выяснить,

какие районы ΔR_k^+ , которые были на момент времени T объявлены сейсмоопасными, таковыми не оказались, и какие районы ΔR_k^- , объявленные на момент времени T сеймопассивными, таковыми не оказались.

Пусть площадь первых районов $S(+, -)$, площадь вторых районов — $S(-, +)$, а площади всех районов ΔR_k^+ и ΔR_k^- соответственно $S(+)$ и $S(-)$. Тогда интересующие нас показатели можно определить, например, так:

$$S_1 \equiv \frac{S(+, -)}{S(+)} \quad \text{и} \quad S_2 \equiv \frac{S(-, +)}{S(-)}.$$

Легко видеть, что попытки построить прямую оценку эффективности заданной сейсморайонизации территории R как функции от показателя S_1 ("доля площади с лишне выделенными сейсмоопасными районами") и S_2 ("доля площади с пропущенными сейсмоопасными районами"), то есть $\Theta = \Theta(S_1, S_2)$, встречаются с пока непреодолимыми трудностями. Они обусловлены, помимо прочего, взвешиванием "потерь, связанных со страховкой от опасных землетрясений" и "потерь, связанных с опасными землетрясениями" с учетом будущих природных и социальных особенностей как территории, так и ее районов ΔR_k .

8. Рассмотрим теперь третью проблему сейсморайонирования, о которой упоминалось в п. 2. По-видимому, имеются только два пути косвенной оценки эффективности сейсморайонизации территории R , уже полученной к моменту времени T :

"переносом суждений, полученных для прошлого R на будущее R' " и

"переносом суждений, известных для будущего R' на будущее R'' ".

На первом пути на основании данных наблюдений за опасными землетрясениями на территории R в интервале времени $(T - m''\Delta T, T)$, действуя аналогично предыдущему, мы можем получить показатели S'_1 и S'_2 и попытаться строить косвенную оценку эффективности заданной сейсморайонизации R как функции от этих показателей, то есть $\Theta = \Theta(S'_1, S'_2)$. Однако ниоткуда не следует, что сейсморайонизация территории R , эффективная для интервала времени $(T - m''\Delta T, T)$, будет эффективной и для интервала времени $(T, T + m'\Delta T)$, с учетом изменения природных и социальных особенностей территории R , а также с учетом конкретного выбора функции Θ .

Второй путь рассмотрен, например, в [12]. Для его реализации необходимо научиться теоретически создавать территории R' — аналоги территории R с известным будущим. В связи со сказанным пока еще сейсморайонирование в духе [10, 11] следует рассматривать как полезные "пророческие" суждения [16].

9. По-видимому, изложенное выше может послужить предпосылкой к переоценке известных результатов сейсмологических исследований, корректировке направлений этих исследований [17, 18] и успешному разрешению трех указанных выше проблем сейсморайонирования.

Список литературы

- [1] ОСИПОВ В. И. Природные катастрофы в центре внимания ученых. *Вестн. РАН*, №6, 1995.
- [2] СОВОЛЕВ Г. А. Кодекс этики прогнозирования землетрясений. *Физика Земли*, №1, 1994.
- [3] ГАМБУРЦЕВ А. Г. Современная геодинамика и катастрофы. *Вестн. РАН*, №7, 1995.

- [4] ПАВЛЕНКО А. Н. Идеалы рациональности в современной науке. *Вестн. РАН*, №5, 1994.
- [5] ВОРОНИН Ю. А. *Теория классифицирования и ее применение*. Наука, Новосибирск, 1985.
- [6] ВОРОНИН Ю. А. *Начала теории сходства*. Наука, Новосибирск, 1991.
- [7] ВИСТЕЛИУС А. В. Современна ли геологическая наука. *Вестн. АН СССР*, №2, 1992.
- [8] ВОРОНИН Ю. А., ВОРОНИН А. Ю. *Геологоразведка и рынок: будет ли изменен стиль мышления*. ВЦ СО РАН, Новосибирск, препринт №997, 1993.
- [9] КРАВЕЦ А. С. Стиль научного мышления. *Природа*, №1, 1988.
- [10] *Методические рекомендации по сейсмическому районированию территорий СССР*. Отв. ред. В. И. Бунэ. ИФЗ АН СССР, М., 1974.
- [11] *Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978*. Наука, М., 1980.
- [12] ВОРОНИН Ю. А. Об уточнении существа геологических задач и возможностей их постановки и решения. *Геоинформатика*, №2, 1993.
- [13] СТРАХОВ В. Н. Научное мировоззрение геофизика I и II. *Геофизика*, №1, 1993; №1, 1994.
- [14] РЕЗНИЧЕНКО Ю. В. Сейсмический режим и сейсмическая активность. *Сейсмическое районирование территории СССР*. Гл. 7, Наука, М., 1980.
- [15] КЕЙЛИС-БОРОК В. И., КРОНПОД Т. Л., МОЛЧАН Г. М. Расчет сейсмического риска. *Сейсмическое районирование территории СССР*, гл. 7, Наука, М., 1980.
- [16] ПОППЕР К. Нищета историцизма. *Вопросы философии*, 1992, №8, №9.
- [17] ГАМБУРЦЕВ А. Г. *Сейсмический мониторинг литосферы*. Наука, М., 1992.
- [18] СОВОЛЕВ Г. А. *Основы прогноза землетрясений*. Наука, М., 1993.

Поступила в редакцию 15 сентября 1995 г.